

Facultad de Tecnología de la Construcción

# **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE 19 HIBRIDOS DE SORGO PARA GRANO, EN LOS CENTROS INTA CNIA – MANAGUA E INTA POSOLTEGA – CDT FIDEL CASTRO”**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Agrícola

**Elaborado por:**

Br. Aarón Moisés Cruz Pavón  
Carnet: 2018-0765U

Br. Marvin David González  
Amador  
Carnet: 2018-1363U

**Tutor:**

MSc. Emilseth Carolina  
Padilla Duarte

08 de mayo de 2023  
Managua, Nicaragua

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero y, antes que nada, voy a dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que di durante todo el periodo de mi carrera, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi apoyo y compañía en todo el proceso de esta tesis monográfica.

Agradecer hoy y siempre a mi padre Marvin González Rocha (Q.E.P.D) y a mi abuela Carmen Talento Ojeda (Q.E.P.D) por haberme dado su apoyo, los buenos consejos y valores para lograr esta meta, el cual estoy seguro que estarían plenamente orgullosos de mí.

A mi madre Zeneyda Amador Talento y a mi hermana Francys González Amador, gracias por apoyarme toda mi vida, por compartir todos estos duros años conmigo, por todo el sacrificio que han hecho para que yo pudiera estudiar, ayudándome a realizar uno de mis sueños, sin ustedes no lo hubiese logrado; pero sobre todo por el amor y confianza que me han dado incondicionalmente.

A mi tía Rosa González y Primo Jhorquin Gaitán por haberme brindado su apoyo durante toda mi carrera y por haber confiado en mí.

Agradezco de manera especial a mi familia, por ayudarme y darme fortaleza cuando la he necesitado, siempre estar conmigo, apoyándome y respetando mis decisiones.

Esta tesis, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de los autores, sin la ayuda de nuestro asesor MSc. Ing. Nury Deyanira Gutiérrez Palacios y tutor MSc. Ing. Emilseth Carolina Padilla Duarte, no hubiese sido posible su finalización de esta tesis monográfica, por eso agradezco su tiempo, paciencia, ayuda y apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros de carrera por brindarme el apoyo y animarme a seguir adelante.

**Marvin David González Amador**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, les agradezco a mi madre Lilieth Pavón y a mi padre Horacio Cruz, por su incondicional apoyo emocional y financiero durante todo el proceso de mis estudios. Su amor y confianza me han dado la fuerza necesaria para superar los desafíos y alcanzar mis metas.

También quiero agradecer a nuestra asesora, MSc. Ing. Nury Gutiérrez, por su orientación y asesoría profesional en cada etapa del desarrollo de esta tesis monográfica. Sus valiosas sugerencias y comentarios nos ayudaron a mejorar significativamente el trabajo.

Agradezco también a nuestra tutora, MSc. Ing. Emilseth Padilla, por su paciencia, dedicación y enseñanzas en cada una de las reuniones y revisiones del documento. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para enriquecer y mejorar la tesis.

Por último, pero no menos importante, agradezco a mis amigos por su apoyo incondicional. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.

**Aaron Moisés Cruz Pavón**

## RESUMEN

En este estudio se propuso medir rendimiento de grano y la estabilidad de nuevos híbridos de sorgo rojo creados en Nicaragua, así como analizar la interacción genotipo-ambiente entre 19 híbridos de sorgo y el testigo Monarca en dos localidades durante el ciclo de postrera 2022.

Se empleó el diseño Bloques Completos al Azar (BCA) con 3 repeticiones. Cada tratamiento consistió en 1 surco de 5 m de largo con una distancia de 0.80 m entre surco. Se realizó el análisis combinado con el programa estadístico SAS, 2001. Para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Se halló diferencias altamente significativas para la fuente de variación híbrido e híbrido x localidad para la variable rendimiento de grano al  $\alpha = 0.05$ . El análisis combinado permitió identificar al híbrido AxLU-010 con el mayor potencial de rendimiento de  $6124 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , el cual fue estadísticamente diferente a los demás híbridos; y superó al testigo Monarca ( $4794 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) en 28 %. Seguido los híbridos AxLU-018 y AxLU-041 con producción de  $5327$  y  $5259 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, superando al testigo en 11 y 10 % y también presentan características agronómicas ideales para la selección de los genotipos y pasar a la siguiente etapa de validación.

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	ANTECEDENTES .....	3
III.	JUSTIFICACIÓN.....	5
IV.	OBJETIVOS .....	6
	4.1. Objetivo General: .....	6
	4.2. Objetivos Específicos .....	6
V.	MARCO TEÓRICO .....	7
	5.1. Generalidades.....	7
	5.1.1. Etapas fenológicas de crecimiento del cultivo de Sorgo.....	8
	5.2. Importancia económica del cultivo de Sorgo.....	8
	5.3. Condiciones edafoclimáticas del cultivo .....	9
	5.3.1. Suelo .....	9
	5.3.2. Temperatura .....	9
	5.3.3. Humedad.....	10
	5.4. Prácticas de manejo agronómico. ....	10
	5.4.1. Preparación del suelo para siembra .....	10
	5.4.2. Época de siembra.....	11
	5.4.3. Sistema de siembra y sus ventajas y desventajas .....	11
	5.4.4. Manejo de malezas.....	13
	5.4.5. Plagas y enfermedades .....	14
	5.5. Androesterilidad en el mejoramiento genético en el sorgo.....	16
	5.5.1. Esterilidad e incompatibilidad. ....	16
	5.5.2. Androesterilidad genética.....	16
	5.5.3. Androesterilidad citoplasmática .....	17

5.5.4.	Androesterilidad genética – citoplasmática.....	17
5.5.5.	Pasos para una cruza utilizando la androesterilidad genética .....	17
5.6.	Bloques completamente alzar .....	18
5.7.	Análisis combinado .....	18
VI.	HIPÓTESIS .....	20
6.1.	Hipótesis Investigación (Hi).....	20
6.2.	Hipótesis Nula (Ho) .....	20
6.3.	Hipótesis Alternativa (Ha).....	20
VII.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	21
7.1.	Tipo de investigación.....	21
7.1.1.	Según el enfoque de la investigación .....	21
7.1.2.	Según el alcance de los resultados .....	21
7.1.3.	Según el tiempo de ocurrencia .....	21
7.1.4.	Según el periodo que se realiza el estudio .....	21
7.2.	Ubicación y área de estudio .....	22
7.2.1.	Descripción de las zonas de estudios.....	22
7.3.	Manejo agronómico del experimento .....	23
7.4.	Metodología para la determinación de las propiedades físico – químicas del suelo.....	24
7.5.	Metodología para el cruzamiento manual para la formación de nuevos híbridos utilizando la androesterilidad genética de una línea con 19 líneas restauradoras de fertilidad .....	26
7.6.	Metodología para la identificación de los híbridos que presenten mayor potencial de rendimiento y mejores características agronómicas.....	28
VIII.	ANÁLISI Y DISCUCIÓN DE RESULTADOS .....	33

8.1. Determinación de las propiedades físico – químicas del suelo .....	33
8.2. Cruzamiento manual para la formación de nuevos híbridos utilizando la androesterilidad genética de una línea con 19 líneas restauradoras de fertilidad del polen .....	36
8.3. Identificación de los híbridos que presenten mayor potencial de rendimiento y mejores características agronómicas.....	39
8.3.1. Análisis individual y combinado del rendimiento de grano para las dos localidades. ....	39
8.3.2. Comportamiento de la variable días a floración.....	43
8.3.3. Comportamiento de la variable altura de planta .....	44
8.3.4. Comportamiento de la variable excursión de panoja .....	45
8.3.5. Comportamiento de la variable longitud de panoja.....	46
8.3.6. Esterilidad, fertilidad y presencia de ergot en los híbridos evaluados.	48
IX. CONCLUSIÓN.....	50
X. RECOMENDACIONES .....	52
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	53
XII. ANEXOS .....	liv

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Nuevos progenitores masculinos restauradores, padres de híbridos promisorios graníferos. CNIA, Postrera, 2021.....	27
<b>Tabla 2.</b> Nuevos híbridos de sorgo granifero evaluado en 2 localidades. Nicaragua, Postrera 2022.....	29
<b>Tabla 3.</b> Resultados de análisis físico de suelo. Nicaragua, Postrera 2022.....	33
<b>Tabla 4.</b> Resultado de análisis químico del suelo. Nicaragua, Postrera 2022. ....	34

<b>Tabla 5.</b> Híbridos formados y cantidad de semilla. INTA-CNIA, Postrera 2021. ....	37
<b>Tabla 6.</b> Características agronómicas de las 19 líneas restauradoras para padre de nuevos híbridos promisorios graníferos. ....	38
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza del rendimiento de grano de nuevos híbridos de sorgo evaluados en dos localidades. Nicaragua, Postrera 2022.....	39
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza por localidad del rendimiento de grano de nuevos híbridos de sorgo. Nicaragua, Postrera 2022.....	40
<b>Tabla 9.</b> Medias del rendimiento de nuevos híbridos de sorgo evaluados en dos localidades. Nicaragua, Postrera 2022.....	42
<b>Tabla 9.</b> Presencia de esterilidad, fertilidad y ergot en 19 nuevos híbridos más testigo en las localidades de Mangua y Posoltega, Postrera 2022 .....	48

### **Índice de Figuras**

<b>Figura 1.</b> Diseño de campo del experimento de formación de nuevos híbridos. ..	27
<b>Figura 2.</b> Diseño de campo del experimento y aleatorización del comportamiento agronómico de 19 nuevos híbridos de sorgo, en 2 localidades del país. ....	29

### **Índice de Gráficos**

<b>Gráfico 1.</b> Comportamiento de días a floración de 19 nuevos híbridos de sorgo más el testigo en las localidades de Managua y Posoltega, Postrera 2022.....	44
<b>Gráfico 2.</b> Comportamiento de la variable altura de planta (cm) de 19 nuevos híbridos más testigo en las localidades de Mangua y Posoltega, Postrera 2022. .	45
<b>Gráfico 3.</b> Comportamiento de la variable excursión de panoja (cm) en 19 nuevos híbridos más testigo en las localidades de Mangua y Posoltega, Postrera 2022. .	46
<b>Gráfico 4.</b> Comportamiento de la variable longitud de panoja (cm) en 19 nuevos híbridos más testigo en las localidades de Mangua y Posoltega, Postrera 2022. .	47

## I. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el quinto cereal más importante del mundo, por el volumen de producción y la superficie cultivada. Aproximadamente el 90 por ciento de la superficie dedicada al cultivo del sorgo sembrada se encuentra en países en desarrollo, principalmente en África y Asia (FAO, 1995).

A nivel mundial el sorgo ocupa un área de más de 40 millones de hectáreas y para el año 2021 la producción de sorgo fue de 61.92 millones de toneladas (USDA, 2022).

En Nicaragua el sorgo ocupa el cuarto lugar entre los granos básicos, con un área sembrada promedio de 75,000 hectáreas (Trouche, 2006). En Nicaragua se están produciendo alrededor de 1 millón 500 mil quintales de este grano.

El sorgo se cultiva en los departamentos de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granda y Rivas; es decir, en el Pacífico se concentran las mayores áreas de siembra. El cultivo de sorgo en Nicaragua es de prioridad en la producción de alimentos tales como carne de res, carne de pollo, huevos, leche, entre otros alimentos derivados (MAG, 2011).

Del *Sorghum bicolor* o sorgo granero, existen numerosos híbridos los que se emplean, además del grano, sus tallos y hojas como forrajes; otros híbridos son de baja producción de granos por lo que se emplean sólo como forrajes (Ibar, 1987).

El problema para aumentar la producción de sorgo utilizando genotipos híbridos es que, los que se comercializan en el país son 100% importados y actualmente no todos los productores tienen acceso a sus semillas por los altos precios, los cuales se cotizan en más de U\$250 el quintal. Esta situación puede tomarse como un nicho de oportunidad para la generación de nuevas alternativas varietales que concurren en incrementar la producción nacional a menor costo de la semilla.

En relación a lo anterior, el programa de mejoramiento de sorgo del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), ha trabajado en la selección de

líneas endogámica progenitoras (A, B y R), de alto valor genético adecuadas para la hibridación e identificación de híbridos prometedores de alto potencial de rendimiento y de buenas características agronómicas.

Por esta razón la presente investigación se enfoca en determinar el rendimiento del grano y otras características de interés agronómico de nuevos híbridos de sorgo en diferentes localidades, con la finalidad de identificar los mejores para su uso en los sistemas productivos de los pequeños y medianos productores. También se determinarán las características edáficas para conocer su efecto sobre los nuevos híbridos.

## II. ANTECEDENTES

En 1948 Stephens y Holland realizaron cruzamientos recíprocos de Milo y Kafir buscando androesterilidad genético-citoplasmática. La primera generación de ambos cruzamientos fue fértil, pero se encontró androesterilidad en la segunda generación del cruzamiento Milo x Kafir y cuanto más se retrocruzaban por Kafir más androestériles se originaban. En el año 1952 se confirma que la androesterilidad genético-citoplasmática existe en sorgo. Los primeros híbridos realizados con este sistema se obtuvieron cruzando Day Milo x Combine Kafir 60 (Shaw & Goldenberg, 1988).

En 1985 se empezó un programa de mejoramiento genético de sorgo por hibridación en Nicaragua. Villavicencio (1989) realizó los experimentos en el campo experimental “Monte Rosa” y el campo experimental “San Cristóbal”, en la cual se probaron en el campo 26 líneas A – B y 16 líneas R introducidas de Texas, E.U, Brasil, e ICRISAT, como resultado, se obtuvo que las líneas provenientes de Brasil no mostraron adaptación por lo que no se usaron en la hibridación. Los híbridos formados con las líneas de ICRISAT tuvieron un buen rendimiento; sin embargo, presentaron variabilidad desfavorable en días a floración, altura de planta y excursión de panoja.

Valle y Toledo (2003) realizaron un experimento en la finca El Plantel del municipio de Zambrano, en la cual hicieron una evaluación agronómica de veinticuatro líneas de sorgo, el diseño experimental de bloques completamente al azar obteniendo un mayor rendimiento, cuando se aplicó el nivel  $112 \text{ kg.ha}^{-1}$  de Nitrógeno /ha al suelo, sobresaliendo la línea ICSVLM-93074 con  $5971.12 \text{ kg.ha}^{-1}$  de grano. No obstante 10 de las 24 líneas evaluadas, presentaron rendimientos entre  $1500$  y  $3000 \text{ kg.ha}^{-1}$  de grano/ha sin aplicación de urea.

Luna y Laguna (2004) realizaron el experimento en el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA), en la que evaluaron 30 genotipos de sorgo para grano y forraje, el diseño utilizado fue un látice rectangular modificado de  $15 \times 2$  con 3 repeticiones y los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza

(ANDEVA) y separación de media por Tukey con 95% de confiabilidad. Los resultados fueron que los genotipos H16 y testigo V30 se destacaron con valores de 303.21 cm y 12 hojas, respectivamente. Respecto a grados brix y senescencia foliar los genotipos L13 y L19 sobresalieron con los mayores valores, obteniendo éstos 15.10 % y 68.19 %, respectivamente. Los genotipos que se destacaron con el mayor rendimiento fresco de biomasa total fueron H15 y el testigo V29, mostrando valores de 71,200 y 70,867 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Finalmente, L18 se destacó con el mayor rendimiento de grano presentando un valor de 7,796 kg.ha<sup>-1</sup>.

En el INTA – CNIA para el ciclo de postrera 2019, se realizó una serie de cruzas, utilizando como madre la línea androesteril AES-1 y como padre 58 nuevos progenitores formados dentro del vivero e identificados como líneas uniformes (LU) en el ciclo de riego 2016-2017. Como resultado de las cruzas se obtuvieron 49 nuevos híbridos, pero se evaluaron 46, por la poca disponibilidad de semilla que se obtuvo en la F<sub>1</sub> para tres cruzas. Los 46 híbridos evaluados en postrera 2020, fue con el fin de identificar híbridos potenciales y progenitores machos capaces de restaurar la fertilidad del polen a través de la respuesta de sus progenies.

Los resultados encontrados sugieren que la mayoría de los híbridos se caracterizaron por su precocidad, siendo hasta 8 días más precoces con respecto al testigo, con altura de planta promedio de 157 cm, ideal para realizar la cosecha manual y mecanizada. Se seleccionaron 19 híbridos sobresalientes por sus características morfoagronómicas, heterosis y fertilidad de polen en la progenie.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

En Nicaragua, para la producción de sorgo se hace uso semillas de sorgos híbridos, variedades mejoradas y sorgos criollos, se puede estimar que el 55% del área sembrada en el país es de sorgos híbridos introducidos por casas comerciales, principalmente de endosperma rojo destinado al consumo animal y el 45% se siembra con variedades mejoradas y sorgo criollo (Gutiérrez, 2021).

En la actualidad se puede decir que la producción de sorgo en Nicaragua no es capaz de cumplir con la demanda, y el problema de aumento de producción mediante semillas híbridas es que, actualmente el precio de estas, en las casas comerciales ha incrementado hasta los U\$290 las 100 libras y esto puede ser debido al alza de precio de combustible y agroquímicos actual, lo cual hace que la introducción de sorgo al país sea menor en comparación a otros años (Gutiérrez, 2021).

El rendimiento de producción de sorgo híbrido no ha sido satisfactorio por diferentes factores, entre ellos destaca la adaptabilidad de clima y suelo, ya que la mayoría de las variedades no están ubicadas adecuadamente en la región en que se produce en relación con el potencial del clima y suelo (Gutiérrez, 2021).

El presente estudio contribuye a mejorar la producción de sorgo en el país, mediante la obtención de sorgos híbridos nacionales con alto rendimiento y adaptabilidad a características edafoclimáticas en zonas de mayor producción en el país y reducir el costo de semilla híbrida para ser más accesibles a los productores (Gutiérrez, 2021).

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General:**

- Evaluar el comportamiento productivo de 19 nuevos híbridos de sorgo para grano con potencial para la industria de concentrados para aves y ganadería bovina en Nicaragua.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las propiedades físico-químico del suelo, a través de análisis de suelo en Laboratorio.
- Obtener semilla de nuevos híbridos mediante cruzamiento manual utilizando la androesterilidad genética de una línea con 19 líneas restauradoras de fertilidad.
- Identificar los híbridos que presenten mayor potencial de rendimiento, estabilidad y características agronómicas adecuadas, con adaptación al clima y suelo de la región.

## **V. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Generalidades**

El género tiene origen en África tropical. Fue uno de los primeros cultivos domesticados por el hombre para su alimentación y la de sus animales (INTA, Argentina, 2010).

Su introducción en Estados Unidos posibilitó su difusión extensiva. Se conocen sorgos de diferentes tipos o razas, estas son: a. Bicolor; b. Guinea; c. Caudatum; d. Kafir y e. Durra, sobre la base de características de la panoja madura y espiguillas. Los primeros sorgos introducidos fueron de tipo Durra en Estados Unidos, luego Kafir y Milo, el Shallu desde la India y luego de África Feterita y Hegari.

Recién en el año 40 se difunden los sorgos aptos para cosecha con cortatrilla, gracias a la fitotecnia e incidieron en el aumento de área sembrada. Es una gramínea de la subfamilia Panicoideas, tribu Andropogóneas (INTA, Argentina, 2010).

#### **❖ Manejo del experimento**

La producción de plántulas se realiza con una siembra directa a espeque, a chorrillo y mecanizada. Al espeque se utilizan 13 a 18 libras por manzana, sembrando de 4 a 5 semillas por golpe y a una distancia entre surco a 50 centímetros y a 30 centímetros entre plantas, para una población de 83,980 a 116,587 plantas por manzana. Para siembra a chorrillo se utiliza de 20 a 25 libras de semilla por manzana, a chorrillo ralo y 16 semillas por metro lineal, para obtener una población aproximada de 160,000 plantas por manzana.

#### **❖ Fertilización edáfica del cultivo de sorgo**

La fertilización se aplica 3 veces en su ciclo de cultivo y se realiza en conjunto con el aporque, el cual se hace amontonando la tierra alrededor de la base de la planta y así promover el desarrollo de raíces fuertes. Al momento de la siembra se aplica

fertilizante completo (10-30-10 ó 12-30-10) a razón de dos quintales por manzana, a los 25 y 45 días dos quintales por manzana de urea (INTA, 2022).

### **5.1.1. Etapas fenológicas de crecimiento del cultivo de Sorgo**

El cultivo del sorgo presenta tres etapas fenológicas bien definidas, con una duración de aproximadamente 30 días cada una, dependiendo de la variedad que se utilice, así como de las condiciones agroclimáticas.

**Etapa 1:** Vegetativa, comprende desde la siembra hasta el inicio de los primordios florales. Inicia con la imbibición del agua por la semilla, pasando por la formación de la radícula, del coleóptilo, crecimiento de hojas y tallo, finalizando al inicio del primordio floral.

**Etapa 2:** Reproductiva, se inicia con la emergencia del primordio floral, continúa con iniciación de ramas primarias, secundarias; agrandamiento del ápice floral, glumas, espiguillas, formación de florcillas con sus estambres y pistilos, finalizando con la maduración de los órganos reproductivos.

**Etapa 3:** Polinización, fecundación del ovario, desarrollo y maduración del grano (Villega Castillo, 2014).

## **5.2. Importancia económica del cultivo de Sorgo**

El sorgo es el grano básico menos cultivado a nivel nacional en comparación al maíz, el frijol y el arroz, pero en los últimos años ha venido ganando importancia relativa respecto a éstos. El valor bruto de la producción del sorgo respecto al valor bruto de la producción de todos los granos básicos osciló entre 2% y 4% en el quinquenio 2001 – 2005 y 0.7% del Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA); en el 2014, alcanzó el 9% y el 2.8% del PIBA. Ello se debe al aumento de la industria avícola y alimentos balanceados (FECODESA, 2015).

En Nicaragua, el sorgo junto con el maíz, el frijol y el arroz constituye parte de la dieta básica de la población. Se cultivan tres especies de sorgo: sorgo rojo, también

llamado sorgo industrial; sorgo blanco y sorgo millón. El sorgo rojo es demandado por las plantas avícolas y de alimentos balanceados; su elasticidad varía debido a que lo puede sustituir el maíz amarillo. El sorgo blanco y el millón, aunque también pueden ser industrializados, tienen una relevancia especial en términos de seguridad alimentaria para la alimentación de las familias rurales y sus animales ya que es un buen sustituto del maíz blanco (FECODESA, 2015).

El área cosechada del sorgo se ha mantenido prácticamente estable a lo largo de 55 años, en un promedio de casi 73 mil manzanas por año; el aumento de su producción está basada en el aumento de sus rendimientos que se han incrementado desde casi 12 quintales por manzana en 1960 hasta 34 quintales por manzana en 2014 (FECODESA, 2015).

### **5.3. Condiciones edafoclimáticas del cultivo**

#### **5.3.1. Suelo**

Se desarrollan bien en los terrenos alcalinos ya que éste aumenta el contenido de sacarosa en los tallos y las hojas. En líneas generales, el cultivo de sorgo prefiere los suelos profundos, sin exceso de sales, con buen drenaje, sin capas endurecidas, fértiles y con un pH que oscile entre 6,2 y 7 (TRAXCO, 2011).

#### **5.3.2. Temperatura**

El sorgo es una especie de planta que presenta variedades de días cortos y variedades insensibles al fotoperiodo. La mayoría de las variedades requieren temperaturas superiores a 21°C, para un buen crecimiento, ya que es muy sensible a las bajas temperaturas. Aproximadamente el 90% del llenado del grano se debe a la fotosíntesis de las cuatro hojas superiores. La temperatura óptima para la floración oscila entre los 21°C y los 35°C, y la más deseable para una panoja grande con alto rendimiento es de 17°C a 22°C durante la noche y 26°C a 32°C durante el día, temperaturas superiores a los 35°C durante 6 a 9 días después de la antesis (floración) pueden reducir el peso final del grano de sorgo (INTA, 2009).

### **5.3.3. Humedad**

Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropicales y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy áridas. Su mayor capacidad para tolerar la sequía, alcalinidad y las sales, que la mayor parte de las plantas cultivadas, hace de los sorgos un grupo valioso en zonas de escasa humedad o de poca precipitación. Es propio el sorgo de cultivarse en las áreas donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz, como en aquellas que tengan una distribución de 400 a 600 mm de precipitación media anual (Gutierrez Trinidad , 2003).

## **5.4. Prácticas de manejo agronómico.**

### **5.4.1. Preparación del suelo para siembra**

#### **❖ Chapoda con tractor o machete**

Se realiza para destruir los rastrojos verdes y malezas existentes; debe efectuarse con suficiente anticipación a la fecha de siembra para que se puedan descomponer e incorporarse al suelo, mejorando sus características físicas y químicas.

#### **❖ Arada con tractor o bueyes**

Consiste en roturar el suelo, volteándolo e incorporando los residuos de los rastrojos y malezas eliminados por la chapoda o el herbicida. Ayuda a la eliminación de plagas de suelo ya que, al ser expuestas a la superficie, sufren los efectos del medio ambiente y los depredadores (pájaros). Cuando se ara hay que seguir los contornos del terreno o curvas a nivel de las terrazas, para evitar riesgos de erosión hídrica (INTA, 2009).

#### **❖ Gradeo**

El gradeo del suelo permite mejor contacto de la semilla con el suelo, favorece el desarrollo radicular de la planta, aumenta la aireación y la infiltración del agua (INTA, 2009).

### **5.4.2. Época de siembra**

La fecha de siembra es importante, ya que una siembra tardía podría tener problemas por falta de agua durante la floración, tiempo en el cual el sorgo requiere de mayor cantidad de agua. Las fechas de siembra recomendadas son las siguientes:

#### **❖ Siembras de primera (Mayo – Junio)**

Para las zonas secas de Las Segovia, Jinotega, Matagalpa, León, Chinandega, Carazo, Masaya, Granada y Rivas se recomienda sembrar el sorgo criollo conocido como el millón que es de largo ciclo vegetativo.

Para esta época también se recomienda la siembra de variedades forrajeras con las primeras lluvias, ya que la cosecha se realiza cuando el grano está en la etapa de leche masa (El morralito del INTA, 2009).

#### **❖ Siembra de postrera (10 de agosto al 7 de septiembre)**

Para las zonas secas del pacífico, la siembra de postrera es la más importante y segura. En esta siembra la maduración del grano y cosecha concuerdan con el inicio de la estación seca de noviembre y diciembre, esto disminuye los riesgos de pérdida por pudrición del grano (El morralito del INTA, 2009).

### **5.4.3. Sistema de siembra y sus ventajas y desventajas**

#### **❖ Siembra convencional**

La siembra convencional utiliza, principalmente la rastra de disco más rolo, este sistema permite generar un suelo desnudo, libre de cobertura, mullido, el cual absorbe calor del sol, teniendo entre 2 a 4°C más de temperatura de suelo en primavera, con respecto a un lote en siembra directa. Este tipo de tecnología se recomienda fundamentalmente para sorgos forrajeros destinados al consumo directo en verde, ya que permite entrar a pastorear temprano, acortando el tiempo de emergencia-aprovechamiento (El morralito del INTA, 2009).

## **Ventajas**

- ✓ Mayor temperatura del suelo.
- ✓ Mejor contacto semilla-suelo.
- ✓ Mayor disponibilidad inicial de nitrógeno.
- ✓ Simplifica el control de insectos.

## **Desventajas**

- ✓ Suelo expuesto a erosión y planchado.
- ✓ Mayor evaporación y pérdida de agua útil.
- ✓ Mayor exigencia de potencia.
- ✓ Mejores condiciones para malezas anuales.

### **❖ Siembra directa**

- ✓ La siembra directa mantiene el suelo bajo cobertura, priorizando la conservación del suelo en ambientes propensos a la erosión para el sostenimiento de la producción. Una de sus principales ventajas radica en la mayor eficiencia en el uso de agua. Para lograr una buena implantación bajo este sistema se deberían usar accesorios en el tren de siembra cuando los rastrojos sean abundantes (barrerastrojo), para liberar el surco de material para aumentar la temperatura del suelo y facilitar la emergencia del cultivo (Asuntos agrarios, INTA, 2011).

## **Ventajas**

- ✓ Tiende a mantener la materia orgánica del suelo.
- ✓ Tiende a prevenir la erosión por viento o agua.
- ✓ Mejora uso de agua.
- ✓ Tiende a mejorar la estructura del suelo.
- ✓ Menor uso de combustible/ha

## **Desventaja**

- ✓ Requiere planificación.
- ✓ Requiere fertilización a la siembra
- ✓ Requiere mayor uso de herbicidas e insecticidas al suelo.
- ✓ Requiere una mayor tecnología de siembra.
- ✓ Requiere una mayor capacitación del productor (Asuntos agrarios, INTA, 2011).

### **5.4.4. Manejo de malezas**

Es importante realizar el control de maleza desde las primeras etapas del cultivo, ya que el sorgo es un cultivo de crecimiento inicial lento (InfoAgro, 2016).

#### **❖ Control preventivo y cultural**

Consiste en tener en cuenta los siguientes epígrafes:

- Eliminación de malezas previo a la siembra del cultivo.
- Correcta elección de la fecha y densidad de siembra. Cuanto mayor sea la densidad de siembra, menos espacio disponible quedará para la incidencia de malas hierbas. Se recomienda también la rotación de cultivos o incluso la incorporación de una cobertura viva que disminuya los efectos derivados de la erosión, ayudando al mismo tiempo a la mejora de la estructura del suelo.
- Utilización de semilla certificada que asegure que no es portadora de semillas de malas hierbas y siembra en terrenos en los que no haya rastro de ellas.
- Limpieza de todas aquellas herramientas utilizadas para el manejo del cultivo con el objetivo de evitar la propagación de la maleza.
- Control de malezas antes de su antesis para evitar el incremento de semillas de las mismas.
- Evitar que ganado asiduo de zonas altamente infestadas con malas hierbas entren a pastar en zonas libres de ellas.

- Realización de escardas, deshierbes manuales y labranza cuando sea necesario (InfoAgro, 2016).

#### ❖ **Control mecánico.**

Consiste en eliminar malezas por efectos físico-mecánico, por medio de herramientas como azadón, implementos agrícolas como row plow y rastras, entre otros. En el cultivo de sorgo es muy común la utilización de sistemas convencionales de preparación de suelo (subsolado, row planeo, rastreada). Sin embargo, esta es una medida mecánica primaria de control de malezas (TOTALPEC, 2022).

#### ❖ **Control químico.**

Los herbicidas, se utilizan cuando las otras medidas de control son insuficientes para eliminar eficientemente las altas infestaciones de especies anuales o cuando se presentan especies de maleza perenne.

- **Herbicida pre - emergente.** Se aplican antes de la nacencia del sorgo. El herbicida de este tipo más conocido en la región es atrazina. Como pre-emergente se aplica al momento de la siembra.
- **Herbicida post-emergente.** Se utilizan cuando el cultivo ya está emergido y, para obtener un buen control de la maleza, se añade algún producto de los llamados surfactantes, éstos mejoran el contacto del herbicida con las plantas de maleza, así como el cubrimiento, la penetración, la translocación y la permanencia. Uno de los herbicidas post-emergentes más comunes es el 2,4-D amina (SAGARPA, 2016).

### **5.4.5. Plagas y enfermedades**

#### ❖ **Plagas**

El sorgo es perseguido por las plagas y las más dañinas son:

- ✓ Gallina ciega (*Phyllophaga spp*): Ataca las raíces, hasta causar la muerte de las plantas.

- ✓ Gusano alambre (*Agriotes spp*): Se alimenta de la semilla, raíces y base del tallo.
- ✓ El gusano cogollero (*Spodóptera frugiperda*): La larva se come el cogollo de la planta.
- ✓ Mosquita del sorgo (*Stenodiplosis sorghícola*): Ataca la panoja cuando está en floración.
- ✓ Gusano elotero (*Helicoverpa zea*): Se alimenta del grano en desarrollo.
- ✓ Pulgón amarillo (*Melanaphis sorgui*): El pulgón amarillo coloniza el cultivo cuando las plantas tienen entre dos y tres semanas de edad (El morralito del INTA, 2012).

#### ❖ **Enfermedades**

El sorgo, es atacado por diferentes enfermedades que afectan el rendimiento y calidad de grano, variando en severidad año con año. Las enfermedades más comunes son:

- ✓ Mancha gris (*Cercospora sorghi*): El síntoma inicial de la mancha gris son pequeñas manchas rojas sobre las hojas.
- ✓ Antracnosis (*Colletotrichum graminícola*): Los síntomas típicos son manchas pequeñas que varían de forma elíptica a circular.
- ✓ Mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*): Las lesiones características de la mancha zonada de la hoja son aproximadamente circulares (o semi-circulares si se originan cerca del borde de la hoja)
- ✓ Tizón de la hoja (*Exserohilum turcicum* Leo and Sug = *Helminthosporium turcicum* Pass: En plantas ya desarrolladas, los síntomas típicos son lesiones elípticas y largas de color café claro en el centro con márgenes oscuras.
- ✓ Podredumbre carbonosa (*Macrophomina phaseolina* Tassi-Goid): Los síntomas externos son acame y un pobre llenado de grano. El hongo invade el tallo a ras de la tierra.

- ✓ Tizón de la panoja (*Fusarium moniliforme Sheldon*): Esta enfermedad puede ser seria cuando en el ambiente se presentan altas precipitaciones y alta humedad relativa (INTA, 2009).

## **5.5. Androesterilidad en el mejoramiento genético en el sorgo**

### **5.5.1. Esterilidad e incompatibilidad.**

Es importante hacer distinción entre la esterilidad y la incompatibilidad. Cuando existe un fallo funcional de las anteras o el polen, se denomina esterilidad masculina o androesterilidad. En las plantas androestériles, las flores no producen anteras o polen viable, pero los estigmas funcionan normalmente. Aunque estas flores no pueden ser autopolinizadas, se pueden cruzar con otras fuentes de polen. Esto hace que la androesterilidad sea de utilidad para el fitomejorador. A diferencia, la incompatibilidad es una forma de infertilidad causada por la inhabilidad de las plantas con gametos funcionales, ya sean masculinos o femeninos, de producir semilla cuando sean autopolinizadas o cruzadas. Es un proceso bioquímico bajo un control genético simple. Se presenta en ambos gametos y puede ocurrir en cualquier momento entre la polinización y la fertilización. La androesterilidad, según la forma como esté controlada, puede ser: Genética, Citoplasmática y Genética-citoplasmática (Valencia, 2022).

### **5.5.2. Androesterilidad genética**

Este tipo de androesterilidad está controlada por un solo gen localizado en los cromosomas, generalmente es recesivo y de herencia simple, por lo tanto es necesario que se presente en forma homocigota para que exprese la androesterilidad, de lo contrario tendremos todos los individuos fértiles por el efecto de dominancia ya que siempre se tendrán individuos heterocigotes. En este caso es importante identificar a los individuos androesteriles, para lo cual se hace uso de genes marcadores y poder eliminar de esta manera los machos fértiles de la línea y evitar así una posible fecundación (Mendez, 2005).

### **5.5.3. Androesterilidad citoplasmática**

Esta clase de esterilidad masculina está controlada por factores citoplasmáticos. Las plantas androestériles (*ms ms*) poseen citoplasma estéril (*S*) y genes homocigóticos recesivos para la fertilidad en el núcleo (*ms ms*) *S*. Estas plantas producen semilla y mantienen su esterilidad masculina cuando se polinizan con plantas de citoplasma fértil (*F*) y núcleo con genes recesivos para la fertilidad (*ms ms*) *F*. Las primeras se conocen como líneas “*A*”, las segundas como líneas “*B*” o *mantenedoras* de la androesterilidad (Valencia, 2022).

### **5.5.4. Androesterilidad genética – citoplasmática**

Este tipo de androesterilidad depende de la interacción entre genes y factores citoplasmáticos. Difiere de la androesterilidad citoplasmática en que la descendencia de las plantas androestériles no es necesariamente androestéril, sino que puede ser androfértil, en dependencia del genotipo de la planta que actúa como polinizador (Arias, 1997).

### **5.5.5. Pasos para una cruce utilizando la androesterilidad genética**

- Identificar si la hembra ya inició a florecer para así cortar lo que estaba florecido, esto por precaución a contaminante por polen extraño o ajeno al padre que se quiere.
- Tapar la panoja de la hembra con papel Kraft y poner la fecha del día que se identificó.
- Dejar un lapso de 3 a 4 días para completar el 100% de la panoja florecida o receptiva lo que quiere decir que ya es momento de ser polinizada por el padre.
- Cosechar el polen del progenitor masculino y depende de cuánto polen tiene la panoja así mismo se cosecha, si tiene bastante polen basta con la cosecha de 2 a 3 panoja ya que una panoja produce hasta catorce millones de granos de polen viable lo cual es factible para hacer una buena polinización.

- Dirigirse al ensayo donde están las hembras ya listas para ser polinizadas y se procede a depositar el polen sacudiendo la bolsa de papel Kraft en donde está el polen del progenitor, lo cual el objetivo es que el polen quede circulando y que entre en la flor femenina para su posterior geminación y fertilización,
- Y por último marcar en el papel Kraft la fecha que se hizo la cruce y se señala con cuál de los progenitores masculino fue polinizada dicha hembra, y al transcurrir 8 o 9 días ya la panoja está graneando ya con los granos que será la semilla  $F_1$  y es ahí donde se retira la bolsa de papel Kraft.

### **5.6. Bloques completamente alzar**

El diseño de bloque completo al azar consiste en asignar los tratamientos en forma completamente al azar a un grupo de parcelas, llamados bloques o repeticiones, con la condición que dicha bloque o conjunto de unidades experimentales sea lo más homogéneo posible (Huerta et al., 2019).

El objetivo de realizar un agrupamiento de unidades experimentales, es escoger aquellas más parecidas de manera de reducir hasta donde sea posible la variabilidad dentro de cada bloque y así evitar que los efectos de tratamiento se vean enmascarados o confundidos por la heterogeneidad de las unidades experimentales a las cuales se asignan los tratamientos de interés (Huerta et al., 2019).

Generalmente, el número de bloques es igual al número de tratamientos. El adjetivo "completos" se refiere a que todos los tratamientos aparecen representados en cada uno de los bloques del experimento (Huerta et al., 2019).

### **5.7. Análisis combinado**

En estadística, el análisis de variancia combinado (también conocida como combinada, compuesta, o varianza general) es un método para estimar la varianza de varias poblaciones diferentes cuando la media de cada población puede ser

diferente, pero se puede suponer que la varianza de cada población es la misma (Huerta et al., 2019).

Bajo el supuesto de varianzas poblacionales iguales, la varianza muestral agrupada proporciona una estimación de la varianza con precisión más alta que las varianzas muestrales individuales (Huerta et al., 2019).

## **VI. HIPÓTESIS**

### **6.1. Hipótesis Investigación (Hi)**

Hi: Los 19 nuevos híbridos de sorgo presentan un mayor rendimiento de grano y mejores características agronómicas que el híbrido sorgo Monarca.

### **6.2. Hipótesis Nula (Ho)**

Ho: Ninguno de los 19 nuevos híbridos de sorgo presentan un mayor rendimiento de grano y mejores características agronómicas que el híbrido sorgo Monarca.

### **6.3. Hipótesis Alternativa (Ha)**

Ha: Al menos 1 de los 19 nuevos híbridos de sorgo presenta un mayor rendimiento de grano y mejores características agronómicas que el híbrido sorgo Monarca.

## **VII. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **7.1. Tipo de investigación**

#### **7.1.1. Según el enfoque de la investigación**

El trabajo tiene un enfoque mixto, ya que en este proceso se recolectará, analizará y vinculará datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para la evaluación de rendimiento de 19 nuevos híbridos en las localidades de Managua y Chinandega, dichos híbridos se obtuvieron mediante el cruzamiento de una línea androesteril y 19 nuevos progenitores formado en el vivero del Centro Nacional de Investigación agropecuaria INTA - CNIA y evaluados en postreras en los años de 2020 y 2021.

#### **7.1.2. Según el alcance de los resultados**

La investigación es de carácter experimental ya que se basa en registros y análisis de diferentes variables cuantitativas y cualitativas de las plantas y los suelos a estudios, esto para probar o refutar las hipótesis.

#### **7.1.3. Según el tiempo de ocurrencia**

La investigación es Prospectiva, para comprobar el propósito de la investigación, en el cual los análisis se ejecutan durante todo el ciclo fenológico del cultivo de sorgo, todo el análisis abarca desde la siembra hasta la cosecha.

#### **7.1.4. Según el periodo que se realiza el estudio**

Se efectúa en un momento determinado del tiempo, la investigación es de corte transversal, ya que se realiza en el período comprendido del mes de agosto hasta diciembre del 2021 para seleccionar los híbridos con mejor rendimiento y del mes de agosto hasta diciembre del 2022 para la evaluación de los híbridos obtenidos en el periodo pasado, desde la siembra hasta la cosecha.

## 7.2. Ubicación y área de estudio

### 7.2.1. Descripción de las zonas de estudios

Como la investigación tiene como carácter realizar el estudio en diferentes localidades, las evaluaciones se realizarán en:

En el CDT INTA – CNIA, en el municipio de Managua, departamento de Managua. Geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas 12°08'14" de latitud norte y 86°08'50" de longitud oeste, su altitud es de 61 msnm. Las temperaturas en la localidad de managua las temperaturas oscilan de 29°C – 32°C en los meses de agosto a diciembre y precipitaciones alrededor de 906 mm.

Imagen 1: Microlocalización de la parcela de estudio en la localidad de Managua INTA - CNIA



**Fuente: Elaboración Propia**

En el CDT Fidel Castro, en el municipio de Posoltega, departamento de Chinandega. Geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas

12°34'04" de latitud norte y 86°58'55" de longitud oeste, su altitud es de 77 msnm. Las temperaturas en la localidad de posoltega las temperaturas oscilan de 29°C – 36°C en los meses de agosto a diciembre y precipitaciones alrededor de 300 mm.

Imagen 2: Microlocalización de la parcela de estudio en la localidad de Posoltega INTA - Posoltega Fidel Castro



**Fuente: Elaboración Propia**

### **7.3. Manejo agronómico del experimento**

Para el establecimiento del cultivo se realizaron las siguientes actividades de manejo agronómico:

- Se preparó el suelo del área donde se establecieron los bloques de los 19 híbridos de sorgo, el cual se utilizó la labranza convencional, donde se chapodo, aro, gradeo y se surqueo para la siembra.
- Se hizo una siembra a chorrillo ralo, junto con la siembra se aplicó fertilizante completo (10-30-10).

- A los 15 días de la emergencia de la planta se hizo un raleo en los tratamientos que tenían demasiadas plantas dejando aproximadamente 12 plantas por metro lineal.
- A los 25 días de la emergencia se aplicó urea y se aporcaron las plantas como también el ancho de surco esto para el control de malezas.
- Se hizo un control de plagas en todo el periodo de la evaluación principalmente con las plagas pulgón amarillo y el gusano cogollero.
- En todo el ciclo se hizo manejo de maleza con químicos y chapodas manual.

Dicho manejo agronómico se hizo para garantizar buenos resultados de los nuevos híbridos.

#### **7.4. Metodología para la determinación de las propiedades físico – químicas del suelo.**

##### **✓ Muestreo de suelo**

Se realizó el muestreo de suelo en el área de estudio por cada localidad, en la cual se hizo una muestra compuesta de todo el terreno, la cual se conformó por 10 sub-muestras extraídas haciendo un corte en “V” en la superficie del suelo con ayuda de una pala, tomando las sub-muestras a una profundidad de 30-40 cm siguiendo un patrón de recorrido en zigzag para tratar de cubrir toda la superficie del terreno.

Una vez obtenidas las sub-muestras, se depositaron en un recipiente, donde se mezcló para homogenizar todas las sub-muestras y tener una muestra representativa de toda el área; después de homogenizar.

Se tomó aproximadamente 1 kg y se depositó en una bolsa plástica con la ficha de identificación de muestra y así fue enviada al laboratorio y se realizaron los análisis necesarios para el estudio, así mismo se realizó la extracción de dos muestras inalteradas de la superficie del terreno a través de un cilindro de volumen conocido para su respectivo análisis.

### ✓ **Análisis de Laboratorio**

La realización del análisis físico del suelo se llevó a cabo en el laboratorio de Edafología de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería, en donde se determinaron las siguientes propiedades:

#### ✓ **Análisis físico**

- Capacidad de campo (C/c)
- Punto de marchitez permanente (PMP)
- Densidad aparente (Da)
- Densidad real (Dr)
- Porosidad total (Pt)
- Textura

La realización del análisis químico del suelo se llevó a cabo en el laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria, en donde se determinaron las siguientes propiedades:

#### ✓ **Análisis Químico**

- Potencial Hidrógeno (pH)
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Calcio (Ca)
- Fósforo disponible (P)
- Magnesio (Mg)
- Nitrógeno (N)
- Potasio (K)
- Materia Orgánica (MO)
- Acidez Intercambiable

La determinación de estas propiedades físico – químicas del suelo en la unidad productiva se realizaron con la finalidad de conocer si este cuenta con las características que demanda el cultivo de Sorgo para su debido establecimiento en las diferentes localidades.

#### **7.5. Metodología para el cruzamiento manual para la formación de nuevos híbridos utilizando la androesterilidad genética de una línea con 19 líneas restauradoras de fertilidad**

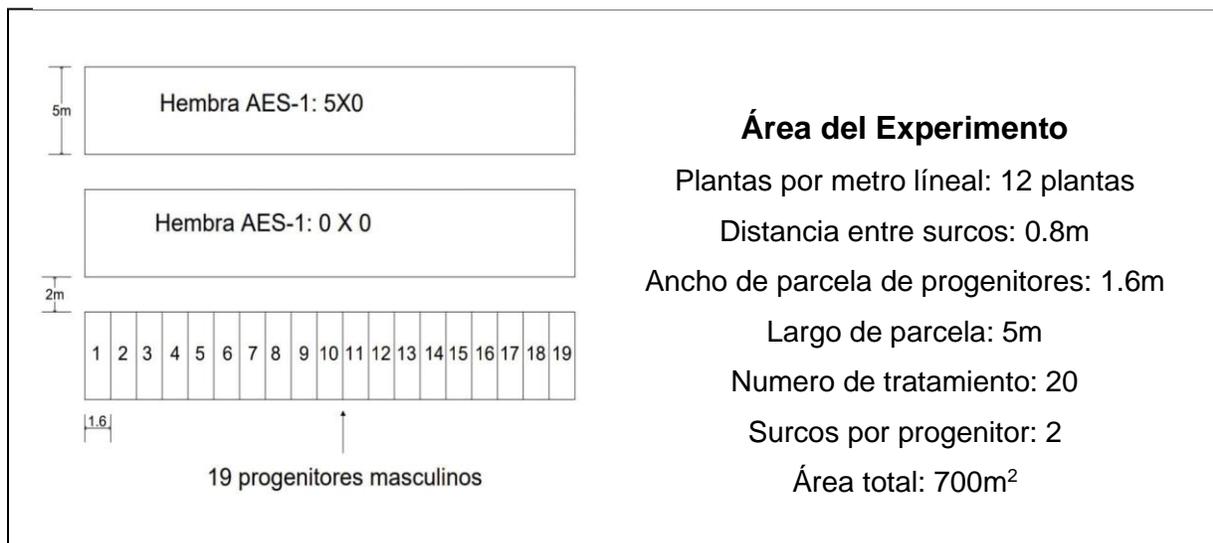
La metodología para la formación de los nuevos híbridos, consistió en realizar una serie de cruzas, en la fecha del 20 al 25 de septiembre del 2021, utilizando como madre la línea androestéril AES-1 y como padre 19 nuevas líneas “R” formadas dentro del programa de mejoramiento del INTA (Cuadro 1).

Se establecieron tres bloques, dos de hembras con diferentes fechas de siembra de 5 días; y un bloque con los 19 machos. Las parcelas tuvieron surcos de 5 metros de largo, espaciados a 0.80 m entre surco.

El bloque de los progenitores masculinos tuvo dos surcos por cada progenitor. Al respecto cada uno de los machos se cruzó de forma manual con las AES-1, de tal modo que se formaron 19 híbridos.

Se realizó entre 5 a 7 cruzas con cada progenitor para garantizar semilla F<sub>1</sub> para el siguiente plan de evaluación.

**Figura 1.** Diseño de campo del experimento de formación de nuevos híbridos.



**Fuente:** Elaboración Propia

### ✓ Tratamiento

El material genético que se utilizó consiste en 19 nuevas líneas restauradoras desarrolladas en el programa de mejoramiento del INTA-CNIA y padres de nuevos híbridos graníferos de grano rojo (Cuadro 1); y una línea androesteril AES-1 proveniente del CENTA El Salvador y madre de nuevos híbridos.

**Tabla 1.** Nuevos progenitores masculinos restauradores, padres de híbridos promisorios graníferos. CNIA, Postrera, 2021.

N°	Nombre	Genealogía
1	LU-002	(R06282 x R06261)-47-3-1LU
2	LU-007	(R06282 x R06261)-32-3-3LU
3	LU-010	(R06282 x R06261)-28-2-4LU
4	LU-013	(R06282 x R06261)-28-7-1LU
5	LU-016	(R06282 x R06261)-54-4-3LU
6	LU-018	(R06282 x R06261)-56-4-3LU
7	LU-020	(R06282 x R06261)-53-1-1LU
8	LU-025	(INTA/CNIA x R06261)-15-1-2LU
9	LU-026	(INTA/CNIA x R06261)-13-2-1LU

---

<b>10</b>	LU-028	(INTA/CNIA x R06261)-8-5-2LU
<b>11</b>	LU-030	(INTA/CNIA x R06261)-6-2-3LU
<b>12</b>	LU-041	(RCV x R06261)-27-4-2LU
<b>13</b>	LU-042	[BRON-Rooney 12-1-2 x (RCVxB03291)S-5-1bmr]-36-3-2LU
<b>14</b>	LU-043	[BRON-Rooney 12-1-2 x (RCVxB03291)S-5-1bmr]-36-3-4LU
<b>15</b>	LU-045	[BRON-Rooney 12-1-2 x (RCVxB03291)S-5-1bmr]-19-1-3LU
<b>16</b>	LU-047	[BRON-Rooney 12-1-2 x (RCVxB03291)S-5-1bmr]-22-3-6LU
<b>17</b>	LU-048	[BRON-Rooney 12-1-2 x (RCVxB03291)S-5-1bmr]-22-3-4LU
<b>18</b>	LU-055	(INTA/CNIA x R06261)-16-208LU-3LU
<b>19</b>	LU-058	(INTA/CNIA x R06261)-16-LU-1LU

---

Fuente: INTA – CNIA

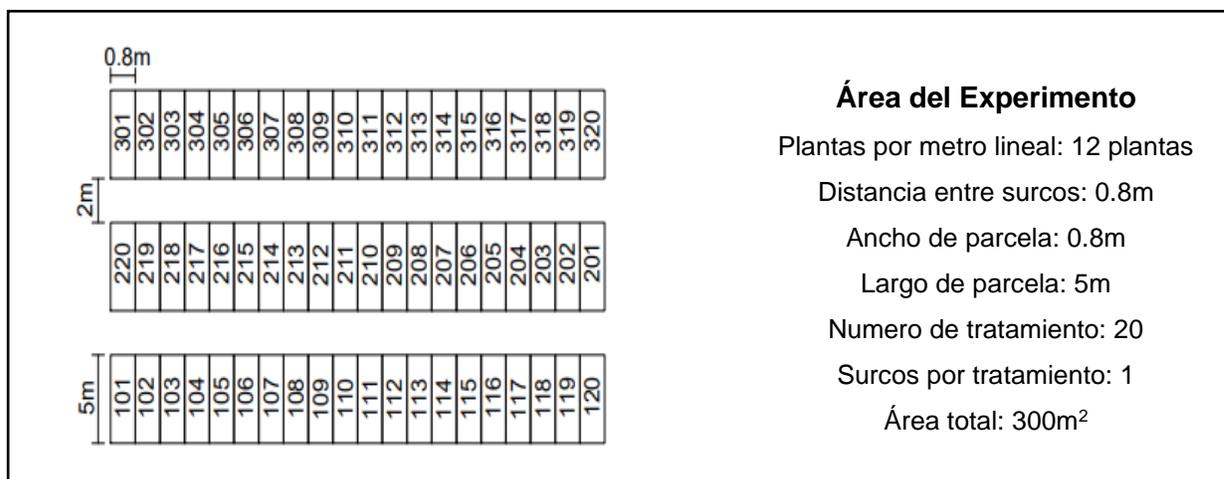
**7.6. Metodología para la identificación de los híbridos que presenten mayor potencial de rendimiento y mejores características agronómicas.**

En el diseño experimental se hizo un Bloque Completo al Azar (BCA) con tres repeticiones y 20 tratamientos, incluyendo el testigo, la fecha de siembra se realizó el 22 de agosto y la recolección de datos se realizaron entre el 5 al 15 de septiembre y se cosecho el 28 de diciembre del 2022.

Cada tratamiento fue conformado por 1 surcos por variedad de 5m de longitud. Las distancias de siembra entre surco fueron de 0.80m.

La siembra se hizo a chorrillo depositando 4 gramos por surco y se raleo a los 15 días después de la siembra, se dejó 12 plantas por metro lineal para tener un total de 60 plantas por tratamiento.

**Figura 2.** Diseño de campo del experimento y aleatorización del comportamiento agronómico de 19 nuevos híbridos de sorgo, en 2 localidades del país.



**Fuente:** Elaboración Propia

Las entradas de cada tratamiento en sus respectivas repeticiones se representan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Nuevos híbridos de sorgo granifero evaluado en 2 localidades. Nicaragua, Postrera 2022.

No.	Híbrido	REPITICIONES		
		I	II	III
1	AxLU-002	101	206	316
2	AxLU-007	102	215	309
3	AxLU-010	103	201	319
4	AxLU-013	104	217	310
5	AxLU-016	105	208	307
6	AxLU-018	106	203	305
7	AxLU-020	107	209	315
8	AxLU-025	108	218	313
9	AxLU-026	109	202	308
10	AxLU-028	110	212	303

11	AxLU-030	111	204	301
12	AxLU-041	112	216	317
13	AxLU-042	113	205	312
14	AxLU-043	114	210	302
15	AxLU-045	115	219	314
16	AxLU-047	116	207	311
17	AxLU-048	117	211	306
18	AxLU-055	118	213	320
19	AxLU-058	119	220	304
20	Monarca (T)	120	214	318

Fuente: Elaboración Propia

#### ✓ **Tratamientos**

Los tratamientos que se evaluaron son 19 híbridos nuevos obtenidos mediante el cruzamiento manual de una línea androesteril y 19 nuevos progenitores formado en el vivero del INTA – CNIA (ver Figura 1), se utilizó como testigo el híbrido MONARCA formado en el INTA.

#### ✓ **VARIABLES A MEDIR**

Las variables que se midieron durante el ciclo productivo de los nuevos híbridos fueron las propuestas por el Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las zonas tropicales semiáridas (ICRISAT, 1984). Las variables que se midieron por ICRISAT son:

- **Días a flor (DF):** Se midió cuando el 50% de las plantas de la parcela útil estén liberando polen en un 50% de la panoja
- **Altura de planta (AP):** Se midió en cm desde la base del tallo hasta el extremo superior de la panoja, tomando una planta al azar de la parcela útil
- **Longitud de panoja (LP):** Se midió en cm desde la inserción de la primera ramilla de la panoja hasta su ápice, tomando una planta al azar de la parcela útil

- **Excursión de panoja (EP):** Se midió en cm a partir de la papada de la hoja bandera hasta el primer nudo de las ramas del raquis de la panoja, tomando una planta al azar de la parcela útil
- **Incidencia de enfermedades foliares (EnFo):** se midió en la parcela útil, utilizando la escala (1-5) y es la siguiente:
  - ✓ Manchas inconspicuas presentes en algunas plantas ocasionales
  - ✓ La enfermedad está presente en menos del 50% de las plantas. La severidad es baja y no causa daño económico
  - ✓ La enfermedad es severa, el 100% de las plantas presentan síntomas, se estima que el área foliar está destruida hasta en 25 %. Aparentemente causa daño económico
  - ✓ La enfermedad es severa, el 100% de las plantas presentan síntomas, el área foliar está destruida en más del 25%. Causa gran daño económico
  - ✓ La planta o todas las hojas muertas debido a la enfermedad.
- **Acame (Acam):** se medió en la parcela útil, utilizando la escala (1-5) que se describe a continuación:
  - ✓ 2% o menos de plantas acamadas
  - ✓ Entre 3 y 10% de plantas acamadas
  - ✓ Entre 11 y 30% de plantas acamadas
  - ✓ Entre 31 y 70% de plantas acamadas
  - ✓ Entre 71 y 100% de plantas acamada
- **Aspecto de planta (AsP):** se medió en la parcela útil, utilizando la escala (1-5) que se describe a continuación:
  - ✓ Todas las plantas presentan el idiotipo del productor
  - ✓ Entre 2 y 10 % de plantas no presentan el idiotipo del productor

- ✓ Entre 11 y 30 % de plantas no presentan el idiotipo del productor
  - ✓ Entre 31 y 70 % de plantas no presentan el idiotipo del productor
  - ✓ Entre 71 y 100 % de plantas no presentan el idiotipo del productor
- **Stay green (SG):** se midió en la parcela útil, utilizando la escala (1-5) que se describe a continuación:
    - ✓ Ninguna hoja muerta
    - ✓ 1 a 25 % de hojas muertas
    - ✓ 26 a 50 % de hojas muertas
    - ✓ 51 a 75 % de hojas muertas
    - ✓ más del 75 % de hojas muertas
  - **Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>):** Se cosecho y peso la parcela útil y se ajustará al 13 % de humedad. La fórmula que utilizo para calcular el rendimiento es la propuesta por Compton (1990):

$$RG(Kh. ha^{-1}) = (Peca/AU) * 1000 * \%DP (100 - \%H)/87$$

**Donde:**

$RG(Kh. ha^{-1})$  = Rendimiento de grano

$Peca$  = Peso de campo de la parcela útil (m<sup>2</sup>)

$AU$  = Área de la parcela útil (m<sup>2</sup>)

$\%DP$  = Porcentaje de desgrane de la panoja (0.80)

$(100 - \%H)/87$  = Humedad de los granos ajustado al 13% de humedad.

- ✓ **Procesamiento y análisis de datos (estadísticos)**

Se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) individual y combinado a las variables en estudio, utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 8.2. Para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey al 5% ( $p \leq 0.05$ ).

## VIII. ANÁLISI Y DISCUCIÓN DE RESULTADOS

### 8.1. Determinación de las propiedades físico – químicas del suelo

Los resultados físicos de las muestras de suelos obtenidos durante el experimento para las localidades se presentan en la tabla 3, dichos resultados se pueden interpretar que son satisfactorio para la finalidad del ensayo.

**Tabla 3.** Resultados de análisis físico de suelo. Nicaragua, Postrera 2022.

Parámetros	Resultados		
	Managua	Posoltega	Unidades
Densidad Aparente (Da)	1.0	1.22	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Real (Dr)	2.09	2.44	gr/cm <sup>3</sup>
Porosidad Total (Pt)	53	50	%
Textura	Franco Arenoso	Franco Arenoso	-
Capacidad de Campo (Cc)	27	29	%

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la densidad aparente demuestran que son suelos con bajo deterioro físico para ambas localidades, ya que dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros con una densidad baja de 1.0 gr/cm<sup>3</sup> en Managua y 1.22 gr/cm<sup>3</sup> en Posoltega y con una porosidad total media de 53 y 50% respectivamente, los cuales son indicadores perfectos para el desarrollo radicular del cultivo, cabe destacar que el cultivo del sorgo requiere suelos con buen drenaje (FAO, 1994).

Con respecto a la densidad real, los resultados arrojan un valor de 2.09 gr/cm<sup>3</sup> en la localidad de Mangua y 2.44 gr/cm<sup>3</sup> en Posoltega, por lo cual son suelos cuentan con mucha materia orgánica disponible y poca presencia de acumulación de cantidades de hierro o aluminio; sin embargo, no tiende a ser una complicación en el desarrollo del cultivo.

Los resultados de la prueba de textura, determinando su porcentaje de arena, limo y arcilla dan como resultado para ambas localidades un suelo con textura franco arenosa. Los suelos con textura franco arenosa está dentro del rango de suelos aptos para el desarrollo del cultivo del sorgo (MAG, 2011).

El resultado de capacidad de campo en la localidad de Managua es de 27% y 29 % para Posoltega. La capacidad de campo para ambas localidades sugiere, que son suelos con una retención de agua media, este resultado es proporcional al tipo de textura y porosidad que los suelos poseen. No afecta en el desarrollo de la planta, ya que el sorgo no exige mucha agua por su tolerancia a la sequía (MAG, 2011).

#### ✓ **Análisis químico**

Los parámetros químicos analizados son los que se consideran tomar en cuenta a la hora de establecer el cultivo y ver la disponibilidad y limitante de nutriente en el suelo. Los resultados obtenidos para las 2 localidades se presentan en la tabla 4.

**Tabla 4.** Resultado de análisis químico del suelo. Nicaragua, Postrera 2022.

Parámetros	Resultados		
	Managua	Posoltega	Unidades
<b>pH</b>	7.68	6.47	-
<b>Materia Orgánica</b>	2.85	2.4	%
<b>Nitrógeno</b>	0.23	0.09	%
<b>Fósforo disponible</b>	76.74	11.19	ppm
<b>Conductividad eléctrica</b>	100.8	39.3	μS/cm
<b>Potasio (k)</b>	4.13	1.32	mEq/100g suelo
<b>Calcio (Ca)</b>	12.65	4.49	mEq/100g suelo
<b>Magnesio (Mg)</b>	7.01	1.1	mEq/100g suelo

Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros más precisos para determinar la disponibilidad de nutriente que necesita la planta son el pH y la conductividad eléctrica, dando como resultado en Managua de 7.68 clasificándolo como un suelo medianamente básico y para Posoltega de 6.47 y se considera como un suelo con pH neutro. Con respecto a la conductividad eléctrica se presentan resultados de 100.8 y 39.3 μS/cm Para Managua y Posoltega respectivamente, clasificándolo como muy baja para ambas localidades considerándose suelos no salinos. Estos resultados indican que los suelos de ambas localidades son adecuados para la formación del cultivo, ya que se desarrollan en suelos modernamente ácido hasta moderadamente alcalino o básico, en los rangos de 6.2 – 8 (BOTANICAL, 2021).

La materia orgánica es un indicador para una fertilización azufrada, ya que este nutriente puede llegar a ser un limitante en la producción de sorgo granífero, generalmente esto sucede cuando el porcentaje de materia orgánica es menor al 2.3% (Gambaudo, 2013), y con respecto a los resultados obtenidos para ambas localidades estos fueron de 2.85% para la localidad de Managua y 2.4% para Posoltega (Tabla 4), indicando que es un suelo con alto contenido de materia orgánica, sin embargo puede generar un impacto con respecto a los resultados de producción de semilla en la localidad de Posoltega ya que roza con el límite del 2.3% en materia orgánica y necesitar una fertilización azufrada.

Los resultados del contenido de nitrógeno para las localidades son muy bajas, las cuales son de 0.23% para Managua y 0.09% para Posoltega y tomando en consideración que el contenido de nitrógeno en los suelos varía en un amplio espectro, pero valores normales para la capa arable son del 0,2 al 0,7% (García & Dorronsoro, 2015). Por los resultados obtenidos, hay una deficiencia de nitrógeno en el suelo para satisfacer al cultivo en ambas localidades, dado que este cultivo es altamente exigente de nitrógeno para su desarrollo especialmente a 20-30 días después de la emergencia, con un requerimiento de 125-250kg/ha de nitrógeno (Gambaudo, 2013), necesario para el rápido crecimiento y desarrollo suficiente de área foliar para interceptar la mayor cantidad de radiación.

El fósforo es el otro elemento importante que determina el desarrollo radicular inicial y además es necesario para el almacenamiento y transferencia de energía en la planta, así como para adelantar la madurez y reducción de la humedad del grano a cosecha. Los niveles de fósforo necesarios en la implantación para un normal crecimiento y producción los niveles críticos se encuentran entre 15 - 18 ppm (Raggio, 2022), y los resultados encontrados en el presente estudio de este parámetro son de 76.74 ppm para Managua y 11.19 ppm para Posoltega, lo cual indica que hay una ligera deficiencia en la segunda localidad de este nutriente que se complementa con la fertilización; sin embargo, se debe considerar el nivel de pH de ambas localidades, debido a que en suelos con un nivel ácido, este nutriente

suele estar más disponible que en suelo más alcalino, como es el caso de la localidad de Managua.

El potasio ayuda a la planta del sorgo a manejar el estrés ocasionado por la sequía y altas temperaturas, como resultado en este estudio, la localidad de Managua presenta una mayor cantidad de potasio disponible equivalente a 4.13 mEq/100g suelo ó 3230 kg/ha y para Posoltega es de 1.32 mEq/100g suelo ó 1260 kg/ha (Tabla 4), ambos resultados están por encima de la cantidad requerida del nutriente para un óptimo desarrollo que sería un aproximado de 20 – 50 kg/ha (INFOAGRO, 2020).

El calcio juega un papel fundamental dentro del desarrollo radicular y en el recorrido del desarrollo de la planta como tal. El contenido de calcio en Managua y Posoltega fue de 12.65 y 4.49 mEq/100g suelo respectivamente o 5070 kg/ha y 2195 kg/ha, por lo cual, este factor no es limitante para el desarrollo de su función en el cultivo, debido a su requerimiento que va de 23 – 45 kg/ha (Gambaudo, 2013).

Con respecto al magnesio disponible, los resultados para la localidad de Managua con 7.01 mEq/100g suelo, son superiores a los de Posoltega que obtuvo 1.1 mEq/100g suelo o su equivalente a 1704 kg/ha y 326 kg/ha, lo requerido para el cultivo del sorgo para su desarrollo que es de 20 – 43 kg/ha (Gambaudo, 2013), lo que es adecuado para el desarrollo del cultivo.

## **8.2. Cruzamiento manual para la formación de nuevos híbridos utilizando la androesterilidad genética de una línea con 19 líneas restauradoras de fertilidad del polen**

Se realizó el cruzamiento manual de cada macho entre 4 – 7 veces con la línea hembra. Como resultado de las cruzas realizadas durante el ciclo de postrera 2021 se obtuvieron 19 híbridos (F<sub>1</sub>) y las cantidades de semilla obtenida por cada F<sub>1</sub>, se muestran en el Tabla 5.

**Tabla 5.** Híbridos formados y cantidad de semilla. INTA-CNIA, Postrera 2021.

<b>No.</b>	<b>Híbrido</b>	<b>Semilla (gramos)</b>
1	AES-1 x LU-002	500
2	AES-1 x LU-007	400
3	AES-1 x LU-010	400
4	AES-1 x LU-013	500
5	AES-1 x LU-016	500
6	AES-1 x LU-018	450
7	AES-1 x LU-020	500
8	AES-1 x LU-025	500
9	AES-1 x LU-026	300
10	AES-1 x LU-028	300
11	AES-1 x LU-030	300
12	AES-1 x LU-041	300
13	AES-1 x LU-042	200
14	AES-1 x LU-043	300
15	AES-1 x LU-045	300
16	AES-1 x LU-047	400
17	AES-1 x LU-048	400
18	AES-1 x LU-055	600
19	AES-1 x LU-058	600

**Fuente:** Elaboración Propia

Se obtuvo la cantidad de semilla necesaria para los 19 híbridos promisorios que, en posteriores pruebas en experimentos, permitirán identificar mediante evaluación híbridos prometedores para su utilización a nivel comercial.

**Tabla 6.** Características agronómicas de las 19 líneas restauradoras para padre de nuevos híbridos promisorios graníferos.

<b>Línea R, Progenitores masculinos</b>						
<b>No. Entrada</b>	<b>Líneas "R"</b>	<b>DF</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>EP (cm)</b>	<b>LP (cm)</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1</b>	LU-002	68	150	10	28	
<b>2</b>	LU-007	72	149	4	29	
<b>3</b>	LU-010	66	135	8	27	
<b>4</b>	LU-013	70	138	6	28	
<b>5</b>	LU-016	68	150	16	25	<b>Buen polinizador</b>
<b>6</b>	LU-018	67	135	12	27	
<b>7</b>	LU-020	62	125	12	29	<b>Excelente, buen polinizador</b>
<b>8</b>	LU-025	66	145	14	22	<b>Excelente, abundante polen</b>
<b>9</b>	LU-026	70	125	9	29	<b>Excelente, buen polinizador, tardío</b>
<b>10</b>	LU-028	70	120	5	22	
<b>11</b>	LU-030	68	160	19	26	<b>abundante polen</b>
<b>12</b>	LU-041	67	175	17	27	
<b>13</b>	LU-042	73	135	6	30	
<b>14</b>	LU-043	72	140	5	31	
<b>15</b>	LU-045	69	122	0	29	
<b>16</b>	LU-047	69	118	16	23	
<b>17</b>	LU-048	70	132	10	28	
<b>18</b>	LU-055	65	136	19	27	<b>Excelente, abundante polen, precoz</b>
<b>19</b>	<b>LU-058</b>	<b>63</b>	<b>137</b>	<b>10</b>	<b>29</b>	<b>Excelente, abundante polen, precoz</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

De los 19 progenitores machos sobresalieron los siguientes: LU-020, LU-055 y LU-058, por presentar precocidad, abundante polen, una altura aceptable, buena ejerción y una longitud de panoja ideal.

Estos datos se tomaron cuando se establecieron los ensayos para realizar las cruzas, sin embargo, las 19 líneas progenitoras masculinas fueron seleccionadas por una evaluación de 49 híbridos en la postrera del 2020, cuyo objetivo era identificar híbridos potenciales y progenitores machos capaces de restaurar la fertilidad del polen a través de la respuesta de sus progenies.

Por lo tanto, todos los resultados se pueden considerar satisfactorios para el desarrollo del objetivo de obtener semillas para híbridos y su explotación a nivel comercial.

### 8.3. Identificación de los híbridos que presenten mayor potencial de rendimiento y mejores características agronómicas.

Los resultados de las características agronómicas y de rendimiento de cada tratamiento evaluado para las 2 localidades se presentan en Anexos 1 – 6, de los cuales se realizó un análisis de varianza individual y combinado.

#### 8.3.1. Análisis individual y combinado del rendimiento de grano para las dos localidades.

Dado los resultados del análisis de varianza (Tabla 7), existe una diferencia altamente significativa para el factor híbrido y para la interacción híbrido \* localidad la cual coincide lo señalado por Williams (2015) en el sentido en que la prueba realizada, los genotipos presentan un comportamiento diferencial a través de los ambientes y su rendimiento se ve influenciado por esto, también indica que dentro de la población que se evaluó para las dos localidades existen buenos materiales para ser seleccionado y que al menos un híbrido sobresale por presentar alto rendimiento en ambas localidades.

**Tabla 7.** Análisis de varianza del rendimiento de grano de nuevos híbridos de sorgo evaluados en dos localidades. Nicaragua, Postrera 2022.

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Probabilidad
LOC	1	356321	356321	0.36 ns	0.552
REP(LOC)	4	7476235.1	1869058.8	1.87 ns	0.124
TRAT (H)	19	127387116	6704585	6.72 **	<.0001
TRAT*LOC	19	74465724.8	3919248.7	3.93 **	<.0001

GL= Grados de libertad, SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, Fc= Significancia estadística

Fuente: Elaboración Propia

La comparación del rendimiento medio por localidad (Tabla 8) muestran que en la localidad de Managua – CNIA los tratamientos presentan diferencias altamente significativas, sugiriendo una mejor selección del genotipo con mayor potencial de rendimiento de grano, no así para la localidad de Posoltega que no hubo diferencias significativas.

El rendimiento de grano para la localidad de Managua es de 3853.68 kg.ha<sup>-1</sup> y para la localidad de Posoltega fue de 3744.68 kg.ha<sup>-1</sup>. De acuerdo al índice ambiental, la localidad de Managua tiene un rendimiento mayor a la media de 54.5 kg.ha<sup>-1</sup> superior a la localidad de Posoltega, indicando que hubo una mejor respuesta de los tratamientos en la localidad de Managua.

**Tabla 8.** Análisis de varianza por localidad del rendimiento de grano de nuevos híbridos de sorgo. Nicaragua, Postrera 2022.

Lugar	Departamento	Municipio	Fc	Media	IA	CV
				Kg.ha <sup>-1</sup>	Kg.ha <sup>-1</sup>	%
<b>CNIA</b>	Managua	Managua	**	3853.675	54.4975	26.6
<b>CDT. Fidel Castro</b>	Chinandega	Posoltega	ns	3744.68	-54.4975	26.01

CV= Coeficiente de variación; Fc= Significancia estadística; IA= Índice ambiental

**Fuente: Elaboración Propia**

La Diferencia que existe entre las dos localidades en referencia a los rendimientos de granos obtenidos puede ser influenciado también por las características físico – químico del suelo que se presentaron en cada localidad (Tabla 3, Tabla 4), aunque estas características indican que no hay una limitante para el desarrollo del cultivo, hay una clara diferencia de los resultados de los nutrientes analizados entre las localidades, obteniendo mejores resultados de estas características en Managua.

Con respecto al coeficiente de variación, los resultados sugieren una adecuada uniformidad de datos, con un CV de 26.6% para Managua y 26.01% para Posoltega, indicando precisión en la medición de esta variable.

Las medias del rendimiento del análisis combinado (Tabla 9), muestra que tres híbridos sobresalieron por presentar los mayores rendimientos de grano, con superioridad sobre el testigo Monarca.

El híbrido AxLU-010 sobresalió con el mayor rendimiento de grano de 6124.2 kg.ha<sup>-1</sup>, siendo diferente estadísticamente a los demás híbridos evaluados, dicho híbrido superó en 27.8% al testigo Monarca, el cual presentó un rendimiento de 4793.8 kg.ha<sup>-1</sup>. El segundo lugar en rendimiento lo obtuvo el híbrido AxLU-018, seguido AxLU-041 con producción de 5326.7 y 5259.5 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Ambos híbridos superaron al testigo en 11.1 y 9.7% respectivamente (Tabla 9).

Los demás híbridos presentaron rendimiento inferior al testigo; sin embargo, el híbrido AxLU-045 tiene un rendimiento prácticamente igual al testigo (Tabla 9). También se observa que sólo siete híbridos presentaron un rendimiento superior a la media general de rendimiento, cuya producción fue de 3800 kg.ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento de grano medio obtenido del híbrido AxLU-010 (6124.2 kg.ha<sup>-1</sup>) fue ligeramente superior en resultados encontrados en otras evaluaciones de híbridos de sorgo para grano. En Posoltega, Ventura *et al.* (2006) el híbrido con mejor rendimiento fue de 6105 kg.ha<sup>-1</sup>; USAID, INTSORMIL (2010) 5830 kg.ha<sup>-1</sup> para Nicaragua; Villamar (2014) fue de 6003 kg.ha<sup>-1</sup>.

Estos resultados indican que el híbrido AxLU-010 respondió mejor a las condiciones ambientales inclusive mejor que otros híbridos comerciales evaluados en ambientes y climas similares, añadiendo también que se parte con la ventaja de que este híbrido se puede llegar comercializar en el país y disminuir la dependencia de semillas de híbridos importadas y bajar el costo de producción de grano.

**Tabla 9.** Medias del rendimiento de nuevos híbridos de sorgo evaluados en dos localidades. Nicaragua, Postrera 2022.

Tratamiento	Híbrido	Rendimiento Kg.ha <sup>-1</sup>	Agrupación	Rendimiento Sobre T en %
3	AxLU-010	6124.2	A	27.8
6	AxLU-018	5326.7	A B	11.1
12	AxLU-041	5259.5	A B C	9.7
20	Monarca (T)	4793.8	A B C D	0.0
15	AxLU-045	4792.8	A B C D	0.0
8	AxLU-025	4360.7	A B C D E	-9.0
1	AxLU-002	4338	A B C D E	-9.5
5	AxLU-016	4236.5	A B C D E	-11.6
13	AxLU-042	3616.7	B C D E	-24.6
19	AxLU-058	3491.3	B C D E	-27.2
4	AxLU-013	3394.8	B C D E	-29.2
18	AxLU-055	3385.3	B C D E	-29.4
17	AxLU-048	3382.7	B C D E	-29.4
14	AxLU-043	3173.8	C D E	-33.8
11	AxLU-030	3154.3	C D E	-34.2
7	AxLU-020	3109.7	D E	-35.1
16	AxLU-047	2601	E	-45.7
2	AxLU-007	2553.3	E	-46.7
10	AxLU-028	2506.7	E	-47.7
9	AxLU-026	2381.7	E	-50.3
	<b>Media</b>	<b>3799.175</b>		
	<b>CV (%)</b>	<b>26.30</b>		
	<b>FC</b>	<b>**</b>		
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.734</b>		

CV= Coeficiente de variación; FC= Significancia estadística; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación;  
Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Fuente: Elaboración Propia

Las diferencias estadísticas altamente significativas encontradas (Tabla 9), sugieren una selección representativa de los genotipos en estudios con respecto a la variable de rendimiento de grano. El coeficiente de variación de 26.30 % indica buen manejo del experimento y una precisión de los datos medidos. El coeficiente de determinación de 0.734 indicando una alta precisión de replicación de los resultados obtenidos del análisis.

Las características agronómicas en el análisis combinado (Anexo 7, pág. viii) son importantes para la selección del material adecuado y que se asemeje a las características del genotipo que busca el productor.

Al respecto los resultados del análisis de varianza combinado reflejaron diferencias altamente significativas (Anexo 7, pág. viii) en las variables días de flor, altura de planta, excursión de panoja, Stay Green y aspecto de planta, siendo esto excelente para hacer una correcta elección de los genotipos sobresalientes. Estas diferencias se deben, ya que el ambiente tiende a influir en las características evaluadas.

Dichos resultados coinciden a los encontrados por Williams (2015) el cual indica que el ambiente juega un papel importante en la manifestación de las características de los genotipos. En la variable longitud de panoja, el resultado fue significativo y con respecto a enfermedad foliar y acame de planta no existe significancia estadística.

En relación a las variables que presentaron diferencias altamente significativas, estas mismas obtuvieron un coeficiente de determinación que oscila entre 0.98 – 0.77, indicando un grado de replicación alto de resultado y buena precisión. El coeficiente de determinación más bajo es para enfermedad foliar y para acame de planta con 0.33 y 0.57 respectivamente (Anexo 7, pág. viii).

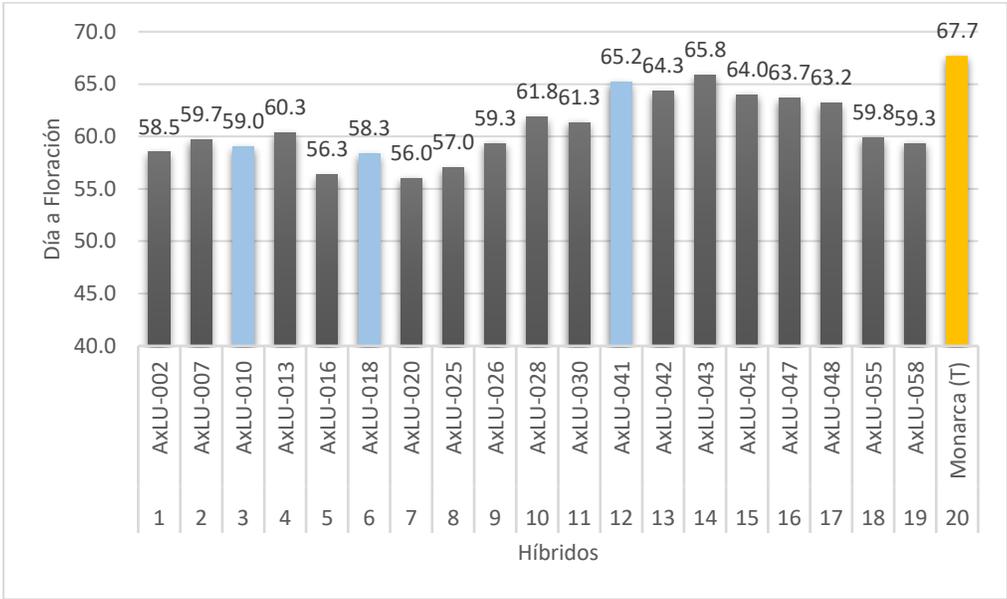
El coeficiente de variación para las variables agronómicas fue inferior a 22.45 %, sugiriendo buen manejo del experimento y confiabilidad de los datos medidos, a excepción de la variable enfermedades foliares, cuyo coeficiente de variación fue de 41.84 %, indicando que dicha variable es influenciada por el medio ambiente (Anexo 7, pág. viii).

### **8.3.2. Comportamiento de la variable días a floración**

Como se muestra en la Gráfico 1 y Anexo 7, los días a floración registrados, sugieren que todos los híbridos presentan menor precocidad, de hasta 9 días más precoces que el testigo, el cual resultó con 68 días a flor. Estos resultados son similares a los encontrados en Ventura *et al.* (2006), ya que los días a floración

oscilan entre 55 y 68 días; USAID, INTSORMIL (2010) 58 – 68 días a floración. Indicando que los genotipos del presente estudio son precoces, destacando la localidad de Posoltega (Anexo 11) sus resultados de día de floración fueron de 50 – 60 días, lo que indica que los genotipos de sorgo de ciclo precoz presentan ventajas cuando la estación de crecimiento es corta y cuando se presentan periodos de sequía y altas temperaturas (Murphy *et al.*, 2014).

**Gráfico 1.** Comportamiento de días a floración de 19 nuevos híbridos de sorgo más el testigo en las localidades de Managua y Posoltega, Postrera 2022.



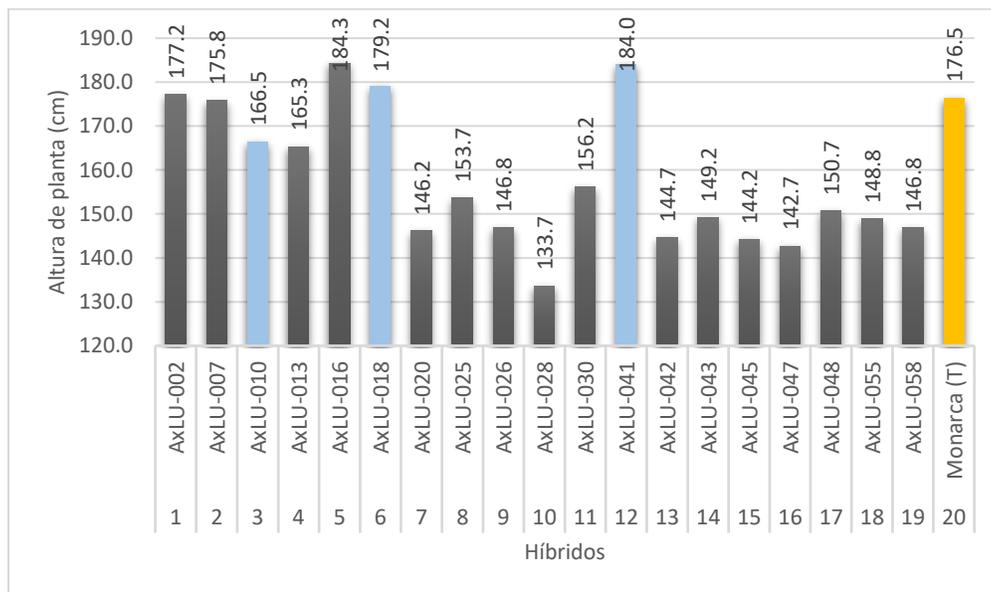
Fuente: Elaboración Propia

**8.3.3. Comportamiento de la variable altura de planta**

Con respecto a la altura de planta la mayoría de híbridos presentan menor altura que el testigo, ya que oscilan entre 175.83 – 133.67cm, a excepción de los híbridos AxLU-002, AxLU-016, AxLU-018 y AxLU-041 con una altura superior a 177 cm (Gráfico 2, Anexo 7). Lo cual concuerda con los resultados de una evaluación de híbridos reportados por Williams (2015) que oscilan entre 126 – 165 cm y menciona que los sorgos con alturas de planta superiores a 1,70 m son indeseables, ya que suelen presentar problemas de acame y dificultad para la cosecha mecánica; pero Scientia (2020), indica en una evaluación de potencial productivo, que las plantas

de mayor altura son las que presentan mayor peso fresco de biomasa lo cual lo convierte en un híbrido doble propósito.

**Gráfico 2.** Comportamiento de la variable altura de planta (cm) de 19 nuevos híbridos más testigo en las localidades de Mangua y Posoltega, Postrera 2022.



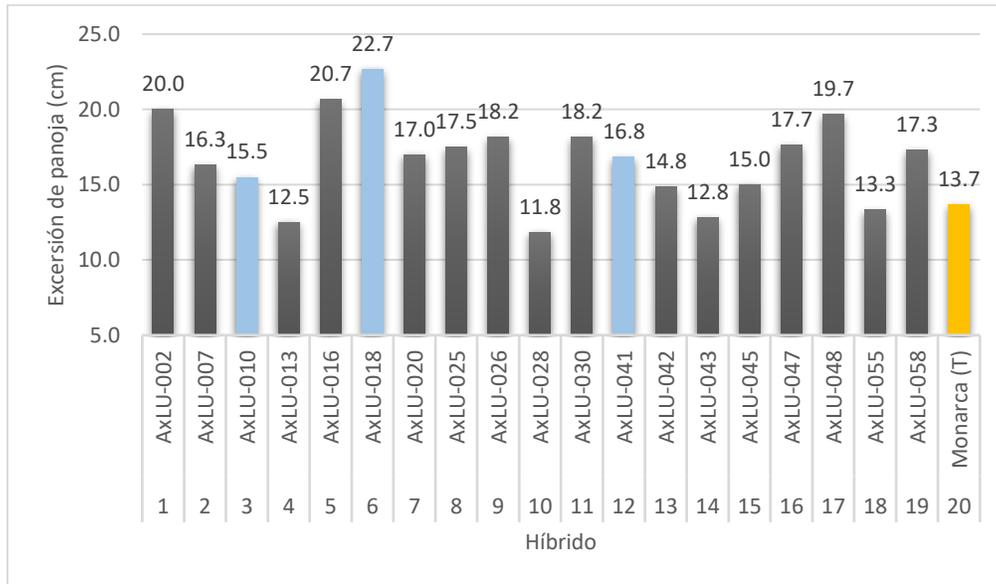
Fuente: Elaboración Propia

#### 8.3.4. Comportamiento de la variable excersión de panoja

Al respecto, para la variable excersión de panoja (Gráfico 3 y Anexo 7), refleja diferencias altamente significativas. La mayoría de híbridos superan en la variable de excersión de panoja al testigo, el cual tiene una excersión de 14 cm y los demás oscilan entre 15 – 22.67 cm, a excepción de los híbridos AxLU-013, AxLU-028 y AxLU-043, estos siendo menores de 13 cm. House (1985) indica que los sorgos con buena excersión son aquellos que presentan más de 10 cm. Esta característica se considera técnicamente muy importante, ya que una longitud de pedúnculo muy corta tiende a causar problemas en la cosecha, debido que la combinada recoge mayor cantidad de follaje y una longitud muy grande puede propiciar un acame de panoja (Aguilar, 2000). La variabilidad de excersión de panoja es consistente a lo señalado por Ortiz (2005) donde dice que en base a ANDEVA, sostienen que los

híbridos estudiados presentan diversidad en la longitud debido a la interacción que ejerce el ambiente en su desarrollo.

**Gráfico 3.** Comportamiento de la variable excersión de panoja (cm) en 19 nuevos híbridos más testigo en las localidades de Mangua y Posoltega, Postrera 2022.

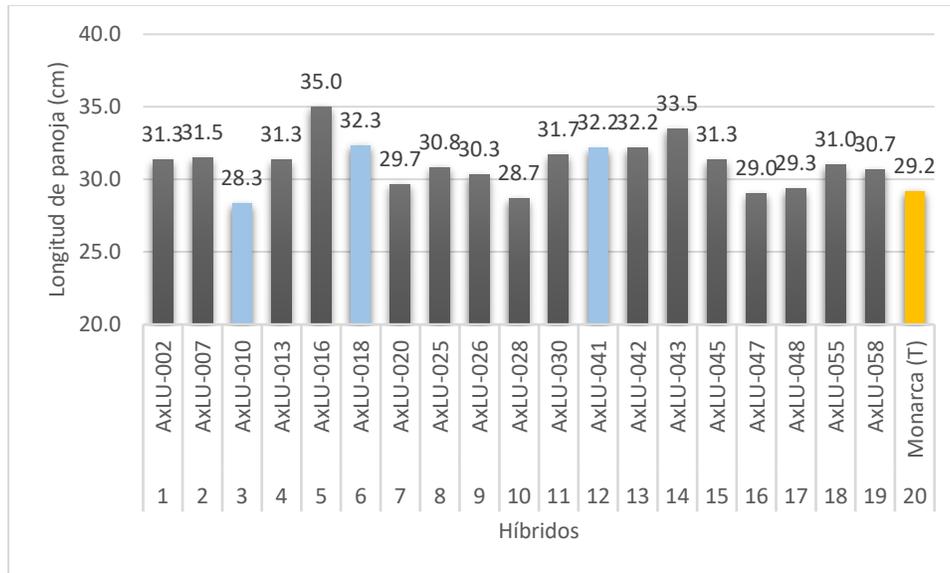


Fuente: Elaboración Propia

### 8.3.5. Comportamiento de la variable longitud de panoja

Para la variable longitud de panoja los híbridos superan en esta característica al testigo Monarca que tiene (29 cm), y los híbridos que son superiores oscilan entre 29.33 – 35 cm a excepción de los híbridos AxLU-010, AxLU-028 y AxLU-047 siendo menores a 29 cm (Gráfico 4), lo cual muestra que hubo una diferencia significativa (Anexo 7) entre los genotipos evaluados afectos por la densidad de planta ya que, los tamaños fueron significativamente menores cuando los híbridos presentan un número mayor de planta (Anexo 1). Coincide con el estudio de Páez (2013) donde las densidades altas también influyo en el tamaño de la panoja y de la planta causando una reducción significativa.

**Gráfico 4.** Comportamiento de la variable longitud de panoja (cm) en 19 nuevos híbridos más testigo en las localidades de Mangua y Posoltega, Postrera 2022.



**Fuente:** Elaboración Propia

Considerando las características agronómicas obtenidas en el estudio, se puede concluir que la mayoría de los híbridos son ideales para la selección del ideotipo preferido por el productor, dados los parámetros, tales como: florece en menor tiempo, tiene una altura y excursión más favorable para realizar su cosecha mecanizada y manual. Todos los híbridos son tolerantes al acame de planta y enfermedades foliares, y tienen buen aspecto de planta en su mayoría (Anexo 7).

### 8.3.6. Esterilidad, fertilidad y presencia de ergot en los híbridos evaluados.

**Tabla 10.** Presencia de esterilidad, fertilidad y ergot en 19 nuevos híbridos más testigo en las localidades de Mangua y Posoltega, Postrera 2022

Tratamiento	Híbrido	Fertilidad (%)	Esterilidad (%)	Presencia de Ergot (%)
1	AxLU-002		35	29
2	AxLU-007		33	67
3	AxLU-010	100		
4	AxLU-013		25	25
5	AxLU-016	100		
6	AxLU-018		23	11
7	AxLU-020	100		
8	AxLU-025	100		10
9	AxLU-026	100		7
10	AxLU-028	100		
11	AxLU-030	100		
12	AxLU-041	100		
13	AxLU-042	100		
14	AxLU-043	100		20
15	AxLU-045	100		
16	AxLU-047	100		
17	AxLU-048	100		
18	AxLU-055	100		
19	AxLU-058		50	13
20	Monarca (T)	100		

**Fuente:** Elaboración Propia

En la evaluación se presentó 5 híbridos con porcentajes altos de esterilidad que oscilan entre 50 – 23% (Tabla 10), esto ocurrió posiblemente por ausencia del gen restaurador de la fertilidad en el núcleo o línea R restauradora, ya que debe presentar un gen dominante restaurador de la fertilidad y genes modificadores necesarios para complementar la restauración de la fertilidad en el núcleo de la hembra o línea A para no tener problemas con el resultado del híbrido F<sub>1</sub> (Flores-Nevada *et al.*, 2013).

Los híbridos que presentaron esterilidad son AxLU-002, AxLU-007, AxLU-013, AxLU-018 y AxLU-058, por lo cual estos híbridos quedan completamente

descartados, debido a que no son aptos para la producción de semilla, dada la condición de esterilidad, de lo cual se ve afectado el híbrido AxLU-018 que obtuvo el segundo mejor rendimiento de grano en la evaluación (Tabla 9).

Con respecto a la enfermedad del ergot (*Claviceps africana*) está relacionada con la esterilidad masculina que presentan los híbridos con esta condición, dado que el hongo está especializado para infectar sólo los ovarios no fecundados. De esta manera, se establece una competencia entre el grano de polen y el hongo para fecundar e infectar el ovario (Velázquez P.D, 2020). Cuando se presenta ergot, solamente ocasiona pérdidas en el cultivo por reducción en la cantidad y calidad de los granos y la presencia de ergot en lotes de sorgo no ofrece peligro alguno para la alimentación del ganado.

## IX. CONCLUSIÓN

- Los resultados obtenidos de los análisis indican que los suelos de las dos localidades estudiadas son aptos para el cultivo del sorgo, ya que presentan características físicas favorables para el desarrollo radicular de la planta y una buena retención de agua. Los suelos tienen una textura franco arenosa, una densidad aparente baja, una porosidad total media, una densidad real que refleja una alta materia orgánica, y una buena retención de nutrientes. Los análisis químicos del suelo indican que en ambas localidades de Managua y Posoltega son adecuados para el desarrollo del cultivo de sorgo granífero, con suelos medianamente básicos y neutros, respectivamente. El contenido de materia orgánica es alto en ambos casos y no es limitante para la producción, sin embargo, en la localidad de Posoltega los resultados de materia orgánica y fósforo disponible pudo haber influenciado en los resultados del rendimiento en esta localidad.
  
- Se obtuvo la cantidad de semilla necesaria y esperada, mediante los cruzamientos manuales realizados para la formación de 19 híbridos, disponiéndose de material genético suficiente para continuar con el mejoramiento del sorgo granífero.
  
- Se encontró diferencias significativas tanto en el factor híbrido como en la interacción híbrido \* localidad.  
En las características agronómicas hubo diferencias estadísticas altamente significativas; sin embargo, los resultados que presentaron en la gran mayoría de los híbridos están dentro de las características ideales que se busca para la evaluación de híbridos y preferidos por los productores. Los resultados sugieren que hay varios materiales prometedores dentro de la población evaluada en ambas localidades, y que al menos un híbrido se destacó por su alto rendimiento en ambas localidades y su capacidad para responder bien a las condiciones ambientales.

El híbrido AxLU-010 mostró el mayor rendimiento de grano y superó a otros híbridos comerciales evaluados en ambientes y climas similares, siendo superior en 27.8% al testigo Monarca; también los híbridos AxLU-018, seguido AxLU-041 fueron superior al testigo en 11.1 y 9.7% respectivamente; sin embargo, el híbrido AxLU-018 presentó la condición de esterilidad.

Por lo tanto, estos resultados son útiles para seleccionar genotipos que se adapten mejor a las condiciones locales y reducir su dependencia de semillas de híbridos importados, lo que podría disminuir el costo de producción de grano.

Tomando en consideración las características agronómicas y rendimiento de grano, los híbridos AxLU-010y AxLU-041 son superior al híbrido testigo Monarca, presentando el primero y tercer lugar en relación a su rendimiento de grano. Los dos híbridos en mención presentan mayor precocidad, menor altura de planta, buen tamaño de panoja y mayor excursión de panoja, por lo cual son ideales para realizar la cosecha manual y mecanizada.

Por lo antes mencionado se acepta la Hipótesis Alternativa que establece que al menos 1 de los 19 nuevos híbridos de sorgo presenta un mayor rendimiento de grano y mejores características agronómica que el híbrido sorgo Monarca.

## **X. RECOMENDACIONES**

- Utilizar los híbridos AxLU-010 y AxLU-041 para la siguiente etapa, la cual es la validación para que sean liberadas y puesta a la comercialización a los productores, dado que estos híbridos manifestaron ser superiores en rendimientos y en características agronómicas en comparación al testigo (Monarca).
  
- Realizar la etapa de validación en más de 5 localidades del país, ya sea en propiedades de los productores o centros experimentales del INTA, esto para ver la adaptabilidad de los híbridos y así proceder a la incrementación y liberación de los híbridos con mayor potencial.
  
- Llevar a cabo un buen manejo agronómico en todo el periodo de las cruzas y evaluación de los híbridos, ya que es un punto fundamental en el desarrollo del sorgo y así se podrán obtener excelentes resultados del estudio.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Asuntos agrarios, INTA. (2011). *Manual de sorgo*. Obtenido de Proyecto Regional Desarrollo de una Agricultura : [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_de\\_sorgo\\_renglon\\_191.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf)
- El morralito del INTA. (2009). *Cultivo de sorgo*. Obtenido de Practicas antes de la siembra: [https://issuu.com/inta\\_tecnologia\\_agropecuaria/docs/morralito-de-sorgo](https://issuu.com/inta_tecnologia_agropecuaria/docs/morralito-de-sorgo)
- El morralito del INTA. (2012). *Cultivo del sorgo*. Obtenido de tecnologia\_agropecuaria: [https://issuu.com/inta\\_tecnologia\\_agropecuaria/docs/morralito\\_sorgo\\_espa\\_ol\\_2012](https://issuu.com/inta_tecnologia_agropecuaria/docs/morralito_sorgo_espa_ol_2012)
- FAO. (1995). *El sorgo y el mijo en la nutrición humana* . Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/3/W1808S/w1808s01.htm?msckid=4ae80195bc6b11ecb86a25585b9a0451>
- FECODESA. (2015). *Proyecto semilla de sobrevivencia* . Obtenido de Cultivo de sorgo: una alternativa al cambio climatico: <https://weseedchange.org/wp-content/uploads/2020/05/EI-Cultivo-del-Sorgo-Una-Alternativa-al-Cambio-Clim%C3%A1tico-FECODESA-2015.pdf>
- Gutierrez Trinidad , J. M. (2003). *UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA*. Obtenido de EL CULTIVO DE SORGO (Sorghum Vulgare Spp.) : <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1264/EL%20CULTIVO%20DEL%20SORGO%20%28sorghum%20vulgare%20spp.%29..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ibar, L. (1987). *Sorgo cultivo y aprovechamiento*. Barcelona, España: Editorial AEDOS.

- InfoAgro. (2016). *El control de maleza en el cultivo de sorgo*. Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/el-control-de-malezas-en-el-cultivo-de-sorgo/>
- INTA. (2009). *Cultivo de sorgo*. Obtenido de Guia tecnologica para la produccion de sorgo(*sorghum* vicolor): [https://issuu.com/inta\\_tecnologia\\_agropecuaria/docs/gu\\_a\\_de\\_sorgo](https://issuu.com/inta_tecnologia_agropecuaria/docs/gu_a_de_sorgo)
- INTA. (2022). *Cultivo de sorgo*. Obtenido de Agricultura inteligente. sorgo: <https://inta.gob.ni/agricultura-inteligente/sorgo/>
- INTA,Argentina. (s.f.). *descripcion del cultivo de sorgo*. Obtenido de Produccion animal: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/maiz\\_sorgo/12-descripcion\\_sorgo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/12-descripcion_sorgo.pdf)
- Luna , H. A., & Laguna, R. J. (2004). *Evaluación preliminar de treinta genotipos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) para grano y forraje*. Obtenido de Repositorio Institucional UNA NI: <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1924>
- MAG. (2011). *mag.gob.ni*. Obtenido de .mag.gob.ni: <https://www.mag.gob.ni>
- SAGARPA. (2016). *CONTROL QUÍMICO DE MALEZA EN SORGO*. Obtenido de inifapcirne.gob.mx: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Eventos/2016/Controlquimicodemalezaensorgo.pdf>
- Sanchez, J. (octubre de 2015). *Sanidad de los Productos Agrícolas en México*. Obtenido de cedrssa: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/16Sanidad%20de%20productos%20agr%C3%ADcolas%20en%20M%C3%A9xico..pdf>
- Shaw, M., & Goldenberg, J. (1988). *Androesterilidad Genetico - Citoplasmatico en Sorgo*. Obtenido de Repositorio FAUBA: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/1988shawm.p>



[https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1045&context=int\\_sormilpubs](https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1045&context=int_sormilpubs)

ICRISAT (Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las zonas tropicales semiáridas, In). 1984. Revised sorghum descriptors. Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las zonas tropicales semiáridas. AGPG: IBPGR/84/142

UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2015. Código UPOV: SRGHM BIC; SRGHM DRU. Sorghum bicolor (L) Moench. Ginebra TG/1

Aguilar, A. (2000). *ISCA, Escuela de producción vegetal*. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2594/1/tnf04a283n%281%29.pdf>

Berman Ortiz, C. G. (2005). *Universidad Nacional Agraria*. Obtenido de Evaluación para rendimiento de grano de sorgo de nuevas variedades en postrera 2001: <https://repositorio.una.edu.ni/787/1/tnf01o77r.pdf>

BOTANICAL. (2021). *Cultivo de Sorgo*. Obtenido de Botanical online : <https://www.botanical-online.com/cultivo/sorgo-como-plantar-cuidados#:~:text=Crece%20en%20terrenos%20c%C3%A1lidos%2C%20soleados%2C%20bien%20drenados%20y,suelos%20f%C3%A9rtil%20y%20con%20moderada-alta%20disponibilidad%20de%20agua.>

Favio Gomez, N. t. (2010). *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA*. Obtenido de COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE 10 LINEAS PRECOSES DE SORGO: <https://repositorio.una.edu.ni/2135/1/tnf01e59.pdf>

Gambaudo, S. (2013). *La fertilización del sorgo granífero*. Obtenido de Artículo Suelo fértil : <http://portal.acabase.com.ar/suelofertil/Articulos%20de%20Inters/SORGO/Sorgo%20granifero%20-%20Nutrici%C3%B3n%20del%20cultivo.pdf#:~:text=Cono%20se%20menci>

on%C3%B3%20uno%20de%20los%20factores%20que,nitr%C3%B3geno%  
20determinan%20plantas%20con%20un%20pobre%2

García, & Dorronsoro. (2015). *Nitrógeno*. Obtenido de Tema 14. Contaminación por fertilizantes: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema14/nitrog.htm#anchor786699>

INFOAGRO. (2020). *EL cultivo de sorgo* . Obtenido de Agricultura Infoagro: <https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo2.htm>

MAG. (2011). *Sorgo en Costa Rica*. Obtenido de Biblioteca Virtual MAG CR: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658sorgo.pdf>

plaza, J. (2015). *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*. Obtenido de Evaluación del comportamiento agronómico y rendimiento de grano del híbrido de sorgo (*Sorghum vulgare* L.) pioneer 83G19, sometido a tres densidades de siembra y tres distancias entre hileras en la zona de Vincés.: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12240/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>

Raggio, J. B. (2022). *Las claves para la fertilización del sorgo* . Obtenido de Clarín : [https://www.clarin.com/rural/claves-fertilizacion-sorgo\\_0\\_1xAJwkFCEs.html](https://www.clarin.com/rural/claves-fertilizacion-sorgo_0_1xAJwkFCEs.html)

Scientia, N. (2020). *Potencial productivo de variedades experimentales de sorgo blanco para el sur*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v13n26/2007-0705-ns-13-26-00008.pdf>

Williams. (2015). *COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE HÍBRIDOS Y PROGENITORES DE SORGO PARA GRANO EN LAS HUASTECA*S. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v26n1/a09v26n1.pdf>

uilar, A. (2000). *ISCA, Escuela de producción vegetal* . Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2594/1/tnf04a283n%281%29.pdf>

Páez, M. (2013). *Efecto de seis densidades poblacionales en el rendimiento de biomasa del Sorgo de la variedad Sureño en Zamorano, Honduras*. Bdigital Zamorano.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/97224ead-5f04-4daf-a5ed-a3505aee8d51/content>

Flores, A., Valdés, C. G., Zavala, F., Olivares, & Gutiérrez, A. (2012). Comportamiento agronómico de líneas para la producción de semilla de sorgo. *Agronomía Mesoamericana*, 24 (1), 111-118.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v24n1/a11v24n1.pdf>

Velázquez, P. D. (2020). «Ergot» en sorgo, ¿debemos preocuparnos cuando alimentamos al ganado? *Agroalimentando*.  
<https://agroalimentando.com/index.php/nota/13508>

Huerta, A. G., De Jesús Pérez López, D., Arriaga, M. R., Rodríguez, F., Martínez, J. A., & Lara, A. (2019). InfoStat, InfoGen y SAS para contrastes mutuamente ortogonales en experimentos en bloques completos al azar en parcelas subdivididas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1767>

El tiempo en Chinandega en agosto - diciembre de 2023: tabla de temperaturas y clima - Climate-Data.org. (s. f.). <https://es.climate-data.org/america-del-norte/nicaragua/chinandega-2474/r/agosto-8>

Gutiérrez, N. (2021, septiembre). Producción de sorgo híbrido en Nicaragua. En *Importancia en la producción híbridos en Nicaragua*. Entrevista, Managua , Pacifico , Nicaragua.

## XII. ANEXOS

Anexo 1: Libro de campo, para la toma de datos de características agronómicas de los híbridos y rendimiento de grano que presentan en INTA - CNIA, Managua. Repetición I

Tratamiento, Nuevos híbridos								Repetición:			I			Fecha de siembra:		22 de septiembre 2022		
No. Entrada	Trat	DF	AP (cm)	EP (cm)	LP (cm)	EnFo (1-5)	ACAM (1-5)	AsP (1-5)	Unif (1-5)	SG (1-5)	Color GyP	CGM	Tipo Pan	No. Planta	PeCa (Kg) Panoja	RTO. Grano (kg/ha)	%H	Observaciones
101	1	64	181	25	27	1.5	1	1.5	1.5	1	C	T	S a	17	2.3	4484	15.2	
102	2	67	178	16	28	1.5	1	1.5	1.5	1.5	C	T	S c	6	0.8	1565	14.9	
103	3	67	157	14	27	1.5	1	1	1	1.5	R	T	S c	26	3.5	6855	14.8	
104	4	68	164	9	33	2	1	2	1.5	2	R	T	S c	7	1.25	2463	14.3	
105	5	65	187	19	40	2	1.5	2	1.5	2	R	T	S c	27	2.65	5245	13.9	
106	6	67	172	13	34	3	1	2	1.5	2	C	T	S a	35	2.95	5839	13.9	
107	7	63	148	21	29	1.5	1	2	1.5	2	R	T	S c	16	1.25	2489	13.4	
108	8	62	149	14	34	1.5	1	1	1.5	1.5	R	T	S c	10	1.5	2917	15.4	
109	9	65	146	18	32	2	1	2	1.5	1.5	R	T	S a	15	1.6	3093	15.9	
110	10	65	128	5	32	1.5	1	2.5	1.5	1.5	R	T	S c	5	0.5	964	16.1	
111	11	68	153	15	34	2	1	2.5	1.5	1.5	R	T	S c	2	0.45	865	16.4	
112	12	68	173	11	33	1.5	1	1.5	1.5	2	R	T	S c	13	2.35	4603	14.8	
113	13	69	143	9	35	2.5	1	1.5	1.5	2	R	T	S a	23	2.3	4510	14.7	
114	14	69	151	10	34	2	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S a	15	1.65	3236	14.7	
115	15	69	142	11	32	2	1	2	1.5	2	R	T	S c	27	2.95	5791	14.6	
116	16	68	145	25	30	2.5	1	3	1.5	2.5	R	T	S c	10	0.9	1730	16.4	
117	17	63	157	20	30	2.5	1	3	1.5	2	R	T	S c	25	1.75	3359	16.5	
118	18	63	154	13	35	1.5	1	2.5	1.5	1.5	R	T	S c	18	1.5	2893	16.1	
119	19	62	154	17	32	2.5	1.5	3	1.5	2	R	T	S c	31	2.45	4866	13.6	
120	20	72	190	14	31	1.5	1	2	1.5	2	R	T	S a	30	3.4	6745	13.7	

Anexo 1: Libro de campo, para la toma de datos de características agronómicas de los híbridos y rendimiento de grano que presentan en INTA - CNIA, Managua. Repetición II

Tratamiento, Nuevos híbridos								Repetición:			II			Fecha de siembra:		22 de septiembre 2022		
No. Entrada	Trat	DF	AP (cm)	EP (cm)	LP (cm)	EnFo (1-5)	ACAM (1-5)	AsP (1-5)	Unif (1-5)	SG (1-5)	Color GyP	CGM	Tipo Pan	No. Planta	PeCa (Kg) Panoja	RTO. Grano (kg/ha)	%H	Observaciones
201	3	67	178	13	29	1.5	1	1	1	1	R	T	S a	39	4.7	9292	14	
202	9	68	146	22	30	1.5	1	3.5	1.5	1.5	R	T	S c	15	1.35	2653	14.5	
203	6	65	178	25	32	3	1	2	1.5	2.5	R	T	S a	38	3.55	6969	14.6	
204	11	68	164	13	35	2	1	2.5	1.5	1.5	R	T	S c	13	1.65	3171	16.4	
205	13	69	142	12	32	2.5	1.5	2.5	1.5	2	R	T	S c	8	1.25	2422	15.7	
206	1	68	183	23	32	2	1	3	1.5	2	R	T	S a	16	2.35	4462	17.4	
207	16	68	145	12	29	2.5	1	2.5	1	1.5	R	T	S c	13	1.4	2674	16.9	
208	5	61	180	23	32	2.5	1.5	2	1.5	2	R	T	S a	34	2.85	5576	14.9	
209	7	61	140	10	29	2	1.5	1.5	1.5	2	R	T	S c	26	1.65	3217	15.2	
210	14	74	140	6	34	2.5	1.5	2	1.5	1.5	R	T	S c	8	1.3	2537	15.1	
211	17	69	150	8	30	1.6	1	2	1.5	1.5	R	T	S c	8	1.5	2838	17.7	
212	10	70	127	10	29	1.5	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S c	11	1.65	3186	16	
213	18	65	146	8	31	1.5	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S a	8	1.15	2237	15.4	
214	20	77	172	7	34	1.5	1.5	3	1.5	1.5	R	T	S a	26	2.85	5556	15.2	
215	2															0		
216	12	74	203	9	33	2	2	2	1.5	1.5	R	T	S c	13	2.7	5239	15.6	
217	4	70	151	4	30	2	1.5	1.5	1	1.5	R	T	S c	4	0.95	1878	14	
218	8	62	160	16	28	2.5	1	1.5	1	2	R	T	S c	33	3.6	7084	14.4	
219	15	67	149	8	34	2	1	2	1.5	2	R	T	S a	21	2.3	4531	14.3	
220	19	63	147	13	32	2.5	1	3.5	2	1.5	R	T	S a	15	1.35	2681	13.6	

Anexo 2: Libro de campo, para la toma de datos de características agronómicas de los híbridos y rendimiento de grano que presentan en INTA - CNIA, Managua. Repetición III

Tratamiento, Nuevos híbridos								Repetición:			III			Fecha de siembra:		22 de septiembre 2022		
No. Entrada	Trat	DF	AP (cm)	EP (cm)	LP (cm)	EnFo (1-5)	ACAM (1-5)	AsP (1-5)	Unif (1-5)	SG (1-5)	Color GyP	CGM	Tipo Pan	No. Planta	PeCa (Kg) Panoja	RTO. Grano (kg/ha)	%H	Observaciones
301	11	67	148	17	33	1	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S c	6	0.75	1464	15.1	
302	14	72	145	7	34	1.5	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S a	10	1.15	2189	17.2	
303	10	71	133	5	30	1.5	1	2	1.5	1.5	R	T	S c	1	0.25	493	14.2	
304	19	66	151	20	30	2	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S c	19	1.95	3828	14.6	
305	6	68	185	28	32	1.5	1	2	2	2.5	R	T	S a	43	3.5	6831	15.1	
306	17	68	153	20	29	1.5	1.5	2	2	1.5	R	T	S c	19	1.85	3611	15.1	
307	5	62	187	16	36	2	1.5	2	2	2	R	T	S c	22	1.9	3831	12.3	
308	9	67	139	10	30	2	1	3	1.5	1.5	R	T	S a	9	1.15	2263	14.4	
309	2	68	163	10	34	1.5	1	2.5	1.5	1.5	R	T	S c	3	0.45	893	13.7	
310	4	68	143	0	32	1.5	1	2	1.5	1.5	R	T	S c	4	0.9	1796	13.2	
311	16	67	146	15	31	1.5	1	2	2	1.5	R	T	S c	11	1.4	2684	16.6	
312	13	68	142	5	30	2.5	1	2	2	2	R	T	S a	22	2.25	4484	13.3	
313	8	62	151	12	36	2.5	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S c	23	2.2	4319	14.6	
314	15	68	130	11	32	1.5	1	1.5	1.5	2	R	T	S a	24	2.8	5549	13.8	
315	7	62	151	11	30	2	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S c	13	1.15	2231	15.6	
316	1	69	180	15	33	2.5	1	2	2	2	C	T	S a	13	1.75	3403	15.4	
317	12	69	182	15	34	2	1	1.5	1.5	1.5	R	T	S c	16	2.3	4478	15.3	
318	20	77	181	5	29	1.5	1.5	2	2	1.5	R	T	S a	21	2.45	4759	15.5	
319	3	64	160	7	30	1.5	1	1.5	1.5	1	R	T	S a	35	3.35	6531	15.2	
320	18	66	155	10	30	1.5	1	1	1.5	1.5	R	T	S a	30	2.55	5100	13	

Anexo 3: Libro de campo, para la toma de datos de características agronómicas de los híbridos y rendimiento de grano que presentan en INTA - CDT. Fidel Castro, Posoltega. Repetición I

Tratamiento, Nuevos híbridos								Repetición:			I			Fecha de siembra:		06 de septiembre 2022		
No. Entrada	Trat	DF	AP (cm)	EP (cm)	LP (cm)	EnFo (1-5)	ACAM (1-5)	AsP (1-5)	Unif (1-5)	SG (1-5)	Color GyP	CGM	Tipo Pan	No. Planta	PeCa (Kg) Panoja	RTO. Grano (kg/ha)	%H	Observaciones
101	1	50	173	17	32	4	0	5	2	3	8	5	SC	45	3.9	5762.79	17.4	
102	2	52	182	19	32	2	0	5	1	3	8	5	SA	30	2.55	3887.47	22.7	
103	3	52	168	17	28	2	0	5	1	3	8	5	C	51	3.45	5358.66	20.2	
104	4	52	178	22	31	3	0	5	2	1	8	5	C	39	3.25	5300.23	14.4	
105	5	50	184	21	34	1	0	5	1	4	9	4	C	39	2.25	3512.76	18.9	
106	6	50	180	22	32	3	0	5	2	4	8	5	C	54	3.8	6192.62	15.8	
107	7	50	146	20	30	2	0	1	1	2	7	4	C	55	2.75	3981.10	17	
108	8	52	154	23	29	3	0	1	1	3	8	4	C	43	2.35	3715.12	14.8	
109	9	52	136	20	<b>30</b>	3	0	1	1	4	8	5	C	41	2.15	2943.60	17	
110	10	55	138	16	27	4	0	1	1	3	8	4	C	43	2.65	3904.07	21	
111	11	55	157	22	29	2	0	5	1	2	8	4	C	45	2.8	4595.35	16.8	
112	12	60	182	23	31	2	0	5	1	1	7	4	C	52	3.55	5468.02	16.4	
113	13	60	147	20	32	1	0	1	2	3	8	4	C	34	2.45	3488.37	20	
114	14	60	153	18	33	3	0	3	3	2	8	4	C	45	2.7	3946.83	18.7	
115	15	60	148	20	30	1	0	1	1	2	8	4	SC	52	3.2	4686.05	19.4	
116	16	59	140	20	28	1	0	1	1	2	7	5	C	40	2.8	3953.49	20	
117	17	59	148	22	29	3	0	1	3	1	8	4	C	44	2.65	4048.78	16.6	
118	18	55	146	18	30	4	0	2	3	3	9	4	C	42	2.3	3369.77	16	
119	19	55	143	18	30	4	0	1	3	3	8	4	SA	35	1.85	2692.44	15.8	
120	20	60	172	20	27	1	0	1	2	1	7	5	SA	47	3.15	4750.12	19.9	

Anexo 4: Libro de campo, para la toma de datos de características agronómicas de los híbridos y rendimiento de grano que presentan en INTA - CDT. Fidel Castro, Posoltega. Repetición II

Tratamiento, Nuevos híbridos								Repetición:			II			Fecha de siembra:		06 de septiembre 2022		
No. Entrada	Trat	DF	AP (cm)	EP (cm)	LP (cm)	EnFo (1-5)	ACAM (1-5)	AsP (1-5)	Unif (1-5)	SG (1-5)	Color GyP	CGM	Tipo Pan	No. Planta	PeCa (Kg) Panoja	RTO. Grano (kg/ha)	%H	Observaciones
201	3	52	168	17	28	4	0	5	1	3	8	5	C	62	3.2	5154.65	19.4	
202	9	52	136	20	30	1	0	1	1	4	8	5	C	32	1.4	2369.19	18.5	
203	6	50	180	22	32	1	0	5	1	4	8	5	C	44	1.9	3040.12	17	
204	11	55	157	22	29	5	0	5	1	2	8	4	C	47	1.75	3159.30	16.4	
205	13	60	147	20	32	2	0	1	2	3	8	4	C	44	1.7	2928.49	12.4	
206	1	50	173	17	32	4	0	5	3	1	8	5	SC	45	1.85	2602.67	17.1	
207	16	60	140	20	28	4	0	1	1	2	7	5	C	22	1	1251.45	13.9	
208	5	50	184	21	34	4	0	5	1	1	9	4	C	45	1.95	3500.00	14	
209	7	50	146	20	30	1	0	1	1	2	7	4	C	40	1.9	3023.26	20	
210	14	60	153	18	33	2	0	13	3	2	8	4	C	44	2.15	3226.69	12.6	
211	17	60	148	22	29	5	0	1	1	1	8	4	C	47	2.3	3854.48	13.9	
212	10	55	138	16	27	2	0	1	1	3	8	4	C	50	2.1	3323.02	13.4	
213	18	55	146	18	30	3	0	2	4	3	9	4	C	44	0.8	1261.63	13.2	
214	20	60	172	20	27	5	0	1	2	1	7	5	SA	26	2.35	3863.43	13.7	
215	2	52	181	19	32	5	0	5	1	3	8	5	SA	37	2.1	3657.50	18.3	
216	12	60	182	23	31	2	0	5	1	1	7	4	C	35	4.15	6883.95	14.2	
217	4	52	178	22	31	2	0	5	2	1	8	5	C	50	3.1	5274.42	13.6	
218	8	52	154	23	29	2	0	1	1	3	8	4	C	46	2.8	4861.28	13.8	
219	15	60	148	20	30	5	0	1	1	2	8	4	SC	46	2.55	4042.44	18.2	
220	19	55	143	18	30	2	0	1	1	3	8	4	SA	34	2.45	4223.55	13	

Anexo 5: Libro de campo, para la toma de datos de características agronómicas de los híbridos y rendimiento de grano que presentan en INTA - CDT. Fidel Castro, Posoltega. Repetición III

Tratamiento, Nuevos híbridos								Repetición:			III			Fecha de siembra:		06 de septiembre 2022		
No. Entrada	Trat	DF	AP (cm)	EP (cm)	LP (cm)	EnFo (1-5)	ACAM (1-5)	AsP (1-5)	Unif (1-5)	SG (1-5)	Color GyP	CGM	Tipo Pan	No. Planta	PeCa (Kg) Panoja	RTO. Grano (kg/ha)	%H	Observaciones
301	11	55	158	20	30	1	0	5	1	2	8	4	C	57	3.2	5154.65	19.4	
302	14	60	153	18	33	1	0	3	3	2	8	4	C	43	1.4	2369.19	18.5	
303	10	55	138	19	27	3	0	1	1	3	8	4	C	43	1.9	3040.12	17	
304	19	55	143	18	30	3	0	1	3	3	8	4	SA	41	1.75	3159.30	16.4	
305	6	50	180	26	32	3	0	5	2	4	8	5	C	48	1.7	2928.49	12.4	
306	17	60	148	26	29	1	0	1	4	1	8	4	C	28	1.85	2602.67	17.1	
307	5	50	184	24	34	3	0	5	1	4	9	4	C	46	1	1251.45	13.9	
308	9	52	136	19	30	3	0	1	1	4	8	5	C	21	1.95	3500.00	14	
309	2	52	181	21	32	1	0	5	1	3	8	5	SA	36	1.9	3023.26	20	
310	4	52	178	18	31	1	0	5	2	1	8	5	C	32	2.15	3226.69	12.6	
311	16	60	140	14	28	1	0	1	1	2	7	5	C	32	2.3	3854.48	13.9	
312	13	60	147	23	32	2	0	1	1	3	8	4	C	30	2.1	3323.02	13.4	
313	8	52	154	17	29	2	0	1	1	3	8	4	C	42	0.8	1261.63	13.2	
314	15	60	148	20	30	2	0	1	3	2	8	4	SC	49	2.35	3863.43	13.7	
315	7	50	146	20	30	3	0	1	2	2	7	4	C	49	2.1	3657.50	18.3	
316	1	50	173	23	32	2	0	5	2	3	8	5	SC	31	4.15	6883.95	14.2	
317	12	60	182	20	31	1	0	5	2	1	7	4	C	34	3.1	5274.42	13.6	
318	20	60	172	16	27	1	0	1	2	1	7	5	SA	34	2.8	4861.28	13.8	
319	3	52	168	25	28	1	0	5	2	3	8	5	C	39	2.55	4042.44	18.2	
320	18	55	146	13	30	2	0	2	4	3	9	4	C	58	2.45	4223.55	13	

Anexo 6: Combinado de características agronómicas de nuevos híbridos de sorgo evaluados en dos localidades. Nicaragua, Postrera 2022.

<b>Tratamiento</b>	<b>Híbrido</b>	<b>DF</b> 50%	<b>AP</b> (cm)	<b>EP</b> (cm)	<b>LP</b> (cm)	<b>EnFo</b> (1-5)	<b>SG</b> (1-5)	<b>Asp</b> (1-5)	<b>Acam</b> (1-5)
1	AxLU-002	58.5	177.2	20.0	31.3	2.8	2.0	3.7	1.0
2	AxLU-007	59.7	175.8	16.3	31.5	2.3	2.5	3.8	1.0
3	AxLU-010	59.0	166.5	15.5	28.3	2.2	2.2	3.2	1.0
4	AxLU-013	60.3	165.3	12.5	31.3	2.0	1.5	3.5	1.2
5	AxLU-016	56.3	184.3	20.7	35.0	2.5	2.5	3.5	1.5
6	AxLU-018	58.3	179.2	22.7	32.3	2.5	3.3	3.5	1.0
7	AxLU-020	56.0	146.2	17.0	29.7	2.0	2.0	1.5	1.2
8	AxLU-025	57.0	153.7	17.5	30.8	2.5	2.5	1.3	1.0
9	AxLU-026	59.3	146.8	18.2	30.3	2.2	3.0	2.0	1.0
10	AxLU-028	61.8	133.7	11.8	28.7	2.5	2.5	1.7	1.0
11	AxLU-030	61.3	156.2	18.2	31.7	2.2	2.0	3.8	1.0
12	AxLU-041	65.2	184.0	16.8	32.2	1.8	1.5	3.5	1.2
13	AxLU-042	64.3	144.7	14.8	32.2	2.3	2.5	1.7	1.2
14	AxLU-043	65.8	149.2	12.8	33.5	2.2	2.0	2.5	1.2
15	AxLU-045	64.0	144.2	15.0	31.3	2.3	2.0	1.5	1.0
16	AxLU-047	63.7	142.7	17.7	29.0	2.3	2.2	1.8	1.0
17	AxLU-048	63.2	150.7	19.7	29.3	2.7	1.5	1.7	1.2
18	AxLU-055	59.8	148.8	13.3	31.0	2.5	2.5	2.0	1.0
19	AxLU-058	59.3	146.8	17.3	30.7	2.8	2.5	2.0	1.2
20	Monarca (T)	67.7	176.5	13.7	29.2	2.2	1.5	1.7	1.3
	<b>Media</b>	<b>61.0</b>	<b>158.6</b>	<b>16.6</b>	<b>31.0</b>	<b>2.3</b>	<b>2.2</b>	<b>2.5</b>	<b>1.1</b>
	<b>CV (%)</b>	<b>2.13</b>	<b>3.20</b>	<b>20.89</b>	<b>4.82</b>	<b>41.84</b>	<b>16.83</b>	<b>15.29</b>	<b>22.45</b>
	<b>FC</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>*</b>	<b>ns</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>ns</b>
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.98</b>	<b>0.94</b>	<b>0.77</b>	<b>0.74</b>	<b>0.33</b>	<b>0.85</b>	<b>0.96</b>	<b>0.57</b>

CV= Coeficiente de variación; FC= Significancia estadística; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación

Anexo 7: Comparación del rendimiento de grano de los híbridos formados con respecto al híbrido testigo en la localidad de Managua INTA – CNIA

<b>Tratamiento</b>	<b>Híbrido</b>	<b>Rendimiento Kg/ha</b>	<b>Rendimiento Sobre T en %</b>
3	AxLU-010	7559.3	32.9
6	AxLU-018	6546.3	15.1
20	Monarca (T)	5686.7	0.0
15	AxLU-045	5290.3	-7.0
5	AxLU-016	4884	-14.1
8	AxLU-025	4773.3	-16.1
12	AxLU-041	4773.3	-16.1
1	AxLU-002	4116.3	-27.6
13	AxLU-042	3805.3	-33.1
19	AxLU-058	3791.7	-33.3
18	AxLU-055	3410	-40.0
17	AxLU-048	3269.3	-42.5
9	AxLU-026	2669.7	-53.1
14	AxLU-043	2654	-53.3
7	AxLU-020	2645.7	-53.5
16	AxLU-047	2362.7	-58.5
4	AxLU-013	2045.7	-64.0
11	AxLU-030	1833.3	-67.8
10	AxLU-028	1547.7	-72.8
2	AxLU-007	1229	-78.4
	<b>Media</b>	<b>3744.7</b>	
	<b>CV (%)</b>	<b>26.6</b>	
	<b>FC</b>	<b>**</b>	
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.82</b>	
<b>CV= Coeficiente de variación; FC= Significancia estadística; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación</b>			

Anexo 8: Análisis estadístico de las características agronómica de los 19 nuevos híbridos en la localidad de Managua INTA – CNIA

<b>Tratamiento</b>	<b>Híbrido</b>	<b>DF</b> 50%	<b>AP</b> (cm)	<b>EP</b> (cm)	<b>LP</b> (cm)	<b>EnFo</b> (1-5)	<b>SG</b> (1-5)	<b>Asp</b> (1-5)	<b>Acam</b> (1-5)
1	AxLU-002	67.0	181.3	21.0	30.7	2.3	1.7	2.3	1.0
2	AxLU-007	67.3	170.3	13.0	31.0	2.0	2.0	2.7	1.0
3	AxLU-010	66.0	165.0	11.7	28.7	2.0	1.3	1.3	1.0
4	AxLU-013	68.7	152.7	4.3	31.7	2.0	2.0	2.0	1.3
5	AxLU-016	62.7	184.7	19.3	36.0	2.3	2.0	2.0	2.0
6	AxLU-018	66.7	178.3	22.0	32.7	2.7	2.7	2.0	1.0
7	AxLU-020	62.0	146.3	14.0	29.3	2.0	2.0	2.0	1.3
8	AxLU-025	62.0	153.3	14.0	32.7	2.7	2.0	1.7	1.0
9	AxLU-026	66.7	143.7	16.7	30.7	2.0	2.0	3.0	1.0
10	AxLU-028	68.7	129.3	6.7	30.3	2.0	2.0	2.3	1.0
11	AxLU-030	67.7	155.0	15.0	34.0	1.7	2.0	2.7	1.0
12	AxLU-041	70.3	186.0	11.7	33.3	2.0	2.0	2.0	1.3
13	AxLU-042	68.7	142.3	8.7	32.3	3.0	2.0	2.3	1.3
14	AxLU-043	71.7	145.3	7.7	34.0	2.3	2.0	2.0	1.3
15	AxLU-045	68.0	140.3	10.0	32.7	2.0	2.0	2.0	1.0
16	AxLU-047	67.7	145.3	17.3	30.0	2.7	2.3	2.7	1.0
17	AxLU-048	66.7	153.3	16.0	29.7	2.3	2.0	2.3	1.3
18	AxLU-055	64.7	151.7	10.3	32.0	2.0	2.0	2.0	1.0
19	AxLU-058	63.7	150.7	16.7	31.3	2.7	2.0	3.0	1.3
20	Monarca (T)	75.3	181.0	8.7	31.3	2.0	2.0	2.3	1.7
	<b>Media</b>	<b>67.1</b>	<b>157.8</b>	<b>13.2</b>	<b>31.7</b>	<b>2.2</b>	<b>2.0</b>	<b>2.2</b>	<b>1.2</b>
	<b>CV (%)</b>	<b>2.73</b>	<b>4.54</b>	<b>32.65</b>	<b>6.65</b>	<b>16.83</b>	<b>13.25</b>	<b>24.13</b>	<b>29.10</b>
	<b>FC</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.83</b>	<b>0.89</b>	<b>0.67</b>	<b>0.53</b>	<b>0.58</b>	<b>0.56</b>	<b>0.51</b>	<b>0.52</b>
<b>CV= Coeficiente de variación; FC= Significancia estadística; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación</b>									

Anexo 9: Comparación del rendimiento de grano de los híbridos formados con respecto al híbrido testigo en la localidad de Posoltega INTA – CDT. Fidel Castro

<b>Tratamiento</b>	<b>Híbrido</b>	<b>Rendimiento Kg/ha</b>	<b>Rendimiento Sobre T en %</b>
12	AxLU-041	5745.7	47.3
4	AxLU-013	4744	21.6
3	AxLU-010	4689	20.2
1	AxLU-002	4559.7	16.9
11	AxLU-030	4475.3	14.7
15	AxLU-045	4295.3	10.1
6	AxLU-018	4107	5.3
8	AxLU-025	3948	1.2
20	Monarca (T)	3901	0.0
2	AxLU-007	3877.7	-0.6
14	AxLU-043	3693.7	-5.3
5	AxLU-016	3589	-8.0
7	AxLU-020	3573.7	-8.4
17	AxLU-048	3496	-10.4
10	AxLU-028	3465.7	-11.2
13	AxLU-042	3428	-12.1
18	AxLU-055	3360.7	-13.9
19	AxLU-058	3191	-18.2
16	AxLU-047	2839.3	-27.2
9	AxLU-026	2093.7	-46.3
	<b>Media</b>	<b>3853.68</b>	
	<b>CV (%)</b>	<b>26.01</b>	
	<b>FC</b>	<b>ns</b>	
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.52</b>	

**CV= Coeficiente de variación; FC= Significancia estadística; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación**

Anexo 10: Análisis estadístico de las características agrónoma de los 19 nuevos híbridos en la localidad de Posoltega INTA - CDT. Fidel Castro

<b>Tratamiento</b>	<b>Híbrido</b>	<b>DF</b> 50%	<b>AP</b> (cm)	<b>EP</b> (cm)	<b>LP</b> (cm)	<b>EnFo</b> (1-5)	<b>SG</b> (1-5)	<b>Asp</b> (1-5)	<b>Acam</b> (1-5)
1	AxLU-002	50.0	173.0	19.0	32.0	3.3	2.3	5.0	1.0
2	AxLU-007	52.0	181.3	19.7	32.0	2.7	3.0	5.0	1.0
3	AxLU-010	52.0	168.0	19.7	28.0	2.3	3.0	5.0	1.0
4	AxLU-013	52.0	178.0	20.7	31.0	2.0	1.0	5.0	1.0
5	AxLU-016	50.0	184.0	22.0	34.0	2.7	3.0	5.0	1.0
6	AxLU-018	50.0	180.0	23.3	32.0	2.3	4.0	5.0	1.0
7	AxLU-020	50.0	146.0	20.0	30.0	2.0	2.0	1.0	1.0
8	AxLU-025	52.0	154.0	21.0	29.0	2.3	3.0	1.0	1.0
9	AxLU-026	52.0	136.0	19.7	30.0	2.3	4.0	1.0	1.0
10	AxLU-028	55.0	138.0	17.0	27.0	3.0	3.0	1.0	1.0
11	AxLU-030	55.0	157.3	21.3	29.3	2.7	2.0	5.0	1.0
12	AxLU-041	60.0	182.0	22.0	31.0	1.7	1.0	5.0	1.0
13	AxLU-042	60.0	147.0	21.0	32.0	1.7	3.0	1.0	1.0
14	AxLU-043	60.0	153.0	18.0	33.0	2.0	2.0	3.0	1.0
15	AxLU-045	60.0	148.0	20.0	30.0	2.7	2.0	1.0	1.0
16	AxLU-047	59.7	140.0	18.0	28.0	2.0	2.0	1.0	1.0
17	AxLU-048	59.7	148.0	23.3	29.0	3.0	1.0	1.0	1.0
18	AxLU-055	55.0	146.0	16.3	30.0	3.0	3.0	2.0	1.0
19	AxLU-058	55.0	143.0	18.0	30.0	3.0	3.0	1.0	1.0
20	Monarca (T)	60.0	172.0	18.7	27.0	2.3	1.0	1.0	1.0
	<b>Media</b>	<b>55.0</b>	<b>158.7</b>	<b>19.9</b>	<b>30.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>	<b>2.8</b>	<b>1.0</b>
	<b>CV (%)</b>	<b>0.32</b>	<b>0.12</b>	<b>11.62</b>	<b>0.43</b>	<b>54.44</b>	<b>18.79</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
	<b>FC</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>*</b>	<b>**</b>	<b>ns</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>ns</b>
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.51</b>	<b>1.00</b>	<b>0.29</b>	<b>0.87</b>	<b>1.00</b>	<b>0.00</b>

**CV= Coeficiente de variación; FC= Significancia estadística; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación**