



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

SEDE UNIVERSITARIA UNA - JUIGALPA

Trabajo de Tesis

Mejoramiento genético de una variedad de maíz (*Zea mays* L.) a través de fitomejoramiento participativo en comunidad El Juste, San Pedro de Lóvago, 2021-2022

Autores:

Br. Sergio Moisés Lagos Alvarado

Br. Danny Antonio Galeano Pérez

Asesores:

MSc: Noel Enrique Duarte Rivas

MSc: Eddy Ramón Martínez Bejarano

Chontales, Nicaragua

Enero, 2023



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

SEDE UNIVERSITARIA UNA - JUIGALPA

Trabajo de Tesis

Mejoramiento genético de una variedad de maíz (*Zea mays* L.) a través de fitomejoramiento participativo en comunidad El Juste, San Pedro de Lóvago, 2021-2022

Autores:

Br. Sergio Moisés Lagos Alvarado
Br. Danny Antonio Galeano Pérez

Asesores:

MSc: Noel Enrique Duarte Rivas
MSc: Eddy Ramón Martínez Bejarano

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como
requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Chontales, Nicaragua
Enero, 2023

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la dirección de la sede universitaria UNA - Juigalpa como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

grado académico y nombre
Presidente

grado académico y nombre
Secretario

grado académico y nombre>
Vocal

Lugar y fecha: Chontales, Nicaragua, 26/enero/2023

DEDICATORIA

Se lo dedico primeramente a Dios, nuestro padre celestial, quien me ha permitido llegar hasta acá, a través de sus bendiciones infinitas y su misericordia, forjando mi camino cada día.

A mis padres: Aura Luz Alvarado Buitrago y Domingo Hermogenes Lagos Jiménez, quienes me han apoyado durante toda mi vida, formándome, guiándome con mucho amor y paciencia hasta lograr hacerme la persona que soy.

A mi esposa quien ha estado ahí presente de manera incondicional durante todo este proceso, apoyándome y dándome motivación para seguir adelante en los momentos difíciles, haciendo el esfuerzo para que juntos cosechemos este logro. A mi hijo y hermanos quienes han sido el motor para alcanzar este sueño tan anhelado.

Br. Sergio Moisés Lagos Alvarado

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi abuela, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mis tías y tío por estar conmigo siempre en muchas actividades que realicé a lo largo de mi carrera profesional.

Br. Danny Antonio Galeano Pérez

AGRADECIMIENTO

Al Ing. MSc: Noel Duarte Rivas por su apoyo incondicional, disposición y empeño, guiándome siempre en la realización de este trabajo. Al Lic. MSc: Eddy Martínez Bejarano por su valioso aporte y colaboración para llevar a cabo esta investigación.

A la Universidad Nacional Agraria por crear las condiciones para adquirir conocimientos y darme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación para convertirme en profesional.

Br. Sergio Moisés Lagos Alvarado

Esta tesis es el fruto de un extenso, intenso y profundo período formativo en el que me sumergí durante un largo tiempo de mi vida. Luego de haber atravesado todo el trayecto constaté que este camino nunca se resuelve en soledad, hubo muchísima gente a mi lado que me acompañó a lo largo de este complejo y fascinante recorrido.

Quiero agradecer, en primer lugar, a mi abuela (Luisa Galeano) a mis tíos y primos por haberme sostenido y apoyado en cada paso con amor, comprensión y alegría.

A mi prima Jennifer Dávila por motivarme en muchas circunstancias durante el transcurso de mi carrera. En el plano profesional.

Estoy convencido de que este trabajo no hubiese llegado a ser lo que es sin la guía brillante de mis directores de tesis, Ing. MSc: Noel Duarte Rivas y al Lic. MSc: Eddy Martínez Bejarano, quienes me asistieron en cada duda, escuchando y ordenando, pacientemente, mis inquietudes llevando por buen camino la labor emprendida. Por su calidad humana y profesional de las que no dejo de aprender cada día.

A mi compañero Sergio Lagos por haberme apoyado con mucha disposición en asignaciones que hice es por ello que fue muy fundamental para lograr esta meta.

Br. Danny Antonio Galeano Pérez

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Origen y evolución del maíz	4
3.2 Clasificación taxonómica	4
3.3 Morfología del maíz.....	5
3.4 Genoma del maíz.....	7
3.5 Variedades criollas	9
3.6 Variedades mejoradas	10
3.7 Fitomejoramiento	10
3.8 Retrocruzamiento	11
3.9 Fitomejoramiento participativo.....	11
3.10 Descripción varietal.....	13

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Ubicación y fechas del estudio.....	14
4.2 Material genético.....	15
4.3 Arreglo de siembra.....	16
4.4 Manejo agronómico.....	16
4.5 Descripción varietal del nuevo genotipo.....	17
4.6 Método de mejoramiento genético utilizado.....	17
4.7 Variables evaluadas.....	19
4.8 Análisis de los datos.....	26
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
5.1 Registro de los descriptores varietales del nuevo genotipo en retrocruza 2 (RC ₂).....	27
5.2 Comparación del nuevo genotipo respecto a sus progenitores	47
5.3 Desarrollo de competencias en los productores	49
VI. CONCLUSIONES	50
VII. RECOMENDACIONES.....	51
VIII. LITERATURA CITADA.....	52
IX. ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Clasificación taxonómica del maíz	5
2. Coloración de la vaina por antocianinas, forma de la punta en la primera hoja, color predominante del coleoptilo de los genotipos caracterizados.....	27
3. Ondulación del margen de la hoja de la mazorca superior, orientación de la lámina, color de la lámina en la hoja de la mazorca, arrugas longitudinales en la hoja de la mazorca superior.....	29
4. Número de macollas por planta, coloración de antocianinas en la vaina en la parte media de la planta, coloración de la vaina en la hoja de la mazorca superior, coloración de nudos por antocianinas, coloración de la aurícula de la hoja de la mazorca superior	30
5. Grado de zigzagueo, coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo	31
6. Coloración de antocianinas en las raíces adventicias, pubescencia sobre el margen de la vaina de la hoja de la mazorca superior.....	32
7. Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera, coloración de antocianinas en la base de las glumas.....	33
8. Coloración de antocianinas en las glumas excluyendo la base, coloración de antocianinas en las anteras	34
9. Densidad de espiguillas, forma de espiga según el ángulo de las ramas secundarias.....	35
10. Posición de ramas laterales en el tercio inferior de la espiga, presencia de ramas secundarias	36
11. Coloración de antocianinas en los estigmas, intensidad de coloración por antocianinas en los estigmas del jilote, coloración de la base de los estigmas del jilote superior, desarrollo de filodios	37

12. Longitud del pedúnculo de la mazorca superior, forma de la mazorca superior, disposición de hileras de granos en la mazorca superior, forma de la corona en granos de la mazorca superior	38
13. Tipo de grano en el terco central de la mazorca, color de grano de la mazorca superior, color dorsal del grano en la mazorca superior, color del endospermo en granos de la mazorca superior, coloración de las glumas en el olote de la mazorca superior, intensidad del color de las glumas por antocianinas en el olote de la mazorca superior.....	39
14. Cobertura de la mazorca superior, daños en la mazorca superior.....	40
15. Caracteres asociados al estado de plántula	42
16. Caracteres asociados al tallo	42
17. Caracteres asociados a la hoja.....	43
18. Caracteres asociados al jilote	44
19. Caracteres asociados a la espiga	44
20. Caracteres asociados a la mazorca.....	45
21. Caracteres de rendimiento de los progenitores y el nuevo genotipo	47

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación de la comunidad El Juste, San Pedro de Lóvago.....	14
2. Ubicación de Universidad Nacional Agraria, Juigalpa.....	14

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
Anexo 1: Labor de emasculación o desespigue	60
Anexo 2: Toma de variables	60
Anexo 3: Grupo focal con productores de la comarca El Juste	61
Anexo 4: productores protagonistas participando del proceso	61
Anexo 5: Algunos descriptores varietales tomados en la caracterización de ambos genotipos ...	61

RESUMEN

En el mercado existe un amplio grupo de variedades mejoradas, sin embargo, esta tecnología es poco adoptada por los productores y no se encuentra al alcance de todos. El objetivo de este estudio es generar un nuevo genotipo de maíz blanco con alto potencial de rendimiento de grano y una excelente cobertura de mazorca. El trabajo fue realizado en dos localidades del departamento de Chontales en cuatro épocas de siembra distintas, el proceso de mejora se llevó a cabo bajo el enfoque de mejoramiento participativo, por lo que productores de la zona fueron quienes definieron el ideotipo del plan de mejora, a través de la metodología de grupo focal se obtuvo la información en donde los productores manifestaron tener problemas de bajos rendimientos, pérdidas por mala cobertura de mazorca y la no adopción de nuevas variedades. El método de mejoramiento genético utilizado fue el de retrocruza, se establecieron los progenitores, posteriormente se realizaron retrocruces y se caracterizó el nuevo genotipo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano kg ha^{-1} , cobertura de mazorca (%), peso de grano (g), número de hileras de granos por mazorca, número de granos por hilera, número de granos por mazorca, en total 74 descriptores varietales establecidos por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Se seleccionaron 50 plantas del nuevo genotipo para hacer la caracterización, para descriptores cuantitativos se hizo análisis de promedio, desviación estándar y frecuencias para descriptores cualitativos, en la evaluación el análisis de rendimiento mostró que el nuevo genotipo superó a sus progenitores (NB-6 y Tuza Morada) en 3.94 y 77.29 % respectivamente, esto probablemente se debió a que el nuevo genotipo heredó de su progenitor NB-6 el número de granos por mazorca y de su progenitor Tuza Morada el peso de grano, lo que aportó al aumento del rendimiento. En cuanto a cobertura de mazorca se puede destacar que el nuevo genotipo presenta una excelente cobertura, igual a su progenitor Tuza morada. El presente estudio sustenta que el nuevo genotipo debe ser evaluado en un análisis multiambiental con la finalidad de conocer su comportamiento agronómico en cuanto a estabilidad y adaptabilidad.

Palabras clave: Fenotipo, Herencia citoplasmática, Genoma, Fitomejoramiento, Alogamia.

ABSTRACT

There is a wide group of improved varieties on the market, however, this technology is little adopted by producers and is not available to everyone. The objective of this study is to generate a new genotype of white maize with high grain yield potential and excellent ear coverage. The work was carried out in two locations in the department of Chontales in four different planting seasons, the improvement process was carried out under the participatory improvement approach, so the producers in the area were the ones who defined the ideotype of the improvement plan, Through the focus group methodology, the information was obtained where the producers manifest having problems of low yields, losses due to poor ear coverage and the non-adoption of new varieties. The genetic improvement method used was backcrossing, the parents were subsequently tested, then backcrosses were performed and the new genotype was characterized. The variables evaluated were: grain yield kg ha^{-1} , ear coverage (%), grain weight (g), number of rows of grains per ear, number of grains per row, number of grains per ear, in total 74 varietal descriptors established by the National Seed Inspection and Certification Service. 50 plants of the new genotype were selected to carry out the characterization, for quantitative descriptors an analysis of average, standard deviation and frequencies was made for qualitative descriptors. In the evaluation, the yield analysis showed that the new genotype outperformed its parents (NB-6 and Tuza Morada) in 3.94 and 77.29 % respectively, this was due to the fact that the new genotype inherited from its parent NB-6 the number of grains per ear and from its parent Tuza Morada the grain weight, this contributed significantly to the increase in yield. Regarding ear coverage, it can be noted that the new genotype has excellent coverage, a characteristic inherited from its parent Tuza morada. The present study supports that the new genotype must be evaluated in a multi-environmental analysis in order to know its agronomic behavior in terms of stability and adaptability.

Keywords: Phenotype, Cytoplasmic inheritance, Genome, Plant breeding, Outcrossing.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) tuvo su origen en México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América (Acosta, 2009). El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (MinAgricultura, 2019) afirma que la producción mundial de maíz en 2018, fue de 1,107 millones de toneladas y destaca que este se ubica entre los tres cereales de mayor producción a nivel mundial.

El Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC, 2007) describe que en el mundo, para más de 400 millones de personas el maíz blanco cumple una función esencial en la alimentación. Según Urango, (2014) el maíz proporciona aproximadamente el 15% de las proteínas y el 20% de las calorías del mundo.

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2013) en conjunto con el proyecto RED SICTA, destacan que el maíz es el más importante de los cereales a nivel mundial, debido a su alta tendencia a la diversificación en su uso; ya que se puede utilizar para consumo humano, pecuario y que también en la industria se utiliza como materia prima.

Nicaragua exhibe una producción promedio de maíz de 19 qq/mz (Castillo y Bird, 2013). Así mismo, López, (2017) describe que en Nicaragua los rendimientos productivos de granos básicos muestran un comportamiento que los sitúa muy por debajo de sus rendimientos óptimos, es decir que las cantidades de productos físicos que se obtienen por unidad de área son muy bajos en relación a las cantidades que se deberían obtener.

Datos obtenidos por Castillo y Bird, (2013) revelan que en Nicaragua el 50% de los bajos rendimientos se debe al uso de semilla criolla. Según IICA, (2009) en Nicaragua el 76% de la semilla utilizada es de origen criollo. Aunque en el mercado existe una amplio grupo de variedades mejoradas, este tipo tecnología no está al alcance de muchos agricultores por diversos motivos (Bergvinson *et al.*, 2007).

Variedades de maíz como NB-6 presentan excelentes características fenotípicas y buenos rendimientos, se adapta a una diversidad de ambientes lo que ha permitido una amplia adopción de la variedad por parte de los productores a nivel nacional (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2013).

Por otro lado, a pesar de estas buenas características Torrez y Zeledón, (2012) destacan que la variedad NB-6 tiene poca cobertura de mazorca, lo que limita su producción, haciéndola susceptible a daños por pudrición de mazorca. Según Pérez *et al.*, (2006) citado por Rivas *et al.* (2018) las pérdidas por pudrición de mazorca en maíz pueden causar reducciones del rendimiento hasta en un 50%.

Para el año 2020, la Universidad Nacional Agraria (UNA) estableció parcelas de fitomejoramiento participativo con productores en los municipios de San Carlos y San Miguelito, con la finalidad de mejorar sus variedades criollas, en dónde se trabajó en el mejoramiento genético de dos variedades criollas de maíz, lográndose la obtención de un genotipo con buena combinación de caracteres de interés, tales como el rendimiento, altura de planta, altura de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por mazorca, cumpliendo con el ideotipo que definieron los productores al inicio del proceso de mejoramiento genético (Mendoza, 2021).

INTA, (2015) incorporó procesos de fitomejoramiento participativo para seleccionar variedades criollas y acriolladas promisorias de maíz y frijol, donde contaron con la participación de productores en la zona Centro Sur de Nicaragua en la elaboración de un catálogo de semillas de granos básicos.

El Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica (FPMA, 2014) destaca al mejoramiento participativo como una alternativa en donde los diferentes actores de la cadena productiva (agricultores/as, investigadores, extensionistas, organizaciones y otros) participan en el desarrollo de variedades adaptadas a las condiciones de los agricultores, con mayor productividad, calidad, tolerancia a plagas y enfermedades, a condiciones de estrés climático y de mayor valor nutricional, presentándose también como una alternativa tecnológica frente al cambio climático.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

1. Generar un genotipo de maíz de grano blanco con alto rendimiento de grano y buena cobertura de mazorca a través de la metodología de fitomejoramiento participativo en la comunidad El Juste, San Pedro de Lóvago, 2021-2022.

2.2 Objetivos específicos

1. Registrar los descriptores varietales de la retrocruza 2 (RC₂) del genotipo resultante de la cruce de la variedad criolla Tuza morada con la variedad mejorada NB-6.
2. Comparar en términos de rendimiento y cobertura de mazorca el nuevo genotipo en RC₂ con respecto a sus progenitores.
3. Desarrollar competencias en los productores sobre la generación de nuevas variedades de maíz utilizando el método de retrocruza.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Origen y evolución del maíz

Según Kato *et al.* (2009) el maíz es uno de los tres granos básicos que sostienen la alimentación de la humanidad, se originó e inicialmente se diversificó en las montañas y valles de México, a través de la intervención de los antiguos pobladores de este territorio en un proceso coevolutivo que acarrió a la formación de una de las plantas cultivadas de mayor diversidad genética, su riqueza aún se mantienen este país, principalmente por los agricultores del medio rural.

Castillo y Bird, (2013) acerca del origen del maíz describen “se estima que este apareció hace más de ocho mil años y una de las hipótesis con mayor fuerza es que comenzó a cultivarse a partir del teosinte, la cual es una maleza silvestre que tiene cinco especies en México, Guatemala y Nicaragua” (p. 3). “El teosinte silvestre crece en México, Guatemala y Honduras, ésta especie es el ancestro directo del maíz moderno y fue transformado en un maíz primitivo a través de la selección humana” (Arcila, 2015, p. 6).

El cultivo de esta planta no solo formó los cimientos de las civilizaciones que se desarrollaron en el nuevo mundo, sino también en el presente forma parte de la base para una agricultura variada en el entorno de una economía globalizada derivada de los numerosos productos y aplicaciones que de él se obtienen, lo sitúan en una posición de gran valor económico en el mundo actual (Kato *et al.*, 2009).

Hoy en día la importancia del papel que juega el maíz en el mundo no solo se ve limitado al volumen de producción y al papel que desempeña en la alimentación tanto humana como pecuaria, sino también como materia prima para la fabricación y confección de una gran variedad de productos alimenticios e industriales, que van desde pegamento, edulcorantes, golosinas, bebidas refrescantes, atoles, bebidas alcohólicas, hasta la producción de etanol como combustible (Ranum *et al.*, 2014).

3.2 Clasificación taxonómica del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) “es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género”(Acosta, 2009, p. 115). A continuación, se describe su clasificación taxonómica.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz (*Zea mays*. L)

Taxonomía	
Dominio	<i>Eucaria</i>
Reino:	<i>Plantae</i>
Filo:	<i>Traqueophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Poaceae</i>
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Zea mays</i>

Fuente: (Centro Nacional para la Información Biotecnológica [NCBI], 2022)

3.3 Morfología del maíz

“El maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo de porte robusto y con un rápido desarrollo”(Ortigoza *et al.*, 2019, p. 17).

Somarriba, (1998) describe la morfología del maíz de la siguiente manera:

3.3.1 Raíz

Es abundante y fibrosa, constituido por tres tipos de raíces; las raíces seminales que tienen su punto de partida en la misma semilla, son temporales y desaparecen al ser reemplazadas por las permanentes; las permanentes son las responsables de la nutrición de la planta durante todo su ciclo vegetativo, y está constituido por las raíces principales, laterales y capilares. Finalmente existen un sistema de raíces aéreas que surge de los nudos del tallo más cercanos a la superficie del suelo y se conoce con el nombre de raíces nodales, las cuales emergen después del surgimiento de la panoja.

3.3.2 Tallo

El tallo es el eje central de la planta, son cilíndricos en la base y ovalados hacia el ápice, pudiendo tener de 0.5 a 6 m de altura, está formado por una sucesión de nudos y entrenudos pudiendo tener entre 8 y 24 nudos.

3.3.3 Hoja

Surge del nudo y envuelve al tallo y está compuesta por la vaina que envuelve el entrenudo del tallo; la lígula que es una estructura en forma de collar y ejerce una función de protección, se

encuentra situada entre la vaina y la lámina; la lámina puede medir hasta 1.5 m de longitud y 10 cm de ancho. Están dispuestas a lo largo del tallo en posición alterna, sésiles y de forma lanceolada.

3.3.4 Inflorescencias

La planta de maíz es una especie exógama y monoica tiene sus flores dispuestas en inflorescencias separadas, la masculina o espiga está localizada en la parte superior del tallo y la femenina o jilote está al final de las ramas laterales.

La inflorescencia masculina aparece antes que la femenina, está formada por un raquis central y presenta ramificaciones donde están dispuestas en pares las espiguillas, una es sésil y la otra pedicelada. Antes de aparecer la espiga, la última hoja (hoja bandera) toma una posición vertical, cada espiga bien desarrollada puede llegar a producir de 2-5 millones de granos de polen.

La inflorescencia femenina (mazorca) es una ramificación lateral modificada, compuesta por un raquis central esponjoso donde están insertas las flores femeninas, dispuestas en pares. Al momento de la fertilización solo una es fecundada y la otra es abortada. De cada ovulo se proyecta un estigma, los cuales aparecen frescos hasta el momento de la fecundación que se marchitan y se desprenden de la mazorca en formación. Cada mazorca bien formada puede producir de 600-1000 granos.

3.3.5 Mazorca

La mazorca está formada por un corto tallo lateral, que presenta una zona de nudos y entrenudos, de estos últimos surgen las brácteas (tuza), que darán cobertura a la mazorca.

3.3.6 Grano

El fruto de la planta de maíz es una cariósida monosperma seca e indehisciente, que varía de forma, color y tamaño según la variedad y está formado por: pericarpio, endospermo y el embrión.

El pericarpio envuelve el grano y ejerce una función de protección contra agentes extraños que puedan dañar la semilla, el endospermo es considerado la principal fuente de reserva energética y tiene la siguiente composición: 70% almidón, 10-12% de proteína, y pequeñas cantidades de aceite y minerales.

El embrión del grano está formado por dos partes principales, el eje embrionario, compuesto por la plúmula y la radícula. El escutelo o cotiledón que constituye una fuente de reserva de alimento para la planta en crecimiento.

3.4 Genoma del maíz

Según Zerón, (2010) “Genoma es el conjunto de todo el DNA contenido en un organismo o célula, que incluye tanto el DNA que constituye los cromosomas del núcleo y el DNA mitocondrial”(p. 37). Chavarrias, (2008) destaca que aproximadamente el maíz contiene entre 50.000 y 60.000 genes. Destacando la importancia de conocer este dato, ya que los expertos destacarán en el desarrollo de nuevas y mejores variedades de maíz más resistentes y tolerantes a enfermedades que solucionen la progresiva demanda de alimentos.

El maíz es una especie diploide, que consta de diez pares de cromosomas ($2n=2x=10$). Se multiplica a través de semillas resultantes de la polinización cruzada de óvulos dispuestos en una inflorescencia femenina (jilote), por granos de polen producidos en una inflorescencia masculina (espiga) ubicada en la parte apical del tallo. La polinización es anemófila o sea a través del viento y el porcentaje de autopolinización en condiciones naturales es muy bajo. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, [INTA], 2002)

Para Rival, (2013) “La distinción entre el genotipo y el fenotipo es fundamental para comprender la herencia y el desarrollo de los organismos vivos. Así pues, está claro que descifrar esta compleja relación es crucial para el mejoramiento genético en la búsqueda de ideotipos (o fenotipos perfectamente adaptados” (p. 162).

3.4.1 Genotipo

“El genotipo se determina por la descripción del material físico real conformado por el ADN que los padres pasan a un organismo. Para los organismos que se reproducen sexualmente, esa materia física consiste en el ADN aportado por dos progenitores al huevo fertilizado. Para los organismos, plantas clonales o animales que se reproducen asexualmente, el material heredado es una copia directa del ADN de su progenitor” (Rival, 2013, p. 163).

3.4.2 Fenotipo

“El fenotipo es cualquier característica no sólo física detectable de un organismo (por ejemplo, lo estructural, bioquímico, fisiológico y lo relativo al comportamiento); éstas están determinadas por una interacción entre su genotipo y su medio” (Zerón, 2010, p. 37).

3.4.3 ADN mitocondrial

El ADN mitocondrial (ADNmt) “Es el ADN contenido en la mitocondria y que se transmite de madres a hijos. Es una molécula circular cuyas características, elevada tasa de mutación y herencia por vía materna”(Cañón & Fernández, 2010, p. 1).

Según Vázquez *et al.* (2011) “Las mitocondrias y los cloroplastos son orgánulos celulares autónomos, ambos poseen ADN que es capaz de replicarse, transcribirse y traducirse independientemente del nuclear”. (p. 1)

A principios del siglo XX, Carl Correns, realizó una serie de experimentos genéticos utilizando plantas, de sus resultados dedujo que el fenotipo de la descendencia se encontraba determinado únicamente por el parental femenino para el carácter que él estudió. Este tipo de herencia se denomina herencia materna, y en ella el fenotipo de la descendencia es función del genotipo materno (Vázquez *et al.*, 2011).

Headrick y Pataky, (1989) Concluyeron a través de una evaluación de líneas endogámicas de maíz, que la reacción a la resistencia de la mazorca a problemas de pudrición estuvo fuertemente afectada por factores de tejido maternal.

Mendoza *et al.* (2003) en los resultados obtenidos al determinar la aptitud combinatoria general, específica, heredabilidad y los efectos maternos, demostraron que existen genes aditivos, dominantes y de efectos maternos para la resistencia a la pudrición de la mazorca. Estos resultados indican que la contribución de los progenitores al valor fenotípico como las características de la mazorca en la progenie es de tipo aditivo, dominante y materno.

Cabrera y Cruz, (2016) afirmaron que existe influencia de número de hileras en la mazorca de maíz por el progenitor materno y por ende sobre el rendimiento de grano. Por lo que se puede afirmar que las características de la mazorca del maíz están muy ligadas a la herencia materna o citoplasmática.

3.5 Variedades criollas

“Las variedades criollas y acriolladas por siglos han sido conservadas y mejoradas por manos indígenas y campesinas de nicaragüenses, adoptándolas a diversas condiciones ambientales de acuerdo al interés productivo y alimentario de las comunidades” (Mendoza, 2018, p. 8).

“Las semillas criollas son parte clave de la agrobiodiversidad. El aumento de la agrobiodiversidad proporciona a los agroecosistemas y a los seres humanos grandes beneficios: alimentación, albergue, medicinas, materias primas, cultura, tradición, seguridad alimentaria e identidad social” (Calvo, 2022, p. 1).

A pesar de ello, “las semillas criollas no son bien vistas por las grandes empresas que a fin de generar dependencia en las familias campesinas las erosionan y contaminan al promover semillas mejoradas, híbridas y transgénicas, monopolizando el comercio mundial de semillas”(Calvo, 2022, p. 2).

3.5.1 Ventajas del uso de variedades criollas

Las semillas criollas son el soporte para las creaciones de nuevas variedades. Por sus características y diversidad genéticas pudiesen ser las respuestas para obtener cultivos con resistencia a plagas y enfermedades, mejorar rendimientos, adaptación de diversos suelos, climas y muy probablemente son de utilidad para encontrar la cura para las múltiples enfermedades que agobian a la humanidad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).

3.5.2 Desventajas del uso de variedades criollas

Para Torrez y Zeledón, (2012) Las desventajas del uso de semilla criolla son múltiples dentro de las cuales se puede destacar bajos rendimientos, falta de mercado para comercializar sus productos y por último que los mejores resultados se obtienen a partir de 3 a 4 años.

3.5.3 Importancia de mejorar variedades locales

Según Velez y Castrillón, (2018) Es de suma importancia mejorar y recuperar las variedades locales ya que estas están adaptadas a las condiciones locales de los agricultores, toleran sequías e inundaciones, son capaces de soportar ataques de plagas y enfermedades.

Acerca de la importancia y origen de las variedades criollas Velez y Castrillón, (2018) afirman que éstas evolucionan de manera natural y en un proceso llevado a cabo por los agricultores, quienes mejoraron las variedades conforme a sus necesidades, ampliando la diversidad alimentaria

de las comunidades, mejorando el acceso, la disponibilidad y la calidad de los alimentos, aportando a la conservación del suelo. Reduciendo la dependencia de insumos y del comercio de las semillas certificadas, por ultimo aportando al mejoramiento de la calidad de vida comunitaria. FAO, (2022) destaca el uso de las semillas criollas y acriolladas como “recursos genéticos para procesos de fitomejoramiento y generación de nuevas variedades”. (p. 6)

3.6 Variedades mejoradas

Calvo, (2022) Describe que “las variedades mejoradas son producidas por plantas escogidas, cruzadas entre diferentes variedades de la misma especie y que buscan ser más productivas. Son obtenidas en centros experimentales, universidades o producidas por empresas comerciales (p, 7). “El uso de semilla mejorada es un elemento clave en muchos países en desarrollo, para alcanzar niveles competitivos en la producción” (Espinosa *et al.*, 2013, p. 18).

3.6.1 Ventajas del uso de variedades mejoradas

Según Espinosa *et al.* (2013) “El uso de variedades mejoradas permite elevar la producción y la productividad, por las características agronómicas favorables, entre las que se pueden mencionar: tolerancia a enfermedades, resistencia al acame y ciclo vegetativo corto, menor porte de planta y mazorca, ausencia de ahijamiento y mecanizables. Además de ser competitivas en rendimiento”. (p. 119)

3.6.2 Desventajas del uso de variedades mejoradas

“En la actualidad las semillas de variedades mejoradas tienen precios muy altos, por lo cual los pequeños agricultores no tienen acceso a semilla, debido a eso, hay problemas al momento de la siembra” (Torrez & Zeledón, 2012, p. 1).

Las variedades mejoradas tienen una base genética reducida comparada con la alta variabilidad genética presente en los materiales genéticos propios de los agricultores (FAO, 1997).

3.7 Fitomejoramiento

“El mejoramiento de las especies cultivadas comenzó hace más tiempo de lo que imaginamos, precisamente cuando inició la agricultura. Los primeros agricultores, intuitivamente seleccionaron semillas de aquellas plantas que producían los mejores frutos (frutos que les gustaban más), estos agricultores ya comenzaron a seleccionar a los cultivos como los conocemos en la actualidad” (Nakayama *et al.*, 2020, p. 9).

3.7.1 Métodos de fitomejoramiento en alógamas

De acuerdo con las características morfológicas de floración de la planta de maíz, esta cuenta con flores de un solo sexo y que físicamente se encuentran a cierta distancia en la misma planta, esto favorece la polinización cruzada (alogamia), la cruce entre plantas favorece a la variabilidad genética y esto a la selección de plantas (Saquimux, 2011).

Según Biasutti, (2017), Angulo y Ortiz, (2020), Los métodos de mejoramiento de las especies alógamas mayormente utilizados son los siguientes:

- Hibridación entre líneas endocriadas
- Selección intrapoblacional
- Selección interpoblacional
- Selección masal
- Selección recurrente
- Selección en base a prueba de progenie
- Variedades sintéticas
- Retrocruzamiento

3.8 Retrocruzamiento

El método de retrocruzamiento se utiliza para transferir características (genes) a un cultivar que presenta buenas características agronómicas, pero tiene alguna característica deficiente. El objetivo es el mejoramiento de un cultivar ya existente, no el desarrollo de un cultivar completamente nuevo. El procedimiento de cruce y selección varía si el carácter a transferir está condicionado por genes dominantes o recesivos (Biasutti & Nazar, 2014).

3.9 Fitomejoramiento participativo

“Es una estrategia de mejoramiento genético de las plantas en donde los diferentes actores de la cadena productiva (investigadores, agricultores, organizaciones y otros) trabajan juntos en el proceso de desarrollo de variedades para el fortalecimiento de los sistemas locales de semillas”(FAO, 2012, p. 2). “El fitomejoramiento participativo es un proceso donde el agricultor actúa como un sujeto que investiga, mide y estudia en colaboración con los investigadores” (Ashby, 1986, p. 22).

3.9.1 Objetivos del fitomejoramiento participativo

Según FAO, (2012) Los programas de Fitomejoramiento Participativo tienen objetivos y resultados variados, esto va en función del área donde se lleven a cabo los trabajos, actores y situación donde se realicen las actividades. Si se hace enfoque en la resolución de problemas a través del desarrollo de variedades de maíz el enfoque de estos objetivos podría ser el siguiente:

1. Solucionar problemas: contribuye a encontrar la solución de problemas agronómicos del cultivo del maíz, con base en la agrobiodiversidad de variedades locales. Ejemplo: desarrollo de variedades de maíz con mayor rendimiento y tolerancia a enfermedades.
2. Generar conocimientos: contribuye a desarrollar métodos que facilitan la implementación de acciones por parte de los diferentes actores. Por ejemplo: identificación de los criterios de selección de variedades de maíz, como altura de planta y posición de mazorca, entre otros.
3. Mejorar el aprendizaje: posibilita el fortalecimiento del capital humano y la formación de capacidades entre los agricultores y organizaciones participantes. Por ejemplo: manejar un proceso de fitomejoramiento participativo, realizar la toma de datos en ensayos de campo.

3.9.2 Resultados del fitomejoramiento participativo

Para FAO, (2012) es importante desde el inicio de la actividad colaborativa que los investigadores y los agricultores deberán especificar cuáles serán los alcances del proceso, los resultados esperados y la estrategia a seguir. A continuación, se describen algunos de los resultados alcanzados con el fitomejoramiento participativo:

1. Ganancia en producción: Aumento de rendimiento, estabilidad y mejor desempeño del material genético en condiciones marginales
2. Mejoramiento de la diversidad: Más diversidad dentro y entre la variedad, compatibilidad de materiales nuevos con los existentes.
3. Logro de satisfacción: Mayor grado de satisfacción entre los agricultores, gama más amplia de usuarios beneficiarios con participación de los grupos marginados.
4. Eficiencia en función de costos: Costos de investigación reducidos respecto al impacto obtenido, menos costos para diseminar variedades.
5. Desarrollo de capacidades: Desarrollo de la capacidad de los agricultores para realizar un proceso de mejoramiento más exacto, difusión extensa de información y conocimiento.

3.9.3 Diagnóstico participativo

Según FPMA, (2014) Esta herramienta permite desde el punto de vista de los agricultores/as identificar la problemática con la producción agrícola de la comunidad y las soluciones a esa problemática mediante el proceso de fitomejoramiento participativo.

3.9.4 Taller para la identificación y priorización de problemas

Las metodologías de grupo focal y lluvia de ideas son recomendadas por FPMA, (2014) ya que permite una mayor participación de los agricultores/as. para identificar la problemática relacionada con los cultivos y se obtiene de manera detallada la priorización que tendrán los mismos.

En este taller se debe identificar un ideotipo de planta, que responda a la visión de la variedad ideal según la concepción de los agricultores en cuanto a adaptación edafoclimática, rendimiento, tolerancia a patógenos, color y tamaño del grano. El ideotipo formará parte de la estrategia de fitomejoramiento participativo (FPMA, 2014).

3.10 Descripción varietal

Para Flores *et al.* (2011) “La descripción varietal de los vegetales es un rasgo distintivo de la planta o parte de ella, donde se observan diversos patrones de distinción, uniformidad y estabilidad que permiten caracterizar y distinguir a una población de plantas que constituyen una variedad”. (p. 1)

Los caracteres varietales deben contribuir a satisfacer tres funciones específicas que pueden determinar la identidad, estos son; diferenciabilidad, uniformidad y la estabilidad, todas difieren para cada especie, y aun para cada variedad; De acuerdo con la Association of official Seed Certifying Agencies (AOSCA) variedad es una subdivisión de una clase que es diferente, uniforme y estable. lo importante es que la descripción registrada sea útil para definir, en cada caso. Una descripción varietal debe contribuir a solucionar los conflictos que pueden surgir en los campos de producción de semilla, en el registro y comercialización de variedades (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1993).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación y fechas del estudio

El estudio se llevó a cabo en dos localidades del departamento de Chontales, la primera etapa del trabajo se realizó en la comarca El Juste, ubicado entre las coordenadas 12° 07' latitud norte y 85° 07' latitud oeste, presenta una altitud promedio de 340 m.s.n.m. La temperatura promedio anual oscila entre los 25°C y 26° C, su precipitación pluvial varía entre los 1,200 y 1,400 mm (Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios [ENACAL], 2000).

La segunda etapa del estudio se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria sede Juigalpa en el departamento de Chontales, ubicado en las coordenadas 12° 06' Latitud Norte, 85° 22' Longitud Oeste, se encuentra a 74 m.s.n.m. (Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE], 2005). El clima en las llanerías es cálido, en invierno húmedo, con verano contrastante seco. Juigalpa registra una temperatura media de 27°C y una pluviosidad de 1,200 mm anuales (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2001).

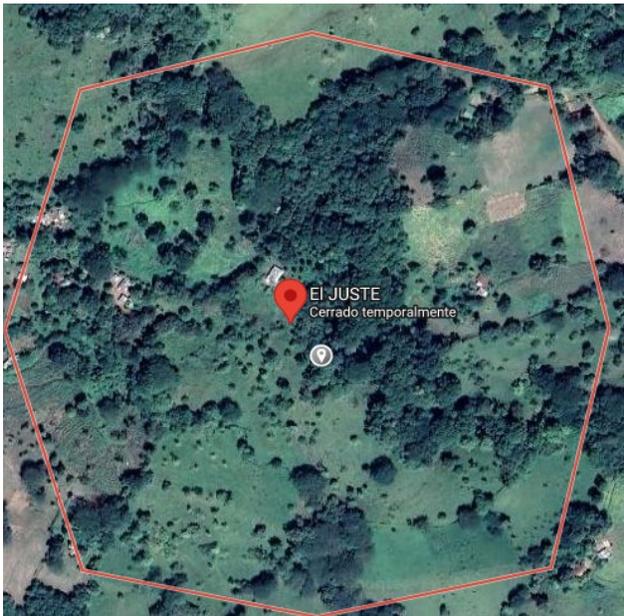


Figura 2. Ubicación de la comunidad El Juste, Fuente: Google Earth (2022)

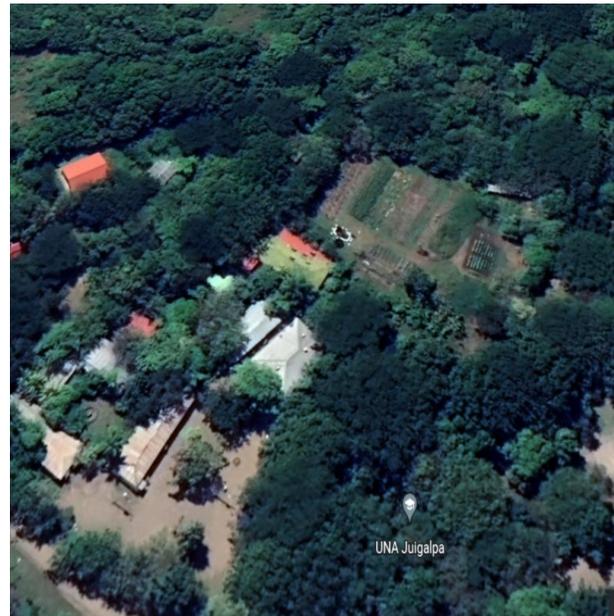


Figura 1. Ubicación de Universidad Nacional Agraria, Juigalpa, Fuente: Google Earth (2022)

4.1.1 Fecha de inicio y finalización del trabajo

El trabajo inició en mayo de 2021, llevando a cabo una serie de reuniones en la cual se hizo uso de la metodología del grupo focal, en estas se contó con la participación de los productores de la comarca El Juste, con la finalidad de definir el ideotipo del nuevo genotipo, donde se abordaron

temas como las variedades a cruzar, establecimiento de la parcela, levantamiento de datos, manejo agronómico del cultivo y problemática en la producción, todo con el fin de que los productores desarrollaran competencias sobre la metodología de fitomejoramiento participativo.

El trabajo duró aproximadamente año y medio en el cual se trabajaron cuatro ciclos de siembra, la primera siembra en la última semana de junio 2021, donde se establecieron los parentales y se hizo el primer cruzamiento obteniéndose la F_1 , el segundo ciclo se realizó en la primera semana de octubre de 2021, en el cual se llevó a cabo la primer retrocruza entre uno de los progenitores (NB-6) y el F_1 resultante del cruce inicial, en el tercer ciclo la siembra se realizó a mediados de febrero de 2022 en la Universidad Nacional Agraria (UNA) sede Juigalpa, bajo riego donde se realizó la segunda retrocruza (RC_1 x NB-6), el cuarto ciclo se llevó a cabo a finales de mayo de 2022 en la (UNA) sede Juigalpa en la cual se llevó a cabo la caracterización del nuevo genotipo (RC_2) que resultó del cruce (RC_1 x NB-6). Durante este ciclo se realizó la caracterización morfológica del progenitor recurrente NB-6.

4.2 Material genético

Con la información obtenida en el grupo focal se pudo determinar que la problemática de los productores estaba en función de bajos rendimientos y uso de variedades criollas. Las variedades que cumplían con las características para llevar a cabo el plan de mejora genética eran las siguientes: La variedad criolla Tuza Morada por ser la más usada por los productores y adaptada a las condiciones del lugar y como variedad mejorada se utilizó NB-6 ya que es una variedad de alto potencial de rendimiento además de contar con otras excelentes características. A continuación, se detallan las características principales de los materiales que formaron parte del proceso de mejora genética.

4.2.1 Genotipo variedad mejorada NB-6

Es una variedad sintética y de ciclo intermedio, es resistente al achaparramiento. Presenta excelentes características fenotípicas y buenos rendimientos. Se adapta a una diversidad de ambientes lo que ha permitido una amplia adopción de la variedad. Por ser una variedad de polinización libre el productor puede obtener semilla para los ciclos siguientes. (INTA, 2013)

4.2.2 Genotipo variedad criolla Tuza morada

Es una variedad criolla que se caracteriza por el color morado de su tuza, presenta buena cobertura de mazorca, se adapta a suelos pobres y a múltiples ambientes, tolera exceso de precipitación. El grano es fino, de color blanco, y resistente a la pica por gorgojos, se puede sembrar en primera y postrera. (INTA, 2015)

4.3 Arreglo de siembra

Los establecimientos del cultivo se hicieron en una parcela de 25 m x 25 m, para obtener una parcela de 625 m², en los que se establecieron la variedad criolla y la variedad mejorada. El arreglo de siembra se hizo de la siguiente manera: por cada surco de genotipo seleccionado como variedad mejorada se establecieron tres surcos de la variedad criolla seleccionada.

4.4 Manejo agronómico

4.4.1 Método de siembra

El método de siembra se llevó a cabo de forma manual con espeque sobre camellones, la distancia de siembra que se utilizó fue de 0.84 m entre surco y 0.20 m entre golpe, depositando una semilla por golpe para obtener una densidad de siembra de 59,000 plantas ha⁻¹.

4.4.2 Fertilización

Según el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA, 2018) destaca que “El maíz es muy exigente en elementos nutritivos comparado con otros cultivos, por lo que en un plan de fertilización se debe tomar en cuenta los resultados del análisis químico del suelo y su recomendación, esto le garantiza suplir los elementos nutritivos necesarios a la planta y evitar gastos innecesarios y crea en el suelo un desbalance nutricional” (p. 12).

En nuestro trabajo no contamos con un análisis de suelo, por lo que se trabajó con un plan de fertilización con respecto a los requerimientos del cultivo según su etapa fenológica.

Al momento de la siembra se realizó la aplicación de FertiMaíz inicio (18-12-12+2MgO+2.4S) con dosis de 190 kg ha⁻¹, luego a los 25 días después de la siembra 1 qq/mz de urea 46 % (46-0-0) y por último a los 45 días después de la siembra se aplicó 1 qq/mz de urea 46% (46-0-0). también se hicieron aplicaciones de potasio foliar Pelicano Ultra KP (20% Fósforo, 55% Potasio, + 0.11% MgO, 0.08% S, 0.01% B, 0.0012% Giberelinas), con dosis de 1kg ha⁻¹.

4.4.3 Control de plagas

CENTA, (2018) Recomienda para el control de plagas en maíz hacer aplicaciones foliares de productos en función de las características y hábitos alimenticios del insecto. En este trabajo se realizó muestreos de plagas y en función a eso se hicieron las aplicaciones de los siguientes productos: para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*. J.E. Smith) utilizamos Winner 6 SC (*Spinetoram*) en dosis de 0.1 L ha^{-1} , alternando aplicaciones de Dipel WP (*Bacillus thuringiensis subesp. kurstaki*) en dosis de 1 kg ha^{-1} . Para demás plagas no se hicieron aplicaciones ya que no se presentaron otro tipo de plagas durante el desarrollo del cultivo.

4.4.4 Control de malezas

El control de malezas se llevó a cabo de forma mecánica haciendo uso de azadón y machete, durante todo el ciclo se realizaban tres controles de malezas, el primero antes de la siembra, el segundo a los 15 días después de la siembra y el tercero a los 40 días después de la siembra.

4.5 Descripción varietal del nuevo genotipo

La descripción varietal de las plantas es un rasgo distintivo de las mismas o parte de ella, donde se observan diversos patrones de distinción, homogeneidad y estabilidad que logran caracterizar y distinguir a una población de plantas que constituyen una variedad. La identificación adecuada del material vegetal avala que la variedad adquirida o desarrollada contenga características deseables (Flores *et al.*, 2011).

En este trabajo para llevar a cabo la caracterización del nuevo genotipo se usaron descriptores establecidos por: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1993) para llevar a cabo la caracterización en estado de plántula. Los descriptores para las etapas vegetativa y reproductiva que se utilizaron son los establecidos por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2014) en colaboración con Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2014). Dichos descriptores se ordenarán de acuerdo a cada órgano de la planta con la finalidad de mejorar su comprensión.

4.6 Método de mejoramiento genético utilizado

El método utilizado fue el de retrocruza ya que Poehlman, (1987) destaca al mejoramiento por retrocruza como un método sencillo de fácil determinación visual y apropiado para efectuar la sustitución de un pequeño número de genes sin poner en riesgo la existencia de combinación de genes favorables. Consideramos el uso de este método al estar trabajando con productores.

Según Angulo y Ortiz, (2020) el retrocruzamiento consiste en cruzamientos repetitivos de la progenie con el padre recurrente y en donde aquel carácter que se desea mejorar es mantenido gracias a selección. Este método permite la modificación de cualquier característica, siempre y cuando esté presente una alta heredabilidad, para ejecutar el método de retrocruzamiento se debe tener en cuenta lo siguiente:

Se debe contar con un padre recurrente el cual presente características muy buenas, así como también debe tener carencias en algún o algunos caracteres, los cuales puedan ser trasladados por el padre donante, quien debe contar los caracteres requeridos por el padre recurrente. Los genes trasladados por el padre donante deben expresarse fenotípicamente en gran manera, de tal modo que en cada retrocruzamiento se pueda seleccionar plantas fácilmente (Angulo & Ortiz, 2020).

En este trabajo el padre recurrente fue la variedad NB-6, el cual cuenta con excelentes características, pero tiene deficiencias en la cobertura de mazorca. La variedad que se usó como donante fue la variedad criolla Tuza morada, ya que esta es la variedad más utilizada en la zona donde se llevó a cabo el trabajo y cuenta con una cobertura de mazorca excelente. La variedad usada como macho fue NB-6. Para asegurarnos de que solo habría polen de ésta, se procedió a realizar el proceso de emasculación, que consiste en la eliminación de una de las partes reproductivas de la planta, en el cruce inicial fue la espiga de la variedad criolla Tuza morada, que emergían entre los 51 y 61 días después de la siembra, en las RC₁ y RC₂ de igual manera las espigas de estos genotipos eran eliminadas, mientras las de NB-6 se mantenían.

Según FAO, (2019) para mantener la identidad genética de las variedades el terreno debe estar separado de otros terrenos cultivados con la misma especie. La distancia del aislamiento o separación depende del modo de cruzamiento de la especie en cuestión. El aislamiento puede ser espacial (separación por una distancia específica) o temporal (cultivos sembrados en periodos distintos para que la floración no coincida).

En este trabajo, para asegurar que en el ambiente solo habría polen de la variedad usada como macho, se llegó a un acuerdo con los productores de la comunidad, en hacer una separación en el tiempo de siembra de otros cultivos de maíz vecinos 15 días antes y después, es decir durante ese lapso tiempo los productores no establecieron sus parcelas de maíz comercial.

4.7 Variables evaluadas

4.7.1 Estado de plántula

4.7.1.1 Coloración de la vaina por antocianinas

La observación se hizo cuando la planta tenía dos hojas desdobladas.

4.7.1.2 Longitud de hoja (cm)

Se midió la longitud de la lámina de la hoja, del extremo inferior donde termina la vaina hasta el ápice de la hoja.

4.7.1.3 Ancho de hoja (cm)

Se midió la distancia entre bordes en la parte central de la lámina de la hoja.

4.7.1.4 Relación Largo/Ancho

Se calcula la relación dividiendo el largo entre el ancho de la hoja.

4.7.1.5 Forma de la punta

La observación se realizó de forma directa de la punta de la hoja.

4.7.1.6 Color predominante del Coleoptilo

La observación se realizó de forma directa ubicando el color más predominante del coleoptilo en estado de plántula.

4.7.2 Variables asociadas al tallo

4.7.2.1 Grado de zigzagueo

Se observó a lo largo del tallo para determinar el grado en que la estructura es recta o en zigzag.

4.7.2.2 Longitud incluyendo espigas (Atura de planta) (cm)

Se midió en centímetros desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiga.

4.7.2.3 Número de macollas por planta (Ahijamiento)

Se cuentan los hijuelos, los cuales crecen a partir de yemas ubicadas en los nudos inferiores.

4.7.2.4 Coloración de nudos por antocianinas

La evaluación se realizó a lo largo del tallo mediante la observación directa de los nudos.

4.7.2.5 Coloración de antocianinas en las raíces adventicias

Las raíces adventicias se originan del periciclo, en el segundo nudo del tallo, a partir de la base. La observación de esta característica debe realizarse en raíces adventicias bien desarrolladas. La coloración debe estar presente en más del 50 % de las plantas.

4.7.2.6 Longitud media de entrenudos superiores (cm)

Se midió la distancia entre nudos (cm). A partir del nudo de la mazorca superior hasta el nudo de la hoja bandera. Se suman los valores y se dividen entre el número de entrenudos medidos.

4.7.2.7 Longitud media de entrenudos inferiores (cm)

Se calculó midiendo la distancia de entre nudos (cm). A partir del nudo de la mazorca superior hasta el nudo de la base del tallo. Se suman los valores y se dividen entre el número de entrenudos medidos.

4.7.2.8 Diámetro en la parte media del entrenudo de la mazorca superior (mm)

Se midió el diámetro del entrenudo de la mazorca superior (mm).

4.7.2.9 Número de nudos por planta

Se cuenta el número de nudos que tiene la planta.

4.7.3 Variables asociadas a la hoja

4.7.3.1 Orientación de la lámina

La observación se hizo justo en la hoja de la mazorca superior, mediante la observación directa de la caída de la hoja que se encuentra ubicada exactamente debajo de la mazorca.

4.7.3.2 Ángulo entre la hoja y tallo (°)

El ángulo se midió en la hoja, justo arriba de la mazorca superior, la medición se realizó con ayuda de un transportador, en nuestro caso lo hicimos con ayuda de un transportador electrónico.

4.7.3.3 Ángulo de inserción de la hoja sobre la mazorca superior (°)

Se midió el ángulo entre el tallo y la lámina de las hojas, arriba de la mazorca superior, la medición se realiza con ayuda de un transportador electrónico.

4.7.3.4 Ángulo de inserción de la hoja abajo de la mazorca superior (°)

Se midió el ángulo formado entre el tallo y la lámina de las hojas, debajo de la mazorca superior, la medición se realiza con ayuda de un transportador electrónico.

4.7.3.5 Ondulación del margen de la hoja de la mazorca superior

Se observa la ondulación en el borde de la hoja.

4.7.3.6 Arrugas longitudinales en la hoja de la mazorca superior

La observación se realizó a lo largo de las venas de la hoja.

4.7.3.7 Color de la lámina en la hoja de la mazorca superior

La observación se realizó en la hoja que está exactamente debajo de la mazorca superior.

4.7.3.8 Ancho de lámina de la hoja de la mazorca superior (cm)

Se midió en centímetros en la parte media de la hoja, justo debajo de la mazorca superior.

4.7.3.9 Pubescencia sobre el margen de la vaina de la hoja de la mazorca superior

La observación de la pubescencia se hizo en la vaina de la hoja que se encuentra exactamente debajo de la mazorca superior.

4.7.3.10 Coloración de la aurícula de la hoja de la mazorca superior

La observación se hizo en la aurícula de la hoja que se encuentra exactamente debajo de la mazorca superior.

4.7.3.11 Coloración de antocianinas en la vaina en la parte media de la planta

La observación se hizo en la parte media de la planta.

4.7.3.12 Coloración de la vaina en la hoja de la mazorca superior

La observación se hizo en la vaina de la hoja que se encuentra exactamente de bajo de la mazorca superior.

4.7.3.13 Coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo

Se observaron las vainas de las tres primeras hojas del tallo, a partir de su base.

4.7.4 Variables asociadas a la espiga

4.7.4.1 Época de antesis en el 50% de las plantas

Se observó en el tercio medio del eje principal de la espiga. Se deben indicar el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que el 50 % de las plantas se encuentran en antesis, considerando la zona principal de adaptación.

4.7.4.2 Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera

Se calificó la porción de la espiga cubierta por la hoja bandera cuando el 50 % de las plantas se encuentran en antesis y la carióspside se encuentra en madurez acuosa.

4.7.4.3 Coloración de antocianinas en la base de las glumas

Se observó la base de las glumas ubicadas en el tercio medio del eje principal de la espiga.

4.7.4.4 Coloración de antocianinas en las glumas excluyendo la base

Se observó la coloración en las glumas, excluyendo su base.

4.7.4.5 Coloración de antocianinas en las anteras

Se observó en anteras del tercio medio del eje principal de la espiga.

4.7.4.6 Densidad de espiguillas

Se observó la densidad de espiguillas en el tercio medio del eje principal de la espiga, a la mitad de la antesis.

4.7.4.7 Forma de espiga según el ángulo de las ramas secundarias

Se define por el ángulo formado entre el eje principal y las ramas laterales, la medición se hace con ayuda de un transportador.

4.7.4.8 Posición de ramas laterales en el tercio inferior de la espiga

Se observó en el tercio inferior de la espiga.

4.7.4.9 Número de ramas laterales primarias

Número de ramas laterales primarias, las cuales provienen del eje principal de la espiga.

4.7.4.10 Presencia de ramas secundarias

Las ramas secundarias provienen de las ramas laterales primarias de la espiga.

4.7.4.11 Longitud de la panoja (cm)

Se midió la longitud desde la base de la rama lateral más baja de la espiga hasta el ápice.

4.7.4.12 Longitud del eje principal encima de la rama lateral más alta (cm)

Se midió la longitud desde la base de la rama lateral más alta hasta el ápice de la espiga.

4.7.4.13 Longitud del pedúnculo de la espiga (cm)

Longitud entre el nudo de la hoja bandera y la rama lateral más baja de la espiga.

4.7.4.14 Longitud de las ramas laterales (cm)

Es la distancia entre el punto de inserción de la rama lateral inferior de la espiga y su ápice.

4.7.5 Variables asociadas al jilote

4.7.5.1 Emergencia de estigmas

Número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que el 50 % de las plantas presentan estigmas de maíz de 1 cm de longitud, considerando la zona principal de adaptación.

4.7.5.2 Coloración de antocianinas en los estigmas

La observación se realizó en los estigmas de la mazorca superior.

4.7.5.3 Intensidad de coloración por antocianinas en los estigmas en el jilote superior

La observación se realizó en los estigmas de la mazorca superior.

4.7.5.4 Coloración de la base de los estigmas del jilote superior

La observación se realizó en los estigmas de la mazorca superior.

4.7.5.5 Desarrollo de filodios

Esta característica se refiere a la presencia de extensiones de las brácteas de la mazorca superior.

4.7.6 Variables asociadas a la mazorca

4.7.6.1 Relación entre el punto de inserción de la mazorca y la altura de planta

Se obtuvo al dividir la altura de la planta y la altura del punto de inserción de la mazorca superior.

4.7.6.2 Altura de la mazorca (cm)

Se midió desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior.

4.7.6.3 Número de mazorcas por planta (%)

Número total de mazorcas presentes en la muestra, dividido entre el número de tallos principales. El resultado se multiplicó por 100 para ser expresado en porcentaje.

4.7.6.4 Distancia desde el nudo de inserción hasta la base de la mazorca

Distancia comprendida desde el nudo de inserción en el tallo hasta la base de la mazorca superior.

4.7.6.5 Longitud de mazorca (cm)

Distancia comprendida desde la base hasta el ápice de la mazorca superior.

4.7.6.6 Diámetro de mazorca (cm)

Se midió en centímetros en la parte media de la mazorca superior.

4.7.6.7 Forma de la mazorca superior

La observación se realizó en la mazorca superior.

4.7.6.8 Número de hileras de granos en la mazorca superior

Se cuenta el número de hileras de granos en la parte media de la mazorca superior.

4.7.6.9 Número de granos por hilera en la mazorca superior

Número de granos, por hilera, de la mazorca superior, desde la base hasta el ápice.

4.7.6.10 Número de granos por mazorca

Se multiplica el número de hileras promedio por el número de granos promedio de la mazorca.

4.7.6.11 Disposición de hileras de granos en la mazorca superior

La observación se realizó en la mazorca superior.

4.7.6.12 Tipo de grano en el tercio central de la mazorca

La observación se realizó en el tercio central de la mazorca superior.

4.7.6.13 Color de grano de la mazorca superior (sin desgranar)

La observación se refiere a la apariencia externa de la mazorca superior.

4.7.6.14 Color dorsal del grano en la mazorca superior

Se observó en el lado opuesto a la posición del embrión, en la parte media de la mazorca superior.

4.7.6.15 Color del endospermo en granos de la mazorca superior

Se realizó un corte transversal del grano para efectuar esta observación.

4.7.6.16 Forma de la corona en granos de la mazorca superior

La observación se realizó en el tercio central de la mazorca superior.

4.7.6.17 Coloración de las glumas en el olote de la mazorca superior

La observación se realizó en el olote de la mazorca superior.

4.7.6.18 Intensidad de color en las glumas por antocianinas en el olote de la mazorca superior

La observación se realizó en el olote de la mazorca superior.

4.7.6.19 Número de brácteas por mazorca

Se cuentan las brácteas que cubren la mazorca superior.

4.7.6.20 Cobertura de mazorca

Se usó una metodología similar a la empleada por Jiménez y Salas, (1992) en la cual, la cobertura de mazorca se mide a través de una escala de 1 a 4. Dónde: (1 = excelente, las brácteas cubren bien la punta de la mazorca, 2= buena, donde las brácteas cubren casi en su totalidad la mazorca, 3= regular, donde la cobertura es deficiente y 4 = punta de la mazorca está descubierta).

4.7.6.21 Daños en la mazorca

Se utilizó la metodología propuesta por Rivas *et al.* (2011) donde, se evaluó el daño por pudrición de mazorca, utilizando una escala de severidad de seis clases; donde: 0= sana, 1= 1-10%, 2= 11-25%, 3= 26-50%, 4= 51-75%, 5= 76- 100% de pudrición.

4.7.6.22 Peso de mazorca (g)

Se tomó el peso promedio de la mazorca en gramos sin las brácteas.

4.7.6.23 Peso de 100 semillas (g)

Se contó 100 semillas y se registró su peso en gramos en 10 repeticiones.

4.7.6.24 Tamaño de grano

Se midió las dimensiones largo, ancho y espesor del grano (mm)

4.7.6.25 Rendimiento de grano (kg ha⁻¹)

Este se obtuvo tomando en cuenta los componentes del rendimiento los cuales fueron: Número de filas por mazorca, número de granos por fila, número de granos por mazorca, peso de grano y numero de mazorcas por hectárea, el cálculo se realizó por cada genotipo. El contenido de humedad fue ajustado a un 14% mediante la igualdad propuesta por Aguirre y Peske, (1988) que se describe a continuación y por último se realizó una traspolación del rendimiento a kg ha⁻¹.

$$\mathbf{PI(100-HI) = PF(100-HF)}$$

En donde:

PI= Peso inicial del grano.

HI= Contenido inicial de humedad del grano.

PF= Peso final del grano.

HF= Contenido final de humedad del grano (14%).

4.8 Análisis de los datos

4.8.1 Tablas de frecuencias

El análisis de los caracteres cualitativos se llevó a cabo mediante tablas de frecuencias ya que algunos autores como Franco e Hidalgo, (2003) Sugieren se evalúen aquellas variables que identifiquen características de los grupos, especialmente cualitativas como la forma, color, hábito de crecimiento, entre otras. A través de la elaboración de tablas de frecuencias con el fin de establecer las proporciones de los diferentes caracteres dentro de los grupos analizados, pueden ayudar a entender o complementar los resultados finales del estudio de las demás variables.

Una tabla de frecuencias organiza los datos de manera tal que en una columna de la tabla aparecen los valores de la variable, según el tipo de variable y en sucesivas columnas se muestran diferentes tipos de frecuencias asociadas a esos valores (Balzarini *et al.*, 2011).

4.8.2 Promedios y Desviación estándar

Los caracteres cuantitativos fueron analizados mediante promedios ya que dicha medida es la más representativa de la población, según el Centro interactivo de aprendizaje multimedia (CIAM, 2022) la media se usa con frecuencia para comparar poblaciones, lo más apropiado acompañarla de una medida de dispersión, por lo que en este caso se usó la desviación estándar para medir la variabilidad de cada carácter respecto a la media.

La desviación estándar es recomendada para la presentación de resultados ya que esta misma está en la misma unidad que la media, a diferencia de la varianza que se encuentra en unidades al cuadrado. (Di Rienzo *et al.*, 2008)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Registro de los descriptores varietales del nuevo genotipo en retrocruza 2 (RC₂)

“La descripción varietal, constituyen la base para la evaluación técnica, conforme estándares internacionales, permiten describir una población de plantas que constituyen una variedad vegetal para su identificación y distinción”(SNICS, 2017).

A través de esta descripción varietal, logramos la caracterización del nuevo genotipo RC₂ y de su progenitor recurrente NB-6, se levantó el registro de 74 descriptores varietales, tomando en cuenta, caracteres tanto cualitativos como cuantitativos, en diferentes etapas fenológicas y organizados por cada órgano de la planta.

5.1.1 Caracteres cualitativos

Los caracteres cualitativos son gobernados generalmente por uno o pocos genes y reciben muy poca modificación del ambiente, estos caracteres cualitativos pueden describirse según sus expresiones fenotípicas, las cuales no son medidas en unidades sino en frecuencias, este valor debe cuantificarse en la descripción varietal a través de porcentajes de los cuales se puede obtener estadística descriptiva (CIAT, 1993).

5.1.1.1 Caracteres en estado de plántula

Cuadro 2. Coloración de la vaina por antocianinas, forma de la punta en la primera hoja, color predominante del coleoptilo de los genotipos caracterizados

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Coloración de la vaina por antocianinas	Débil	0.14
NB-6	Coloración de la vaina por antocianinas	Fuerte	0.86
Nuevo Genotipo	Coloración de la vaina por antocianinas	Débil	0.06
Nuevo Genotipo	Coloración de la vaina por antocianinas	Fuerte	0.78
Nuevo Genotipo	Coloración de la vaina por antocianinas	Media	0.14
Nuevo Genotipo	Coloración de la vaina por antocianinas	Muy Fuerte	0.02
NB-6	Forma de la punta	Puntiaguda	0.70
NB-6	Forma de la punta	Puntiaguda a obtusa	0.30
Nuevo Genotipo	Forma de la punta	Puntiaguda	0.78
Nuevo Genotipo	Forma de la punta	Puntiaguda a obtusa	0.22
NB-6	Color predominante del coleoptilo	Morado	1.00
Nuevo Genotipo	Color predominante del coleoptilo	Morado	0.98
Nuevo Genotipo	Color predominante del coleoptilo	Verde	0.02

El cuadro 2 presenta los caracteres registrados en estado de plántula cuando el cultivo tenía dos hojas desdobladas, en el primer carácter coloración de la vaina por antocianinas, se puede observar que el genotipo NB-6 presentó mayor uniformidad al presentar solo dos clases (débil y fuerte), donde, el 86% de las plantas mostraron coloración fuerte. En cuanto al nuevo genotipo RC₂, se puede destacar mayor variabilidad, mostrando cuatro clases (débil, fuerte, media y muy fuerte), donde, el 78% de la coloración fue fuerte. Para el carácter forma de la punta en la primera hoja, se puede destacar que ambos genotipos presentaron dos clases (puntiaguda, puntiaguda a obtusa), donde, el nuevo genotipo RC₂ presentó el 78% de hojas en forma puntiaguda, mientras que NB-6 presentó un 70% de hojas con forma puntiaguda.

Los resultados del registro del carácter color predominante del coleoptilo, presenta que la variedad NB-6 mostró un 100% de coleoptilos de color morado, mientras el nuevo genotipo RC₂ presentó 98% de coleoptilos de color morado y 2% de color verde, es decir ambos genotipos presentaron alta uniformidad en la expresión del carácter.

De los tres caracteres cualitativos en estado de plántula analizados, en uno el genotipo NB-6 resultó con mayor grado de uniformidad (coloración de la vaina por antocianinas) ya que, según Espinosa *et al.*, (2008) las variedades mejoradas son poblaciones de plantas con cierto nivel de uniformidad debido a que son resultado de la aplicación de algún método de mejora genética.

Para los otros dos caracteres, se puede decir que ambos genotipos presentaron el mismo grado de uniformidad, esto probablemente se debió a que en RC₂ el 87.5% del genoma del padre recurrente ha sido recuperado en el nuevo genotipo RC₂ (Camarena *et al.*, 2014).

5.1.1.2 Caracteres de la hoja

Cuadro 3. Ondulación del margen de la hoja de la mazorca superior, orientación de la lámina, color de la lámina en la hoja de la mazorca superior, arrugas longitudinales en la hoja de la mazorca superior

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Orientación de la lámina	Curva	0.24
NB-6	Orientación de la lámina	Fuertemente curvada	0.10
NB-6	Orientación de la lámina	Ligeramente curvada	0.52
NB-6	Orientación de la lámina	Rectilínea	0.14
Nuevo Genotipo	Orientación de la lámina	Curva	0.30
Nuevo Genotipo	Orientación de la lámina	Fuertemente curvada	0.08
Nuevo Genotipo	Orientación de la lámina	Ligeramente curvada	0.38
Nuevo Genotipo	Orientación de la lámina	Rectilínea	0.24
NB-6	Ondulación del margen de la hoja	Ausente	0.02
NB-6	Ondulación del margen de la hoja	Ligeramente ondulado	0.98
Nuevo Genotipo	Ondulación del margen de la hoja	Fuertemente ondulado	0.10
Nuevo Genotipo	Ondulación del margen de la hoja	Ligeramente ondulado	0.90
NB-6	Arrugas longitudinales en la hoja	Ausentes	0.86
NB-6	Arrugas longitudinales en la hoja	Presentes	0.14
Nuevo Genotipo	Arrugas longitudinales en la hoja	Ausentes	0.58
Nuevo Genotipo	Arrugas longitudinales en la hoja	Presentes	0.42
NB-6	Color de la lámina en la hoja	Verde medio	1.00
Nuevo Genotipo	Color de la lámina en la hoja	Verde medio	1.00

El cuadro 3 muestra la información de los caracteres de hoja, para el carácter orientación de la lámina, ambos genotipos muestran las cuatro categorías posibles para la expresión del carácter (curva, fuertemente curvada, ligeramente curvada, rectilínea) mostrando una amplia variabilidad en ambos genotipos. Para el carácter ondulación del margen de la hoja de la mazorca superior, ambos genotipos presentaron dos categorías, mostrando homogeneidad mayor o igual al 90% de hojas con margen ligeramente ondulado.

El carácter arrugas longitudinales en la hoja de la mazorca superior, se puede observar que ambos genotipos presentan dos categorías (presencia y ausencia de arrugas longitudinales) el genotipo NB-6 presenta mayor uniformidad 86% de hojas con ausencia de arrugas, mientras el nuevo genotipo RC₂ presenta mayor variabilidad, al presentar hojas con arrugas 42% y hojas sin arrugas longitudinales 58%. Para el carácter color de la lámina en la hoja de la mazorca superior, se puede observar que ambos genotipos exhiben total uniformidad para el carácter en estudio, presentando en el 100% de los casos hojas de color verde medio.

De los cuatro caracteres cualitativos registrados a nivel de hoja, en dos de ellos ambos genotipos mostraron alto grado de uniformidad $\geq 90\%$ (ondulación del margen y coloración de la lámina), posiblemente se deba al parentesco entre ambos genotipos ya que comparten un 87.5% del mismo genoma para la expresión de esos caracteres.

En el carácter orientación de la lámina, los dos genotipos mostraron alta variabilidad y todas las categorías posibles para la expresión del carácter, por lo que también se puede destacar el grado de parentesco de ambos genotipos al ser muy parecidas las proporciones con las cuales varía cada expresión del carácter. En cuanto al carácter arrugas longitudinales en la hoja de la mazorca superior, el genotipo NB-6 presentó cierto grado de uniformidad, 86% de hojas sin arrugas longitudinales, mientras el nuevo genotipo RC₂ mostró mayor variabilidad para la expresión del carácter con 58% de hojas sin la presencia y 42% de ausencia de arrugas longitudinales.

5.1.1.3 Caracteres de tallo

Cuadro 4. Número de macollas por planta, coloración de antocianinas en la vaina en la parte media de la planta, coloración de la vaina en la hoja de la mazorca superior, coloración de nudos por antocianinas, coloración de la aurícula de la hoja de la mazorca superior

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Número de macollas por planta	Ausentes	1.00
Nuevo Genotipo	Número de macollas por planta	Ausentes	1.00
NB-6	Coloración de antocianinas en la vaina	Ausente	1.00
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en la vaina	Ausente	1.00
NB-6	Coloración de la vaina en la hoja	Verde	1.00
Nuevo Genotipo	Coloración de la vaina en la hoja	Verde	1.00
NB-6	Coloración de nudos	Ausente	1.00
Nuevo Genotipo	Coloración de nudos	Ausente	1.00
NB-6	Coloración de la aurícula	Verde pálido	1.00
Nuevo Genotipo	Coloración de la aurícula	Blanco	0.06
Nuevo Genotipo	Coloración de la aurícula	Verde pálido	0.94

El cuadro 4 muestra los resultados de cinco caracteres tomados al tallo, en donde, el carácter número de macollas por planta o ahijamiento, presenta que ambos genotipos tienen total uniformidad al no exhibir capacidad de ahijamiento en los tallos. Los datos del carácter coloración de antocianinas en la vaina en la parte media de la planta, muestran que en ambos genotipos existe ausencia de coloración al presentar 100% de tallos sin coloración en sus vainas. De igual manera los caracteres coloración de la vaina en la hoja de la mazorca superior y coloración de nudos por

antocianinas muestran total uniformidad por parte de ambos genotipos al presentar 100% de tallos con vaina de coloración verde y 100% de tallos sin coloración de nudos por antocianinas.

Los resultados del registro del carácter coloración de la aurícula de la hoja de la mazorca superior, revelan que ambos genotipos presentaron alto grado de uniformidad para la expresión del carácter, NB-6 100% y nuevo genotipo RC₂ 94% de aurículas de color verde pálido.

Cuadro 5. Grado de zigzagueo, coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Grado de zigzagueo	Ausente o muy ligero	0.78
NB-6	Grado de zigzagueo	Ligero	0.22
Nuevo Genotipo	Grado de zigzagueo	Ausente o muy ligero	0.16
Nuevo Genotipo	Grado de zigzagueo	Fuerte	0.18
Nuevo Genotipo	Grado de zigzagueo	Ligero	0.66
NB-6	Coloración de vaina en las tres primeras hojas	Morado	0.02
NB-6	Coloración de vaina en las tres primeras hojas	Verde	0.98
Nuevo Genotipo	Coloración de vaina en las tres primeras hojas	Morado	0.36
Nuevo Genotipo	Coloración de vaina en las tres primeras hojas	Verde	0.64

En el cuadro 5 se plasman los resultados de los caracteres grado de zigzagueo del tallo y coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo, para el carácter grado de zigzagueo, el genotipo NB-6 presentó dos categorías con 78 % de zigzagueo ausente o muy ligero y un 22% de zigzagueo ligero del tallo, para el nuevo genotipo RC₂ existió la presencia de tres categorías para la expresión de dicho carácter con 66% de zigzagueo ligero, 18% fuerte y 16% con zigzagueo ausente o muy ligero, probablemente esto se debe a que durante el desarrollo del proceso de mejoramiento se observó que en el progenitor utilizado como hembra para la generación del nuevo genotipo RC₂ (Tuza morada) presenta comúnmente tallos en zigzag.

En el carácter coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo, el genotipo NB-6 presenta alta uniformidad con vainas de color verde en un 98%, mientras el nuevo genotipo RC₂ presenta cierto grado de variabilidad para la expresión de dicho carácter 64% de vainas de color verde y 36% de vainas de color morado.

Cuadro 6. Coloración de antocianinas en las raíces adventicias, pubescencia sobre el margen de la vaina de la hoja de la mazorca superior

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Pubescencia sobre el margen de la vaina	Ausente o muy escasa	0.86
NB-6	Pubescencia sobre el margen de la vaina	Escasa	0.14
Nuevo Genotipo	Pubescencia sobre el margen de la vaina	Abundante	0.02
Nuevo Genotipo	Pubescencia sobre el margen de la vaina	Ausente o muy escasa	0.58
Nuevo Genotipo	Pubescencia sobre el margen de la vaina	Escasa	0.20
Nuevo Genotipo	Pubescencia sobre el margen de la vaina	Intermedia	0.20
NB-6	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Ausente	0.40
NB-6	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Fuerte	0.14
NB-6	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Intermedia	0.14
NB-6	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Tenue	0.32
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Ausente	0.24
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Fuerte	0.24
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Intermedia	0.28
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Muy fuerte	0.02
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en raíces adventicias	Tenue	0.22

En el cuadro 6 se plasman los resultados obtenidos en la descripción varietal de los caracteres pubescencia sobre el margen de la vaina en la hoja de la mazorca superior y coloración de antocianinas en las raíces adventicias, en el cual, se puede observar para el primer carácter la presencia de dos categorías 86% con pubescencia ausente o muy escasa y 14 % de pubescencia escasa para el genotipo NB-6. En el nuevo genotipo RC₂ se expresaron cuatro categorías en donde la de mayor frecuencia fue pubescencia ausente o muy escasa en un 58%. Para el segundo carácter, se observa alta variabilidad por parte de ambos genotipos, en el caso de NB-6 presentó cuatro categorías para la expresión del carácter, mientras el nuevo genotipo RC₂ presentó cinco categorías.

De los nueve caracteres cualitativos analizados a nivel de tallo, se puede destacar que en cinco de ellos (número de macollas por planta, coloración de antocianinas en la vaina en la parte media de la planta, coloración de la vaina en la hoja de la mazorca superior, coloración de nudos por antocianinas y coloración de la aurícula de la hoja de la mazorca superior) se presentaron altos niveles de uniformidad por parte de ambos genotipos, en cuatro de estos cinco caracteres existió coincidencia del 100% en uniformidad y en uno se presentó uniformidad $\geq 94\%$.

De los otros cuatro caracteres analizados, en dos de ellos (Grado de zigzagado y Coloración de antocianinas en las raíces adventicias) se observa alta variabilidad en ambos genotipos, presentando en la mayoría de los casos todas las categorías posibles para la expresión de los caracteres mencionados. Para los dos caracteres restantes (coloración de la vaina en la base del tallo y pubescencia en margen de la vaina) el genotipo NB-6 presentó mayor uniformidad 98% y 86% respectivamente, la variabilidad en estos caracteres por parte del nuevo genotipo RC₂ es posible que se deba a que genéticamente cuenta con un 12.5% del genoma de su progenitor Tuza Morada que es una variedad criolla, y que, según FAO, (1997) estas se caracterizan por poseer una alta variabilidad genética y fenotípica.

5.1.1.4 Caracteres de espiga

Cuadro 7. Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera, coloración de antocianinas en la base de las glumas

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera	Casi total	0.52
NB-6	Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera	Leve	0.44
NB-6	Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera	Moderado	0.04
Nuevo Genotipo	Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera	Ausente	0.02
Nuevo Genotipo	Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera	Casi total	0.70
Nuevo Genotipo	Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera	Leve	0.16
Nuevo Genotipo	Cubrimiento de la panoja por la hoja bandera	Moderado	0.12
NB-6	Coloración de antocianinas en la base de las glumas	Intermedia	0.08
NB-6	Coloración de antocianinas en la base de las glumas	Tenue	0.92
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en la base de las glumas	Fuerte	0.14
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en la base de las glumas	Intermedia	0.14
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en la base de las glumas	Muy Fuerte	0.14
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en la base de las glumas	Tenue	0.58

El cuadro 7 muestra los resultados al registrar el carácter cubrimiento de la panoja por la hoja bandera, donde, se puede observar variabilidad por parte de ambos genotipos, en el caso del genotipo NB-6 se mostraron 52% de panojas cubiertas casi totalmente por la hoja bandera, mientras que para el nuevo genotipo RC₂ la expresión del carácter fue mayor 70% de panojas cubiertas casi en su totalidad por la hoja bandera, en el mismo cuadro también se presentan los resultados del carácter coloración de antocianinas en la base de las glumas, se puede destacar alta uniformidad del genotipo NB-6 con 92% de glumas de coloración tenue en su base.

Por otro lado, el nuevo genotipo RC₂, presenta mayor variabilidad en la expresión del carácter presentando cuatro categorías, dentro de estas la que más destaca es la de coloración tenue en la base con un 58%.

Cuadro 8. Coloración de antocianinas en las glumas excluyendo la base, coloración de antocianinas en las anteras

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Coloración en las glumas excluyendo la base	Ausente	0.58
NB-6	Coloración en las glumas excluyendo la base	Fuerte	0.02
NB-6	Coloración en las glumas excluyendo la base	Intermedia	0.10
NB-6	Coloración en las glumas excluyendo la base	Tenue	0.30
Nuevo Genotipo	Coloración en las glumas excluyendo la base	Ausente	0.40
Nuevo Genotipo	Coloración en las glumas excluyendo la base	Fuerte	0.04
Nuevo Genotipo	Coloración en las glumas excluyendo la base	Intermedia	0.24
Nuevo Genotipo	Coloración en las glumas excluyendo la base	Muy fuerte	0.08
Nuevo Genotipo	Coloración en las glumas excluyendo la base	Tenue	0.24
NB-6	Coloración de antocianinas en las anteras	Ausente	0.78
NB-6	Coloración de antocianinas en las anteras	Débil	0.12
NB-6	Coloración de antocianinas en las anteras	Medio	0.10
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en las anteras	Ausente	0.08
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en las anteras	Débil	0.24
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en las anteras	Fuerte	0.16
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en las anteras	Intermedio	0.02
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en las anteras	Medio	0.36
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en las anteras	Muy fuerte	0.14

El cuadro 8 contiene los datos del carácter coloración de antocianinas en las glumas excluyendo la base y coloración de antocianinas en las anteras, para el primer carácter se puede observar que se presentó alta variabilidad por parte de ambos genotipos, el genotipo NB-6 presentó cuatro categorías de las cuales la que tuvo mayor ocurrencia fue la coloración ausente de glumas excluyendo la base con 58%. El nuevo genotipo RC₂ presentó cinco categorías en la expresión del carácter, donde, la categoría con mayor frecuencia fue de igual manera coloración ausente de glumas excluyendo la base con 40%. En el segundo carácter es observable la variabilidad en la expresión de dicho carácter por parte de ambos genotipos en estudio, el genotipo NB-6 presenta tres categorías donde la de mayor frecuencia fue ausencia de coloración con 78%, mientras que el nuevo genotipo RC₂ presentó mayor variabilidad en la expresión del carácter ya que presentó seis categorías distintas en las cuales sus proporciones están repartidas.

Cuadro 9. Densidad de espiguillas, forma de espiga según el ángulo de las ramas secundarias

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Densidad de espiguillas	Denso	0.38
NB-6	Densidad de espiguillas	Laxo	0.40
NB-6	Densidad de espiguillas	Medio	0.22
Nuevo Genotipo	Densidad de espiguillas	Denso	0.24
Nuevo Genotipo	Densidad de espiguillas	Laxo	0.22
Nuevo Genotipo	Densidad de espiguillas	Medio	0.54
NB-6	Forma de espiga según el ángulo	Abierta	0.02
NB-6	Forma de espiga según el ángulo	Compacta	0.68
NB-6	Forma de espiga según el ángulo	Muy compacta	0.08
NB-6	Forma de espiga según el ángulo	Semi-abiertas	0.22
Nuevo Genotipo	Forma de espiga según el ángulo	Abierta	0.32
Nuevo Genotipo	Forma de espiga según el ángulo	Compacta	0.38
Nuevo Genotipo	Forma de espiga según el ángulo	Muy compacta	0.06
Nuevo Genotipo	Forma de espiga según el ángulo	Semi-abiertas	0.24

El cuadro 9 presenta los datos del carácter densidad de espiguillas, en él se observa que ambos genotipos presentan las mismas categorías para la expresión del carácter en estudio, para NB-6 la densidad de espiguillas fue laxo en 40% es decir que las espigas de este genotipo se encuentran en menor densidad, por otro lado, el nuevo genotipo RC₂ presenta densidad de espiguillas media en un 54% ya que en variedades criollas la densidad de espiguillas es alta como es el caso de Tuza Morada.

En el mismo cuadro 9 se muestra los datos obtenidos en el registro del carácter forma de espiga según el ángulo de las ramas secundarias, de manera general se puede apreciar que ambos genotipos muestran variabilidad en la expresión de dicho carácter ya que se mostraron las cuatro categorías posibles en su expresión, para el genotipo NB-6 la categoría que con mayor frecuencia se expresó fue espiga compacta en 68%, mientras que para el nuevo genotipo RC₂ las proporciones se repartieron mayormente entre las categorías espiga abierta, compacta y semi-abiertas con 32, 38 y 24% respectivamente.

Cuadro 10. Posición de ramas laterales en el tercio inferior de la espiga, presencia de ramas secundarias

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Posición de ramas laterales	Ligeramente curvadas	0.52
NB-6	Posición de ramas laterales	Medianamente curvadas	0.04
NB-6	Posición de ramas laterales	Rectilíneas	0.44
Nuevo Genotipo	Posición de ramas laterales	Ligeramente curvadas	0.34
Nuevo Genotipo	Posición de ramas laterales	Medianamente curvadas	0.44
Nuevo Genotipo	Posición de ramas laterales	Rectilíneas	0.22
NB-6	Presencia de ramas secundarias	No	0.90
NB-6	Presencia de ramas secundarias	Si	0.10
Nuevo Genotipo	Presencia de ramas secundarias	No	0.74
Nuevo Genotipo	Presencia de ramas secundarias	Si	0.26

El cuadro 10 revela la información obtenida al levantar los descriptores de la posición de las ramas laterales en el tercio inferior de la espiga, en el cual se puede observar que ambos genotipos mostraron variabilidad en la expresión de dicho carácter, ya que presentaron tres categorías en las cuales el genotipo NB-6 presentó 52% de espigas con ramas laterales ligeramente curvadas y 44% de ramas rectilíneas. El nuevo genotipo RC₂ presentó las proporciones de manera más repartida Ligeramente curvadas, Medianamente curvadas y Rectilíneas en 34, 44 y 22% respectivamente.

El cuadro 10 también revela la información obtenida al caracterizar la presencia de ramas secundarias en la espiga, en este carácter ambos genotipos mostraron las dos categorías posibles en la expresión de este carácter, de la cual NB-6 presentó cierto grado de uniformidad, ya que las plantas presentaron 90% de espigas sin la presencia de ramas secundarias, así mismo, el nuevo genotipo RC₂ presentó uniformidad en menor grado con un 74% de plantas sin la presencia de ramas secundarias.

Una vez realizada la caracterización cualitativa a nivel de espiga, se levantaron los registros de ocho caracteres en los cuales existió uniformidad y variabilidad por parte de ambos genotipos. En el genotipo NB-6 existió uniformidad para los caracteres “coloración de antocianinas en la base de las glumas y coloración de antocianinas en las anteras”. Coincidiendo con Zamorano, (1995) quien menciona que las variedades mejoradas cuentan con reducida variabilidad genética, por lo tanto tienen mayor uniformidad en la mayoría de sus caracteres a diferencia de los materiales criollos.

En el registro del carácter cubrimiento de la panoja por la hoja bandera, se expresó mayor uniformidad por parte del nuevo genotipo RC₂ al mostrar 70% de panojas cubiertas por la hoja bandera casi en su totalidad, mientras NB-6 presentó 52%. Para el carácter presencia de ramas secundarias, ambos genotipos mostraron cierto grado de uniformidad, al presentar espigas sin presencia de ramas secundarias (NB-6 90% y 74% el nuevo genotipo RC₂). En los caracteres (coloración de las glumas excluyendo la base, densidad de espiguillas, forma de la espiga según el ángulo de las ramas secundarias, posición de las ramas laterales) ambos genotipos de manera general presentaron mucha heterogeneidad, al mostrar la mayoría de las categorías en la expresión de cada uno de los caracteres en proporciones repartidas.

5.1.1.5 Caracteres del jilote

Cuadro 11. Coloración de antocianinas en los estigmas, intensidad de coloración por antocianinas en los estigmas del jilote, coloración de la base de los estigmas del jilote superior, desarrollo de filodios

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Coloración de antocianinas en los estigmas	Ausentes	0.44
NB-6	Coloración de antocianinas en los estigmas	Presentes	0.56
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en los estigmas	Ausentes	0.28
Nuevo Genotipo	Coloración de antocianinas en los estigmas	Presentes	0.72
NB-6	Intensidad de coloración en los estigma	Asunte	0.32
NB-6	Intensidad de coloración en los estigma	Intermedio	0.38
NB-6	Intensidad de coloración en los estigma	Tenue	0.30
Nuevo Genotipo	Intensidad de coloración en los estigma	Asunte	0.26
Nuevo Genotipo	Intensidad de coloración en los estigma	Intermedio	0.26
Nuevo Genotipo	Intensidad de coloración en los estigma	Tenue	0.48
NB-6	Coloración de la base de los estigmas	Amarilla	0.18
NB-6	Coloración de la base de los estigmas	Roja	0.06
NB-6	Coloración de la base de los estigmas	Rosa	0.26
NB-6	Coloración de la base de los estigmas	Verde claro	0.50
Nuevo Genotipo	Coloración de la base de los estigmas	Amarilla	0.44
Nuevo Genotipo	Coloración de la base de los estigmas	Roja	0.06
Nuevo Genotipo	Coloración de la base de los estigmas	Rosa	0.22
Nuevo Genotipo	Coloración de la base de los estigmas	Verde claro	0.28
NB-6	Desarrollo de filodios	Ausente o muy escaso	1.00
Nuevo Genotipo	Desarrollo de filodios	Ausente o muy escaso	1.00

En el cuadro 12 se muestran todos los caracteres cualitativos registrados a nivel de jilote, en el carácter coloración de antocianinas en los estigmas, el nuevo genotipo RC₂ presentó 72% de

estigmas con coloración presente, mientras el genotipo NB-6 mostró mayor variabilidad, con 56% de coloración presente y 44% de estigmas sin coloración por antocianinas, posiblemente este carácter haya sido heredado de su parental Tuza Morada, ya que esta variedad presenta con frecuencia coloración de estigmas producida por antocianinas en el jilote.

En cuanto a los caracteres intensidad de coloración por antocianinas en los estigmas del jilote y coloración de la base de los estigmas del jilote superior, ambos genotipos registraron alta variabilidad en la expresión de los caracteres, al presentar todas las categorías posibles en la expresión de ambos caracteres, también ambos genotipos mostraron dividir en proporciones similares cada carácter. Para el carácter desarrollo de filodios los genotipos presentaron en el 100% de los casos ausencia de los mismos coincidiendo en este carácter en uniformidad.

5.1.1.6 Caracteres de la mazorca

Cuadro 12. Longitud del pedúnculo de la mazorca superior, forma de la mazorca superior, disposición de hileras de granos en la mazorca superior, forma de la corona en granos de la mazorca superior

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Longitud del pedúnculo de la mazorca	Corto	0.34
NB-6	Longitud del pedúnculo de la mazorca	Medio	0.04
NB-6	Longitud del pedúnculo de la mazorca	Muy corto	0.62
Nuevo Genotipo	Longitud del pedúnculo de la mazorca	Corto	0.46
Nuevo Genotipo	Longitud del pedúnculo de la mazorca	Medio	0.08
Nuevo Genotipo	Longitud del pedúnculo de la mazorca	Muy corto	0.46
NB-6	Forma de la mazorca	Cilíndrica	0.06
NB-6	Forma de la mazorca	Cónica	0.06
NB-6	Forma de la mazorca	Cónica-cilíndrica	0.88
Nuevo Genotipo	Forma de la mazorca	Cilíndrica	0.20
Nuevo Genotipo	Forma de la mazorca	Cónica-cilíndrica	0.80
NB-6	Disposición de hileras de granos	En espiral	0.04
NB-6	Disposición de hileras de granos	Ligeramente en espiral	0.40
NB-6	Disposición de hileras de granos	Recta	0.56
Nuevo Genotipo	Disposición de hileras de granos	En espiral	0.14
Nuevo Genotipo	Disposición de hileras de granos	Ligeramente en espiral	0.22
Nuevo Genotipo	Disposición de hileras de granos	Recta	0.64
NB-6	Forma de la corona en granos	Convexa	0.34
NB-6	Forma de la corona en granos	Hendida	0.66
Nuevo Genotipo	Forma de la corona en granos	Convexa	0.46
Nuevo Genotipo	Forma de la corona en granos	Hendida	0.54

El cuadro 12 contiene los resultados de la caracterización de cuatro caracteres sobre la mazorca superior de los genotipos NB-6 y nuevo genotipo RC₂. El primer carácter en estudio fue longitud del pedúnculo de la mazorca, en el cual, ambos genotipos presentaron alta variabilidad en la expresión de dicho carácter, donde, el genotipo NB-6 presentó 34% de pedúnculos cortos y 62% muy cortos, mientras el nuevo genotipo RC₂ presentó 46% de pedúnculos cortos y 46% muy cortos.

En el segundo carácter forma de la mazorca, ambos genotipos mostraron cierto grado de uniformidad, al presentar mazorcas en forma cónica-cilíndrica ($\geq 80\%$). En lo que respecta al carácter disposición de las hileras de granos, el genotipo NB-6 presentó cierta variabilidad, ya que 56% de las hileras tenían disposición recta y el 40% ligeramente en espiral, el nuevo genotipo RC₂ presentó un poco más de uniformidad en la expresión del carácter al mostrar 64% de hileras con disposición recta. En el carácter forma de la corona de los granos ambos genotipos presentaron variabilidad, el genotipo NB-6 expuso 66% de coronas hendidas y 34% convexa, mientras que el nuevo genotipo RC₂ 54% de coronas hendidas y 46% convexas.

Cuadro 13. Tipo de grano en el terco central de la mazorca, color de grano de la mazorca superior, color dorsal del grano en la mazorca superior, color del endospermo en granos de la mazorca superior, coloración de las glumas en el olote de la mazorca superior, intensidad del color de las glumas por antocianinas en el olote de la mazorca superior

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Tipo de grano	Semi-cristalino	1.00
Nuevo Genotipo	Tipo de grano	Semi-cristalino	1.00
NB-6	Color de grano	Blanco cremoso	1.00
Nuevo Genotipo	Color de grano	Blanco cremoso	1.00
NB-6	Color dorsal del grano	Blanco cremoso	1.00
Nuevo Genotipo	Color dorsal del grano	Blanco cremoso	1.00
NB-6	Color del endospermo	Blanco	1.00
Nuevo Genotipo	Color del endospermo	Blanco	1.00
NB-6	Coloración de las glumas en el olote	Ausente (Blanco)	1.00
Nuevo Genotipo	Coloración de las glumas en el olote	Ausente (Blanco)	1.00
NB-6	Intensidad del color de las glumas	Muy tenue	1.00
Nuevo Genotipo	Intensidad del color de las glumas	Muy tenue	1.00

El cuadro 13 presenta los resultados de seis caracteres registrados en la mazorca superior, en los cuales ambos genotipos presentaron total uniformidad, coincidiendo en cada uno de ellos, se puede decir que ambos genotipos cuentan con tipo de grano semi-cristalino, con granos de coloración

blanco cremoso en la corona y en la parte dorsal, con endospermo blanco, coloración de glumas en el olote de color blanco de intensidad muy tenue.

Cuadro 14. Cobertura de la mazorca superior, daños en la mazorca superior

Genotipo	Carácter	Categorías	%
NB-6	Cobertura de mazorca	Mazorca descubierta	0.14
NB-6	Cobertura de mazorca	Regular	0.16
NB-6	Cobertura de mazorca	Buena	0.28
NB-6	Cobertura de mazorca	Excelente	0.42
Nuevo genotipo	Cobertura de mazorca	Buena	0.24
Nuevo genotipo	Cobertura de mazorca	Excelente	0.76
NB-6	Daños en la mazorca	1-10% de daño	0.50
NB-6	Daños en la mazorca	11-25% de daño	0.08
NB-6	Daños en la mazorca	26-50% de daño	0.02
NB-6	Daños en la mazorca	51-75% de daño	0.02
NB-6	Daños en la mazorca	Sana	0.38
Nuevo Genotipo	Daños en la mazorca	1-10% de daño	0.24
Nuevo Genotipo	Daños en la mazorca	11-25% de daño	0.08
Nuevo Genotipo	Daños en la mazorca	Sana	0.68

El cuadro 14 contiene los resultados de los caracteres cobertura de la mazorca superior y daños en la mazorca superior, para el carácter cobertura de mazorca, el genotipo NB-6 presenta cuatro categorías, donde, el 16% de la cobertura es regular, 28% buena, 42% excelente y presentó 14% de mazorcas descubiertas, es decir, 14 de cada 100 mazorcas se encuentran descubiertas o las brácteas no logran alcanzar a cubrir la mazorca, esto coincide con Torrez y Zeledón, (2012) que afirman la variedad NB-6 presenta deficiencias en la cobertura de mazorca, obsérvese que el 30% de mazorcas presentan algún tipo de problemas en la cobertura ya que las mismas se presentaron descubiertas o con cobertura regular.

Por otro lado, el nuevo genotipo RC₂ presentó mayor uniformidad en la expresión del carácter, al solo presentar dos categorías (mazorcas con buena y excelente cobertura) con 24 y 76% respectivamente, también es destacable la ausencia de mazorcas descubiertas y de mazorcas con cobertura regular, esta característica ha sido mantenida por selección a través de este plan de mejora genética desde su progenitor madre Tuza Morada, coincidiendo con la descripción de INTA, (2015) que describe a esta variedad con excelente cobertura de mazorca.

En cuanto a los daños en la mazorca superior, el genotipo NB-6 presentó cinco categorías donde el 50% de las mazorcas presentaron daños entre 1-10%, 8% presentaron daños entre 11-25%, 2% presentaron daños entre 26-50% y 2% presentaron daños entre 51-75%, es decir que el 62% de las mazorcas presentaron algún tipo de daño ya sea por hongos o por insectos, presentando solo un 38% de mazorcas sanas en su totalidad. Para Córdoba, (1986) la cobertura de mazorca es una característica de sumo valor económico que interviene considerablemente en las pérdidas posproducción, postcosecha y en el deterioro en campo ocasionado por insectos y enfermedades fungosas.

En cuanto al nuevo genotipo RC₂ se puede observar la presencia de tres categorías al medir los daños en la mazorca superior, estos fueron: 24% de daños entre el 1-10%, 8% de daños entre 11-25% y 68% de mazorcas sanas. Esto coincide con los resultados obtenidos por Córdoba (1986) donde al correlacionar las variables pudrición de mazorca y mazorca descubierta obtuvo resultados altamente significativos en donde una mala cobertura de mazorca propicia daños en el grano y por ende pérdidas en rendimiento.

De los doce caracteres cualitativos analizados a la mazorca se puede destacar que en los caracteres “Tipo de grano en el tercio central de la mazorca, Color de grano de la mazorca superior, Color dorsal del grano en la mazorca superior, Color del endospermo en granos de la mazorca superior, Coloración de las glumas en el olote de la mazorca superior, Intensidad del color de las glumas por antocianinas en el olote de la mazorca superior,” se presentó por parte de ambos genotipos total uniformidad.

En cuanto a los caracteres “Longitud del pedúnculo de la mazorca superior, Forma de la mazorca superior, Disposición de hileras de granos en la mazorca superior, Forma de la corona en granos de la mazorca superior” ambos genotipos presentaron variabilidad al mostrar múltiples categorías en la expresión de los caracteres y con sus proporciones repartidas entre las mismas.

En los caracteres “Cobertura de mazorca y Daños en la mazorca” el nuevo genotipo RC₂ presentó mayor uniformidad que su progenitor NB-6 al presentar menor número de categorías en ambos caracteres y por ende presentó mejor cobertura de mazorcas y menor grado de daños en la mazorca.

5.1.2 Caracteres cuantitativos

5.1.2.1 Caracteres en estado de plántula

Cuadro 15. Caracteres asociados al estado de plántula

Estado de plántula	Nuevo Genotipo		NB-6	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Longitud de hoja (cm)	4.97	0.65	4.14	0.42
Ancho de hoja (cm)	1.38	0.10	1.17	0.19
Relación Largo/Ancho	3.62	0.58	3.65	0.72

En el cuadro 15 se presentan los resultados de los caracteres cuantitativos tomados en estado de plántula: longitud de hoja, ancho de hoja y relación largo sobre ancho, donde el nuevo genotipo RC₂ presentó hojas más largas y anchas que la variedad NB-6 con (4.97 cm) (1.38 cm) respectivamente, por ende, una menor relación largo sobre ancho, ya que este valor es el resultado de la división de los dos primeros valores.

5.1.2.2 Caracteres de tallo

Cuadro 16. Caracteres asociados al tallo

Tallo	Nuevo Genotipo		NB-6	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Longitud incluyendo espigas (Altura de planta) (cm)	227.65	18.57	236.45	30.29
Longitud media de entrenudos superiores (cm)	15.92	1.99	16.88	3.34
Longitud media de entrenudos inferiores (cm)	17.96	1.84	17.85	2.17
Número de nudos por planta	10.66	1.64	12.60	1.18
Diámetro de tallo en la parte media (mm)	16.10	2.90	14.52	1.96

El cuadro 16 contiene los resultados del registro de los caracteres cuantitativos a nivel de tallo, en estos se puede destacar que el nuevo genotipo RC₂ presenta una altura de planta promedio de 227.65 cm con una desviación estándar de ± 18.57 cm, con respecto a su progenitor NB-6 presentó una altura de planta promedio de 236.45 cm y una desviación ± 30.29 cm. Se puede decir que el nuevo genotipo RC₂ presentó una altura de planta promedio menor con mayor grado de uniformidad debido al valor de su desviación estándar. Para Somarriba (1998) Esta característica desde el punto de vista fisiológico es de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta. Ya que el tallo puede acumular en su interior los nutrientes elaborados durante el proceso de fotosíntesis, los que posteriormente son transferidos a la mazorca durante el llenado de grano.

En cuanto a la longitud media de entrenudos superiores el nuevo genotipo RC₂ presentó entrenudos más cortos en la parte alta de la planta que su progenitor NB-6, en la longitud de los entrenudos inferiores en la parte baja de la planta los entrenudos mostraron longitudes similares para ambos genotipos con desviaciones estándares más bajas por parte del nuevo genotipo RC₂ en ambos caracteres. Para el carácter número de nudos por planta el genotipo NB-6 mostró mayor número de nudos con 12.60 nudos promedio por planta, mientras el nuevo genotipo RC₂ presentó 10.66 nudos promedio por planta coincidiendo con las alturas promedio de planta por parte de ambos genotipos ya que, para Reyes, (1990) la altura de planta es una característica resultado del número de nudos y longitud de entrenudos.

Para el carácter diámetro de tallo el nuevo genotipo RC₂ registró tallos de mayor grosor con 16.10 mm promedio y desviación estándar de ± 2.90 mm, el genotipo NB-6 presento tallos de menor grosor con 14.52 mm en promedio y desviación estándar de ± 1.96 mm. Según García *et al.*, (2001) el diámetro del tallo es una de las características más discriminatorias para la diferenciación de plantas resistentes y susceptibles al acame. Para Sánchez Hernández *et al.*, (2011) el carácter diámetro de tallo es una de las variables que influyen significativamente en la producción de forraje.

5.1.2.3 Caracteres de hoja

Cuadro 17. Caracteres asociados a la hoja

Hoja	Nuevo Genotipo		NB-6	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Ángulo entre la hoja y tallo (°)	45.30	11.48	42.41	10.48
Ángulo de inserción de la hoja sobre la mazorca (°)	41.42	11.36	39.47	11.43
Ángulo de inserción de la hoja abajo la mazorca (°)	41.37	11.36	42.05	12.06
Ancho de lámina de la hoja de la mazorca (cm)	8.06	1.19	7.86	1.23

El cuadro 17 presenta los datos en el registro de los caracteres cuantitativos a nivel de hoja, de los cuales se puede destacar que el nuevo genotipo RC₂ presentó ángulos de la hoja respecto al tallo con media de 45.30° similar a lo presentado por su progenitor NB-6 con 42.41°, de igual manera para los demás caracteres Ángulo de inserción de la hoja sobre la mazorca y Ángulo de inserción de la hoja abajo de la mazorca se registraron datos similares, para el ancho de lámina el nuevo genotipo RC₂ presentó hojas más anchas con 8.06 mm y desviación estándar menor ± 1.19 cm, mientras el genotipo NB-6 presentó 7.86 cm y desviación de ± 1.23 .

5.1.2.4 Caracteres de jilote

Cuadro 18. Caracteres asociados al jilote

Jilote	Nuevo Genotipo		NB-6	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Emergencia de estigmas en el 50% de plantas (N° de días)	52.00	3.00	54.00	3.00

El cuadro 18 presenta los datos del carácter Emergencia de estigmas en el 50% de plantas, donde se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaran estigmas, el nuevo genotipo RC₂ presentó una media de 52 días con una desviación estándar de ± 3 , es decir los estigmas aparecieron a los 52 días en la mitad de las plantas, pero los primeros iniciaron a aparecer en el día 49 y los últimos aparecieron el día 55. En el caso del genotipo NB-6 la mitad de estigmas se presentaron a los 54 días, es decir los estigmas iniciaron a aparecer de forma más tardía a los 51 días, y los últimos se presentaron el día 57 después de la siembra.

5.1.2.5 Caracteres de espiga

Cuadro 19. Caracteres asociados a la espiga

Espiga	Nuevo Genotipo		NB-6	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Número de ramas laterales primarias	22.10	6.15	17.70	4.71
Longitud de la panoja (cm)	42.31	4.61	40.61	4.80
Longitud del eje principal (cm)	29.10	3.09	28.42	5.22
Longitud del pedúnculo (cm)	4.50	1.42	5.77	2.66
Longitud de las ramas laterales (cm)	22.91	4.11	23.74	3.54
Época de antesis en el 50% de plantas (N° de días)	49.00	3.50	52.00	2.00

El cuadro 19 presenta los resultados del registro de los caracteres cuantitativos en la espiga, en el cual se levantaron los datos de seis caracteres, donde el nuevo genotipo RC₂ presentó mayor número de ramas laterales primarias con una media de 22.10 y una desviación estándar de ± 6.15 , el genotipo NB-6 presentó espigas con menor número de ramas laterales primarias 17.70 en promedio y también menor desviación ± 4.71 . En el carácter Longitud de panoja el nuevo genotipo RC₂ presentó panojas con mayor longitud 42.31 cm y panojas con el eje principal más largo 29.10 cm respecto a su progenitor que presentó 40.61 cm de longitud de panoja y 28.42 cm de longitud

del eje principal, por otro lado, el genotipo NB-6 presentó espigas con mayor longitud del pedúnculo 5.77 cm y mayor longitud de ramas laterales 23.74 cm.

La emergencia de las espigas (Antesis) en el 50% de las plantas se llevó a cabo en el nuevo genotipo RC₂ a los 49 días después de la siembra con una desviación estándar de ± 3.5 días, es decir que las primeras espigas aparecieron a los 46 días y las últimas emergieron 52 días después de la siembra. En el genotipo NB-6 la antesis se dio de manera más tardía a los 52 días después de la siembra en el 50% de las plantas con una desviación estándar de ± 2 días, es decir las primeras espigas de este genotipo aparecieron a los 50 días y las últimas emergieron a los 54 días después de la siembra.

5.1.2.6 Caracteres de mazorca

Cuadro 20. Caracteres asociados a la mazorca

Mazorca	Nuevo Genotipo		NB-6	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Relación inserción de la mazorca/altura de la planta	0.48	0.10	0.41	0.08
Altura de la mazorca superior (cm)	109.81	22.08	97.31	17.88
Número de mazorcas por planta (%)	102	0.14	100	0.00
Longitud de mazorca de la base al ápice (cm)	17.12	2.47	15.74	2.78
Diámetro de mazorca en la parte media (cm)	4.49	0.30	4.41	0.41
Número de hileras de granos en la mazorca superior	13.64	1.16	14.66	1.42
Número de granos por hilera en la mazorca superior	31.42	5.10	31.40	6.31
Número de granos por mazorca	429.48	83.50	460.92	107.56
Número de brácteas por mazorca	9.54	2.53	7.40	1.83
Peso de mazorca (g)	161.27	25.47	155.49	29.67
Peso de 100 semillas (g)	30.00	1.27	26.89	0.79
Longitud de grano (mm)	9.79	0.44	10.06	0.49
Ancho de grano (mm)	8.46	0.62	8.69	0.49
Espesor de grano (mm)	4.29	0.45	3.98	0.48
Rendimiento kg ha ⁻¹	5,479.89	0.00	5,272.07	0.00

El cuadro 20 contiene los resultados del registro de 15 caracteres tomados a la mazorca superior, el primer carácter analizado es la Relación entre la altura del punto de inserción de la mazorca superior y la altura de la planta la cual resulta de la división entre ambas variables, en este carácter el nuevo genotipo RC₂ presentó mayor relación de 0.48 mientras que NB-6 0.41, en el carácter altura de mazorca el nuevo genotipo RC₂ presentó altura promedio de 109.81 cm y una desviación

estándar de ± 22.08 cm, mientras que el genotipo NB-6 presentó altura de mazorca promedio de 97.31 cm y una desviación menor de ± 17.88 cm.

En el carácter número de mazorcas por planta el nuevo genotipo RC₂ presentó 102 % de mazorcas, es decir de cada 100 plantas existen 2 plantas que presentan 2 mazorcas, mientras el genotipo NB-6 presentó 100%, es decir 1 mazorca por planta. Para el carácter longitud de mazorca se obtuvo que el nuevo genotipo RC₂ presentó 17.12 cm en promedio con desviación estándar de ± 2.47 cm, NB-6 presentó una longitud de mazorca promedio de 15.74 cm y una desviación mayor de ± 2.78 cm. De igual manera para el carácter diámetro de mazorca el nuevo genotipo RC₂ presentó valores mayores y menor dispersión, respecto a su parental NB-6.

En el carácter número de hileras de granos, el genotipo NB-6 registró mayor número de hileras promedio por mazorca 14.66 respecto al nuevo genotipo RC₂ que presentó 13.64, es decir una hilera menos por mazorca en promedio por parte del nuevo genotipo RC₂, para el carácter número de granos por hilera los genotipos presentaron similares resultados con 31.4 granos por cada hilera en promedio. En la variable número de granos por mazorca el genotipo NB-6 presentó mayor número de granos promedio por cada mazorca con 460.92 respecto al nuevo genotipo RC₂ que presentó 429.48 granos promedio por mazorca, esto se debe a que NB-6 presentó mayor número de hileras de granos por mazorca.

Una de las características que se tomaron para medir la cobertura de mazorca es el número de brácteas por mazorca, en la cual se obtuvo que el nuevo genotipo cuenta con mayor número de brácteas para cubrir la mazorca con 9.54 brácteas promedio, respecto al genotipo NB-6 que presentó 7.40 brácteas promedio por mazorca. Para Benavides, (1990) esta característica es de suma importancia para la protección de la mazorca sobre agentes externos. En el carácter peso de la mazorca el nuevo genotipo presentó mayor peso promedio con 161.27 g y menor desviación estándar ± 25.47 g, a diferencia de su progenitor NB-6 que presentó 155.49 g y desviación ± 29.67 .

En la caracterización también se levantaron registros del peso y tamaño del grano, en el registro del peso de 100 semillas se obtuvo mayor peso promedio de grano con 30 g por parte del nuevo genotipo con desviación estándar de ± 1.27 g, mientras que para NB-6 se registró peso promedio de 26.89 g y desviación estándar de ± 0.79 g. En los caracteres de tamaño de grano podemos observar que en longitud de grano con 10.06 mm el genotipo NB-6 registró mayor longitud promedio, para el carácter Ancho de grano se obtuvieron longitudes similares y para el carácter

Espesor de grano los mayores registros los obtuvo el nuevo genotipo RC₂ con 4.29 mm de espesor, mientras que el genotipo NB-6 presentó 3.98 mm de espesor promedio, es decir que en promedio el nuevo genotipo presentó granos con 0.31 mm con mayor espesor promedio. Para Borrás *et al.*, (2003) el rendimiento de grano en maíz es muy influenciado por características como el peso de grano.

5.2 Comparación del Nuevo Genotipo RC₂ respecto a sus progenitores

Cuadro 21. Caracteres de rendimiento de los progenitores y el Nuevo Genotipo RC₂

Característica	Variedad NB-6	Tuza Morada	Nuevo Genotipo
Días a floración masculina	51 - 55	51 - 61	46 - 53
Días a floración femenina	54 - 56	57 - 69	49 - 55
Días a la madurez fisiológica	95 - 100	90 - 95	90 - 95
Días a la cosecha	110 - 115	120 - 125	110 - 115
Altura de planta (cm)	236.45	228.87	227.65
Altura de la mazorca (cm)	97.31	143.72	109.81
Longitud de mazorca (cm)	15.74	16	17.12
Número de hileras	14 - 16	12	14
Número de granos por hilera	31.40	20.20	31.42
Número de granos por mazorca	460.92	221.20	429.48
Peso de 100 semillas (g)	26.89	35.15	30.00
Cobertura de la mazorca	Regular	Excelente	Excelente
Rendimiento kg ha ⁻¹	5,272.07 kg ha ⁻¹	3,091 kg ha ⁻¹	5,479.89 kg ha ⁻¹

El cuadro 21 contiene las características morfo agronómicas de mayor interés en los genotipos que se usaron como parentales en el desarrollo de este plan de mejora genética (variedad NB-6 y variedad Tuza Morada), también se encuentra el nuevo genotipo que se obtuvo como resultado del mismo. Según estas características como resultado obtuvimos un nuevo genotipo con mayor precocidad, con madurez fisiológica entre los 90-95 días similar a sus parentales y con días a cosecha entre los 110-115 igual a su progenitor NB-6 pero reduciendo la cosecha en 10 días aproximadamente respecto a su progenitor Tuza Morada.

El nuevo genotipo cuenta con plantas con altura similar a sus progenitores, también se ha logrado obtener un genotipo nuevo con altura de mazorca más centralizada en comparación con sus dos progenitores. Se logró un aumento en longitud de mazorca del 7% respecto a su progenitor Tuza Morada, y un 8.7% a NB-6, en cuanto al carácter número de hileras de granos por mazorca se

puede decir que existió un aumento de 12 a 14 hileras por parte del nuevo genotipo respecto a su parental Tuza Morada, manteniendo un promedio similar de 14 hileras al igual que su otro parental NB-6.

El nuevo genotipo RC₂ presentó un aumento considerable del 55% en el número de granos por hilera respecto a su progenitor Tuza Morada e igualó en este carácter a su progenitor NB-6 manteniendo 31.4 granos promedio por hilera en la mazorca. Otro aumento considerable del nuevo genotipo RC₂ respecto a Tuza Morada se dio en el número de granos por mazorca, registrando una ampliación del 94% (pasando de 221.20 granos por mazorca en promedio a 429.48), pero presentando una decreciente del 6.8% en este carácter respecto a NB-6 que presentó 460.92 granos en promedio por mazorca.

En cuanto al carácter peso de grano se pudo observar que el nuevo genotipo presentó un aumento del 11.57% respecto a su progenitor NB-6 pasando de 26.89 g a 30 g es decir una diferencia de 3.11 g por cada 100 semillas, este carácter fue heredado por su progenitor madre Tuza Morada que al momento de la medición del carácter presentó pesos promedio de 35.15 g en las 100 semillas, mayor en un 23.5% en comparación al genotipo NB-6 y 14% respecto al nuevo genotipo RC₂.

El nuevo genotipo cuenta con una excelente cobertura de mazorca, ya que al evaluar esta característica se pudo observar que el 76% de las mazorcas presentaban excelente cobertura y 24% de buena cobertura, también se destaca la ausencia de mazorcas descubiertas, en comparación con el genotipo NB-6 que presentó 14% de mazorcas descubiertas y 16% de cobertura regular, es decir el 30% de las mazorcas presentaron problemas en la cobertura, este carácter fue transferido al nuevo genotipo por parte del genotipo donante Tuza Morada que este goza de excelente cobertura de mazorca. Otro carácter que nos muestra que el nuevo genotipo cuenta con excelente cobertura de mazorca es el daño presente en la mazorca, ya que al medir este carácter se pudo determinar que el nuevo genotipo RC₂ presentó 48.3% menos daños en la mazorca que su progenitor NB-6.

En cuanto a rendimiento es destacable que el nuevo genotipo RC₂ ha presentado rendimientos superiores que sus parentales (5,479.89 kg ha⁻¹), superando en un 3.94% a NB-6 que presentó un rendimiento de 5,272.07 kg ha⁻¹ (diferencia de 207.82 kg ha⁻¹) y un 77.29% respecto a su otro progenitor Tuza Morada que presentó rendimiento de 3,091 kg ha⁻¹ (diferencia de 2,388.89 kg ha⁻¹). Este aumento en el rendimiento se atribuye al mejoramiento de las características que influyen directamente en el rendimiento como lo son el aumento en el número de hileras de granos, el

número de granos por hilera, el número de granos por mazorca y sobre todo al peso del grano obtenido en el nuevo genotipo RC₂.

5.3 Desarrollo de competencias en los productores en fitomejoramiento

En octubre de 2022 La Universidad Nacional Agraria realizó un grupo focal con la participación de 20 productores que formaron parte del proceso en el presente trabajo de fitomejoramiento participativo, de éstos, 10 manifestaron desarrollo de competencias en la generación de nuevas variedades de maíz utilizando el método de retrocruza. Destacando también que el nuevo genotipo RC₂ que se desarrolló está siendo utilizado por dichos productores en sus parcelas en la actualidad.

En la ejecución del diplomado “Tecnologías para implementar la producción y productividad agropecuaria” que se impartió en el año 2022 por la Universidad Nacional Agraria. Una de las tecnologías que se compartieron en este diplomado fue la de fitomejoramiento participativo, con la finalidad de promover dicha tecnología se llevó a cabo una entrevista elaborada por (TecnoAgro, 2022) en la cual participaron productores de la comarca El Juste que formaron parte de este trabajo de fitomejoramiento participativo, a través de esto se logró comprobar que dichos productores habían desarrollado habilidades en el mejoramiento de sus variedades de maíz.

En esta entrevista el productor Ausner Martínez destaca su entusiasmo al formar parte del proceso de fitomejoramiento de maíz en la comarca El Juste, señala la importancia de los granos básicos y también acerca de su mejoramiento genético, así mismo hizo mención acerca de la problemática en la producción de la comarca, dentro de los cuales destacó los bajos rendimientos productivos. Describió que la Universidad Nacional Agraria a través de este trabajo ofreció a los productores no cambiar sus variedades, sino hacer mejora genética de las mismas, también caracterizó a los productores de la comarca como innovadores al aceptar formar parte de este tipo de trabajos.

Dentro de la misma entrevista el productor Javier Martínez hizo énfasis en que este trabajo de fitomejoramiento participativo les ha dejado aprendizajes en cuanto al manejo del maíz. Así mismo el productor Noel De Jesús Martínez menciona que gracias a la ejecución de este trabajo ha desarrollado habilidades en la selección de plantas élite. El productor Cristino Alberto López menciona que desde que se llevó a cabo el trabajo de mejoramiento genético de sus variedades han registrado mejores rendimientos, destacando que el nuevo genotipo RC₂ cuenta con características como mejor peso de grano, mejor cobertura de mazorca y un llenado de granos completo.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se generó un genotipo de maíz con alto rendimiento de grano y excelente cobertura de mazorca a través de la metodología de fitomejoramiento participativo en la comunidad El Juste, durante el periodo 2021-2022.

En esta tesis se registró un total de 74 descriptores varietales con 40 cualitativos y 34 cuantitativos del nuevo genotipo en RC₂, los cuales lo identifican como un genotipo precoz, con plantas de porte alto, de diámetro de tallo mediano, mazorca centralizada, con grano de color blanco, semi-cristalino, de endospermo blanco, mazorca cónica-cilíndrica, excelente cobertura de mazorca lo que ha reducido los daños causados por hongos e insectos y buen rendimiento de grano similar a su progenitor NB-6.

Al comparar los genotipos se demostró que el nuevo genotipo RC₂ presenta rendimiento similar a su progenitor variedad mejorada NB-6 y superior a su progenitor variedad criolla Tuza Morada, esto gracias a que se mejoraron las características de la mazorca asociadas al rendimiento.

En cuanto a la cobertura de mazorca este nuevo genotipo RC₂ tiene mejores características que la variedad mejorada NB-6 y es similar a su progenitor Tuza Morada.

El 50% de los productores que participaron en el proceso de mejoramiento genético del nuevo genotipo RC₂ desarrollaron competencias en cuanto a la aplicación del método de retrocruza en la mejora genética de sus variedades de maíz.

Los productores que desarrollaron competencias respecto al fitomejoramiento participativo, han desarrollado aprendizajes en el manejo del cultivo de maíz, selección de plantas élite, control de polinización, control parental, proceso de emasculación e identificación de características de interés agronómico y todo lo implicado en la utilización del método de retrocruzamiento.

VII. RECOMENDACIONES

El presente estudio sugiere que el nuevo genotipo RC₂ debe ser evaluado en un análisis multiambiental con la finalidad de conocer su comportamiento agronómico en cuanto a estabilidad y adaptabilidad.

Promover la metodología de mejoramiento genético de maíz a través del método de retrocruza entre los agricultores/as para que mejoren sus variedades, ya que este resulta ser muy sencillo y eficiente.

Se sugiere que otras instituciones que forman parte de la cadena productiva lleven a cabo proyectos bajo la metodología de fitomejoramiento participativo para el mejoramiento de variedades locales y mejoradas, aportando de esta manera a la seguridad alimentaria del país.

Realizar estudios donde se caractericen materiales criollos como fuente de información para ser introducidos en programas de mejora genética.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta, R. (2009). *El cultivo del maíz, su origen y clasificación*. El maíz en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 30(2), 113–120. <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215047017.pdf>
- Aguirre, R., y Peske, S. T. (1988). *Manual para el beneficio de semillas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia.
- Angulo Vivas, I., y Ortiz, M. A. (2020). *Mejoramiento genético de plantas autógamias y alógamas* [Monografía de pregrado, Universidad Nacional de Colombia sede palmira]. <https://www.researchgate.net/publication/339139689>
- Arcila Aristizabal, I. M. (2015). Evolución del maíz. *Scientific American*, 242: 112-1, 32. www.arqueomex.com/S9N5n2Esp38.
- Ashby, J. A. (1986). Methodology for the participation of small farmers in the design of on-farm trials. *Agricultural Administration*, 22(1), 1–19. [https://doi.org/10.1016/0309-586X\(86\)90103-2](https://doi.org/10.1016/0309-586X(86)90103-2)
- Balzarini, M., Di Rienzo, J., Tablada, M., Gonzalez, L., Bruno, C., Córdoba, M., Robledo, W., y Casanoves, F. (2011). *Estadística y biometría Ilustraciones del Uso de InfoStat en Problemas de Agronomía*. Editorial Brujas. [http://www.agro.unc.edu.ar/~mcia/archivos/Estadística y Biometria.pdf](http://www.agro.unc.edu.ar/~mcia/archivos/Estadística%20y%20Biometria.pdf)
- Benavides, A. (1990). *Caracterización y evaluación preliminar de 15 cultivares de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/1513/1/tnf30b456.pdf>
- Bergvinson, D., Ramírez, A., Flores Velazquez, D., y García Lara, S. (2007). *Mejoramiento de maíces criollos por integración de alelos*. (CIMMYT (ed.)). México.
- Biasutti, C. (2017). *Métodos de mejoramiento en plantas alógamas*. <http://agro.unc.edu.ar/~mejogeve/PobAlogamas2017.pdf>
- Biasutti, C., y Nazar, M. (2014). *Mejoramiento Genético Vegetal Principios y Procedimientos*. <https://docplayer.es/40935344-Mejoramiento-genetico-vegetal-principios-y-procedimientos.html>

- Borrás, L., Maddonni, G. A., y Otegui, M. E. (2003). Leaf senescence in maize hybrids: Plant population, row spacing and kernel set effects. *Field Crops Research*, 82(1), 13–26. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00002-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00002-9)
- Cabrera, J. S., y Cruz Sáenz, D. de J. (2016). *Parámetros fenotípicos y genéticos de caracteres de la mazorca asociados al rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) cv NB-6, en postrera, Managua 2014* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3399/1/tnf30c117.pdf>
- Calvo Reyes, H. (2022). *Semillas Criollas, Seis elementos para fomentarlas, lograr seguridad alimentaria y resiliencia climática*. https://semillasdeidentidad.org/apc-aa-files/1f259bed1a8f08fd512a90f1ead532fa/semillas_criollas_harold_calvo_enero2022.pdf
- Camarena, F., Chura, J., y Blas, R. (2014). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. *Agrosaber Del Banco Agropecuario*, 286. http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/pdf_cpc/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf
- Cañón, J., y Fernández, J. (2010). Glosario de términos y conceptos genéticos. *Universidad Complutense de Madrid*,:1, 17. [www.ucm.es/info/genetvet/%0Awww.ucm.es/info/genetvet/%0Ahttps://www.ucm.es/data/cont/docs/345-2013-11-11-Capitulo_IV_GLOSARIO.pdf](http://www.ucm.es/info/genetvet/%0Awww.ucm.es/info/genetvet/%0Awww.ucm.es/info/genetvet/%0Ahttps://www.ucm.es/data/cont/docs/345-2013-11-11-Capitulo_IV_GLOSARIO.pdf)
- Castillo Cajina, R., y Bird Moreno, R. (2013). *Caracterización del Cultivo de Maíz en Nicaragua : Un análisis de Varianza de los Determinantes del Rendimiento*. Banco Central de Nicaragua. https://bcn.gob.ni/sites/default/files/revista/volumenIV/4-Análisis de los determinantes del rendimiento del maíz_R Castillo y R Bird.pdf
- Centro interactivo de aprendizaje multimedia (CIAM). (2022). *Media vs mediana vs moda ¿Cual medida de tendencia central es mas adecuada?* <http://ciam.uco.mx/portal/portafolios/ramonmagallanes/apuntes/probve.pdf>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1993). Descriptores Varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo In *CIAT No. 177*. Colombia. http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/descriptores_varietales.pdf

- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). (2018). *Cultivo de maíz (Zea mays L.)*. http://centa.gob.sv/docs/guias/granos basicos/Guia Centa_Maíz 2019.pdf
- Chavarrias, M. (2008). El genoma del maíz. *Consuma Seguridad*, 1–2. www.consumaseguridad.com
- Córdoba, H. S. (1986). *Mejoramiento integral para cobertura, pudrición de y mazorca, tallo y rendimiento en los complejos germoplásmicos de maíz*. en XXXII reunión anual programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos alimenticios.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Gonzalez, L., Tablada, E., Díaz, M., Robledo, C., y Balzarini, M. (2008). *Estadística para las Ciencias Agropecuarias* (7a ed.). https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/2968/mod_resource/content/0/Estadistica_para_las_Ciencias_Agropecuarias_-_Di_Rienzo.pdf
- Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (2000) *Ficha municipal de San Pedro de Lóvago*. Recuperado de: <http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/enacal/Caracterizaciones/Chontales/SanPedrodeLovago.html>
- Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. (1995). *Manual de Mejoramiento y Conservación del Maíz Criollo con Pequeños agricultores*. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2930/4/01.pdf>
- Espinosa, A., Tadeo, M., Turrent, A., y Gómez, N. (2008). El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*, 92–93, 118–125. <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no92/CNS092000017.pdf>
- Espinosa Calderón, A., Sierra Macías, M., y Gómez Montiel, N. (2002). Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 117–121. <https://doi.org/10.15517/am.v14i1.11998>
- Flores Naveda, A., Ernesto Vázquez Badillo, M., Borrego Escalante, F., y Aspeytia, D. S. (2011). Análisis de la homogeneidad, distinción y estabilidad de tres variedades sobresalientes de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 5–16. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n1/v2n1a1.pdf>

- Franco, T., y Hidalgo, R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. In *Boletín Técnico Nro 8*. https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Análisis_estadístico_de_datos_de_caracterización_morfológica_de_recursos_fitogenéticos_894.pdf
- García, M., Watson, C., y Salcedo, F. (2001). Evaluación de métodos para determinar resistencia al Acame de raíces en maíz dulce (*Zea mays L.*). *Bioagro*, 13, 22–31. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85713104.pdf>
- Headrick, J. M., y Pataky, J. (1989). Resistance to Kernel Infection by *Fusarium moniliforme* in Inbred Lines of Sweet Corn and the Effect of Infection on Emergence. In *Plant Disease* (Vol. 73, Issue 11, p. 887). <https://doi.org/10.1094/pd-73-0887>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Proyecto Red SICTA COSUDE. (2009). *Mapeo del Mercado de Semillas de Maíz y Frijol en Centroamérica*. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/19731/BVE3204700009558e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Proyecto Red SICTA COSUDE. (2013). *Estudio de las cadenas de valor maíz blanco y frijol en Centroamérica*. <http://repiica.iica.int/docs/b3540e/b3540e.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2001). *Características del departamento de chontales III cenagro*.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2005). *Caracterización Sociodemográfica del Departamento de Chontales*. <https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/MONOGRAFIASD/CHONTALES.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2002). *Manejo del Cultivo de Maíz Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz*. inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2013). *Catálogo de variedades de granos básicos Liberados por el INTA*.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2015). *Catálogo de variedades criollas y*

acriolladas de frijol y maíz. seleccionadas en procesos de fitomejoramiento participativo en la zona Centro Sur de Nicaragua (Nueva Guinea y Río San Juan).

Kato Yamakake, T. Á., Mapes Sánchez, C., Mera Ovando, L. M., Serratos Hernández, J., y Bye Boettler, R. A. (2009). *Origen y diversificación del maíz, una revisión analítica, Universidad Nacional Autónoma de México* (1ra ed.). México.

López González, Á. S. (2017). *Análisis de la medición de productividad de granos básicos, en Nicaragua, periodo 1961-2013*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/10277/1/6969.pdf>

Mendoza, A. S. (2018). *Utilización de abonos verdes Canavalia, como alternativa de manejo ecológico del suelo para el establecimiento de un banco de semilla de maíz criollo (Zea mays L.) en la comunidad del Caño Central municipio de Él Cuá, Jinotega*. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8048>

Mendoza Elos, M., López Benítez, A., Oyervides García, A., Martínez Zambrano, G., De León, C., y Moreno Martínez, E. (2003). Herencia Genética y Citoplásmica de la Resistencia a la Pudrición de la Mazorca del Maíz (*Zea mays* L.) Causada por *Fusarium moniliforme* Sheld. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 267–271.

Mendoza Mejía, Y. (2020) *Mejoramiento genético de la cobertura de mazorca de una variedad de alto rendimiento de grano, bajo las condiciones de Juigalpa periodo 2021 – 2023*. [Tesis inédita, documento inédito de pregrado, Universidad Nacional Agraria].

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Composición y caracterización de la Cadena del Maíz*.

Ministerio De Fomento Industria Y Comercio. (2007). *Maíz Blanco Nicaragua*. www.mific.gob.ni

Nakayama, H., Caridad González, M., Samudio Oggero, A., María Britos, R., Mussi Cataldi, C., Alberto Cantero, F., Venancio Benítez, J., y Peralta López, I. (2020). *Mejoramiento participativo de ka'a he'ë*. La Habana, Cuba.

Schoch, C. L., Ciufu, S., Domrachev, M., Hotton, C. L., Kannan, S., Khovanskaya, R., Leipe, D., McVeigh, R., O'Neill, K., Robbertse, B., Sharma, S., Soussov, V., Sullivan, J. P., Sun, L., Turner, S., & Karsch-Mizrachi, I. (2020). NCBI Taxonomy: A comprehensive update on

- curation, resources and tools. In Database (Vol. 2020). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/database/baaa062>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1997). *Introducción de variedades mejoradas, Informe Conferencia. FAO*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2gz3vwp.173>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). *Manual Técnico De Fitomejoramiento Participativo De Maíz*. 44. <http://www.fao.org.gt>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Módulo: Bancos de Semillas Comunitarios Escuelas de Campo y de vida para jóvenes agricultores-Guía del facilitador*. www.fao.org/contact-us/licence-request
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Materiales para capacitación en semillas. In *Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas*. <http://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Bancos comunitarios de semillas y uso de insumos biológicos La experiencia en Nicaragua. In *Bancos comunitarios de semillas y uso de insumos biológicos*. <https://doi.org/10.4060/cb8009es>
- Ortigoza Guerreño, J., López Talavera, C. A., y Gonzalez Villalba, J. D. (2019). *Guía técnica cultivo de maíz*. San Lorenzo, Paraguay. https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Poehlman, J. M. (1987). Breeding Field Crops. In *Breeding Field Crops*. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7271-2>
- Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica. (2014). *Guía metodológica de fitomejoramiento participativo*. <http://www.programafpma.com/PDF/publicaciones/documentos/04GuiaMetodologicadeFP.pdf>
- Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., y Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105–112. <https://doi.org/10.1111/NYAS.12396>

- Reyes Castañeda, P. (1990). *El maíz y su cultivo* (AGT EDITOR).
https://books.google.com/books/about/El_maíz_y_su_cultivo.html?id=_wurAAAACAAJ
- Rival, A. (2013). Genotipo y fenotipo. Exploración de la caja negra de los mejoradores. *Palmas*, 34(1), 161–167.
- Rivas Valencia, P., Virgen Vargas, J., Rojas Martínez, I., Cano Salgado, A., y Ayala Escobar, V. (2018). Evaluación De Pudrición De Mazorca De Híbridos De Maíz En Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(6), 845–854. <https://doi.org/10.29312/remexca.v2i6.1565>
- Sánchez Hernández, M. Á., Aguilar Martínez, C. U., Valenzuela Jiménez, N., Sánchez Hernández, C., Jiménez Rojas, M. C., y Villanueva Verduzco, C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 281. <https://doi.org/10.15517/am.v22i2.11801>
- Saquimux, F. (2011). Selección masal en el cultivo de maíz para pequeños agricultores. In *Selección masal en el cultivo de maíz*. [http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/seleccion del maiz.pdf](http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/seleccion%20del%20maiz.pdf)
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2017). *Guías técnicas para la descripción varietal*. <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/guias-tecnicas-para-la-descripcion-varietal-238911>
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, P. y A. (2014). *Guía técnica para la descripción varietal de Maíz*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12433.22883>
- Somarriba Rodríguez, C. (1998). *Texto de granos básicos, Departamento de cultivos anuales*. <https://repositorio.una.edu.ni/2704/1/NF01S693g.pdf>
- TecnoAgro. (2022). *Dirección de comunicación - 05.mp4 - Todos los documentos*. https://estunaedu.sharepoint.com/sites/Direccindecomunicacin/Documentos_compartidos/Forms/AllItems.aspx?ga=1&id=%2Fsites%2FDireccindecomunicacin%2FDocumentos_compartidos%2FDIPLOMADOTECNOAGRO2022%2FMIERCOLES07DEDICIEMBRE%2F05.mp4&parent=%2Fsites%2FDireccindecomunicacin%2FDocumentoscompartidos%2FDIPLOMADO_TECNOAGRO_2022%2FMIERCOLES_07_DE_DICIEMBRE

- Torrez, M., y Zeledón, P. (2012). *Caracterización de cinco variedades de maíz (Zea mays) criollo en las comunidades de Samulali y Guadalupe, municipio de Matagalpa, en el año 2011*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
- Urango, L. A. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad de Antioquia.*, 186–208.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336229/20791758>
- Vázquez, A., Domínguez, C., y Guevara, L. (2011). *Citoplasma y herencia*.
<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-56185/18-Citoplasma y herencia.pdf>
- Velez, G., y Castrillón, F. (2018). *Producción y Conservación de Semillas Nativas y Criollas de Buena Calidad y Sanidad*. https://semillasdeidentidad.org/apc-aa-files/1f259bed1a8f08fd512a90f1ead532fa/cartilla_produccion-n_semillas.pdf
- Zerón, A. (2010). Biotipos, fenotipos y genotipos. ¿De qué tipo somos? (Primera parte). *Revista Mexicana de Periodontología*, 1(1). www.medigraphic.org.mx

IX. ANEXOS



Anexo 1: Labor de emasculación o desespigue



Anexo 2: Toma de variables



Anexo 3: Grupo focal con productores de la comarca El Juste



Anexo 4: productores protagonistas participando en el proceso de mejoramiento participativo



Anexo 5: Algunos descriptores varietales tomados en la caracterización de ambos genotipos