

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO DE HÍBRIDOS DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR* L. MOENCH) EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA REGIÓN COSTA DEL ECUADOR.

AGRONOMIC AND PRODUCTIVE BEHAVIOR OF SORGHUM HYBRIDS (*SORGHUM BICOLOR* L. MOENCH) IN AGROECOLOGICAL ZONES OF THE COASTAL REGION OF ECUADOR

Boris Darío Amores Bravo¹

E-mail: boris-amores@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9719-2904>

Fernando Abasolo Pacheco¹

E-mail: fabasolo@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/000-0003-2268-7432>

Juan José Reyes Pérez¹

Email: jreyes@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5372-2523>

Ricardo Romero Mesa²

E-mail: ricarhapo@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3915-3309>

Juan Carlos Otacoma Yáñez³

E-mail: jotacoma@mag.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5253-9580>

Jefferson Bravo Salvatierra¹

E-mail: jbravo@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9566-3429>

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

² Empresa Ecuriolindo S.A. Los Ríos. Ecuador.

³ Ministerio de Agricultura. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Amores Bravo, B. D., Abasolo Pacheco, F., Reyes Pérez, J. J., Romero Mesa, R., Otacoma Yanes, J. C., Bravo Salvatierra, J. (2021). Comportamiento agronómico y productivo de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en zonas agroecológicas de la Región Costa del Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 168-178.

RESUMEN

El género *Sorghum*, es una especie cultivada con relevancia a nivel mundial, clave en el objetivo de contribuir a alcanzar la seguridad alimentaria. Así mismo, dadas sus características fisiológicas diferentes, como su alta eficiencia fotosintética y adaptación a condiciones adversas, potenciadas por la expresión de su vigor híbrido, representa una alternativa viable para la rotación de cultivos en áreas arroceras y maiceras. En el Ecuador hay poca investigación, relacionados con el comportamiento y adaptación de este cultivo, que permitan lograr la inserción del cultivo de sorgo en los diferentes sistemas de producción agrícola e industrial. En este contexto el presente trabajo busca, a través de la evaluación de cuatro híbridos de sorgo, cultivado en tres zonas agroecológicas diferentes de la costa ecuatoriana, determinar la adaptabilidad, productividad, y rentabilidad, mediante la evaluación de variables morfométricas y fisiológicas, aplicando metodologías estandarizadas para determinar rentabilidad, rendimiento y adaptabilidad de las variedades de sorgo MALÓN, ADV1302, ADV1350 IG, ADV1250 IG en zonas agroecológicas ecuatorianas de Montalvo, Ventanas y Quevedo. Con los datos registrados se realizaron análisis estadísticos y económicos, donde efectivamente existen diferencias significativas en las variables evaluadas. Los tratamientos empleados mostraron diferencias significativas.

Palabras clave:

Adaptabilidad, híbridos, zonas agroecológicas.

ABSTRACT

The genus *Sorghum* is a cultivated species with worldwide relevance, key in the objective of contributing to achieve food security. Likewise, given its different physiological characteristics, such as its high photosynthetic efficiency and adaptation to adverse conditions, enhanced by the expression of its hybrid vigor, it represents a viable alternative for crop rotation in rice and corn areas. In Ecuador there is little research, related to the behavior and adaptation of this crop, which will achieve the insertion of the sorghum crop in the different agricultural and industrial production systems. In this context, the present work seeks, through the evaluation of four sorghum hybrids, cultivated in three different agroecological zones of the Ecuadorian coast, to determine the adaptability, productivity, and profitability, by evaluating morphometric and physiological variables, applying methodologies standardized to determine profitability, yield and adaptability of sorghum varieties MALÓN, ADV1302, ADV1350 IG, ADV1250 IG in Ecuadorian agroecological zones of Montalvo, Ventanas and Quevedo. Statistical and economic analyzes were carried out with the recorded data, where indeed there are significant differences in the variables evaluated. The treatments used significant differences.

Keywords:

Adaptability, hybrids, agro-ecological zones.

INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los principales cereales producidos en el mundo, esta especie representa a todos los sorgos silvestres y cultivados de tipo anual (Filippi & Cartes, 2020). El sorgo toma una gran relevancia no solo por su papel en la alimentación y como forraje, sino también desde un punto de vista socioeconómico y biotecnológico. Esta planta ha sido muy utilizada por el hombre en áreas cálidas y secas (grano, forraje, materia prima para bebidas alcohólicas, fibra y otros usos especiales). Es junto a la cebada el cuarto cereal más importante en el mundo, después del trigo, el arroz y el maíz (Maqueira López *et al.*, 2016). Su adaptación a una amplia gama de condiciones agroecológicas, así como su tolerancia al estrés abiótico lo hace una especie de gran interés (Carrasco, *et al.*, 2011).

El uso de especies gramíneas que aportan un alto volumen de rastrojo es clave para la estabilidad de los sistemas agrícolas sostenibles. La inclusión del sorgo granífero en las rotaciones agrícolas mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, debido al gran aporte de residuos de cosecha (García Batista, *et al.*, 2020). Sin embargo, el déficit de granos previsto a partir del 2050 será de 450 millones de toneladas anuales, lo cual equivale a 220 kg ha⁻¹ per cápita, por lo que se hace necesario crear estrategias para incrementar la producción con altos rendimientos (Pérez, *et al.*, 2010).

Adicionalmente, la presencia del sorgo en las secuencias contribuye a controlar la erosión hídrica y la fijación de carbono. En el Norte de la Región Pampeana, el sorgo compite en la rotación con otros cultivos estivales y puede ser implantado en zonas donde el maíz no es rentable debido a la ocurrencia de sequías durante el período crítico del cultivo y su grano puede reemplazar o complementar al grano de maíz en la elaboración de alimentos balanceados. Otra ventaja que tiene este cultivo en relación a la soja y al maíz es su menor exportación de nutrientes del sistema y su mayor aporte de rastrojos. Sin embargo, las bajas producciones obtenidas en sorgo, son debidas principalmente a serias limitantes de índole nutricional y que por lo tanto limitan la obtención de rendimientos suficientemente rentables (García Batista, *et al.*, 2020).

Las plantas de sorgo son más eficientes que las de otros cereales en la absorción de agua y nutrientes, ya que tienen un sistema radical fibroso, ramificado y profundizador, que puede ser hasta dos veces más grande respecto al cultivo del maíz (Filippi & Cartes, 2020). La eficiencia en el uso del agua significa

umentar su productividad, esto es, reducir la intensidad de su uso, mejorar su asignación entre los diferentes usos a fin de obtener un mayor valor socioeconómico por gota de agua (Gómez, 2009).

En los últimos años ha crecido el interés en diversos países por la utilización del sorgo del tipo dulce como fuente de bioenergía, ya que esta especie presenta altos contenidos de biomasa y produce azúcar soluble convertible en bioetanol, mientras que las fibras residuales del proceso de extracción del jugo se pueden emplear para generar electricidad (Falasca & Bernabé, 2016).

Es por ello que resulta fundamental para la introducción de cultivares de la especie, evaluar el comportamiento de los mismos en diferentes ambientes (localidades y años), con la finalidad de aumentar el espacio de inferencia y la potencia para explorar la interacción de los genotipos con los ambientes y, por lo tanto, conocer el grado de estabilidad de los distintos híbridos a diferentes ambientes (Balzarini *et al.*, 2005). Los ensayos de cultivares en distintos ambientes y campañas permiten examinar tanto la estabilidad como la adaptación específica de una gran parte de los híbridos comerciales, una información necesaria para elección de la semilla a comprar (Díaz, 2018).

Ecuador no dispone de suficientes materiales genéticos de sorgo adaptados a las condiciones agroecológicas en las zonas potenciales, por lo que, es necesario realizar estudios de rendimientos y adaptación, con el fin de aprovechar las condiciones favorables para el desarrollo de este material en el litoral. En el caso de la península de Santa Elena, donde las pérdidas económicas de cultivos tradicionales por sequía son frecuentes, es importante buscar cultivos alternativos con mayores ventajas agronómicas, pero especialmente con una mayor capacidad para tolerar la sequía (Ortega, 2011).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento del grano de cuatro diferentes híbridos de sorgo de grano simple MALÓN, ADVANTA 1302, ADVANTA 1350, ADVANTA 1250 y su adaptabilidad en tres agroecosistemas de la provincia de los Ríos, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en tres zonas agroecológicas, Montalvo, Ventanas y Quevedo pertenecientes a la provincia de Los Ríos (Tabla 1), durante la época seca, comprendida entre los meses de mayo a noviembre, que es la época con el menor registro de precipitaciones. La temperatura promedio en estas localidades oscila entre los 24° y 28° C tal como se observa en la tabla 2.

Tabla 1. Coordenadas y localidades de las tres zonas agroecológicas de estudio.

Cantón / Provincia	Localidad	Coordenadas
Montalvo	La Clementina	1°47'42", WS 79°17'25"
Ventanas	México Lindo	1°22'59,69", WS 79°37'44,38"
Quevedo	San Carlos	0°40'19", WS 79°27'13"

Tabla 2. Condiciones climáticas predominantes y características del suelo en las zonas agroecológicas evaluadas.

Parámetros	Montalvo	Quevedo	Ventanas
Temperatura (°C)	24.2	22.6	25.2
RH (%)	88	84.0	86.0
Heliofanía (Horas luz año)	768	894.0	894.0
Precipitación (mm)	1750	2252.5	1577.8
pH	6.5	6.0	6.7
Topografía	Plana	Regular	Irregular
Textura de Suelo	Arcillosos	Franco/Arcilloso	Franco/Arcilloso

Se sembraron cuatro híbridos de sorgo, MALÓN, ADVANTA 1302, ADVANTA 1350, ADVANTA 1250 con características particulares (Tabla 3).

Tabla 3. Características referenciales de los cultivares evaluados en tres zonas agroecológicas.

HÍBRIDO	TIPO	USO	CICLO	COMPORTAMIENTO	TIPO DE PANOJA	CONTENIDO DE TANINO CONDENSADOS
MALÓN	Granífero	Grano o silaje de planta entera	Largo	Excelente	Semi-Abierta	Alto
ADV 1302	Granífero	Grano o silaje de planta entera	Intermedio – largo	Excelente	Semi-Compacta	Alto
ADV 1350 IG	Granífero	Grano o silaje de planta entera	Intermedio – largo	Excelente	Semi-laxa	Alto
ADV 1250 IG	Granífero	Grano o silaje de planta entera	Intermedio – largo	Excelente	Semi-laxa	Alto

ADV: Advanta

Las unidades experimentales donde se evaluaron los cultivares, se establecieron siguiendo un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Se realizaron 4 tratamientos en 4 repeticiones. Cada parcela donde se evaluaron los tratamientos constó de 6 hileras de 5.0 m de largo con un distanciamiento entre surcos de 0.5 m, de los cuales se cosecharon los dos surcos centrales. La siembra de los híbridos de sorgo se realizó manualmente a chorro continuo simulando una siembra mecanizada con una población de 9 a 11 semillas por metro lineal, dando una población aproximada de 180 mil plantas por hectárea.

Las parcelas experimentales se fertilizaron con 150 Kg ha⁻¹ de formulado como 10-30-10 para N-P-K respectivamente durante el tiempo de siembra; seguido de 130 Kg ha⁻¹ de Urea (46% N) repartido en tres aplicaciones, la primera al momento de la siembra, la segunda y tercera fertilización a los 15 y 30 días después de la siembra respectivamente. El fertilizante foliar complementario se aplicó dos veces durante el ciclo del cultivo

utilizando Evergreen, Excel Ag Corp. USA a razón de 1L ha⁻¹. Los ensayos se llevaron a cabo en condiciones de época seca utilizando únicamente la humedad remanente y cada lugar se consideró como un ambiente único debido a las diferencias de precipitaciones pluviales, temperatura media, humedad y tipo de suelo como se presenta en la Tabla 2. El control de malezas se lo realizó de forma convencional, los productos a aplicar van a depender del complejo de malezas presente en el terreno al momento de la siembra del cultivo. La semilla fue tratada con insecticidas y fungicidas para protegerla de insectos plagas del suelo.

VARIABLES DEL ESTUDIO

Las variables evaluadas fueron días a germinación y floración (al 50% de las plantas), Los cultivares se clasificaron por los días a floración en: Ciclo corto (< 62 días), Ciclo Intermedio (63 – 70 días a floración) – Ciclo Largo (> 70 días a floración) (Giorda & Cordes, 2014), y una semana antes de la madurez fisiológica, se midieron altura de planta (en cm, se determinó a través del valor promedio de cada cultivar evaluado al final del ciclo, medido desde la base de la planta hasta el extremo distal de la panoja en centímetros), longitud de panoja (Se seleccionaron cinco panojas al azar por cada híbrido y se midió su longitud (cm), desde el nudo hasta el extremo distal de la panoja), excursión (en cm, de la lígula de la hoja bandera a la base de la panoja), peso de 1000 granos (se contaron mil granos cosechados por cada híbrido evaluado y se los pesó, estos se expresan en gramos ajustados al 13% de humedad). Las tomas de datos están de acuerdo a las recomendaciones sugeridas por House (1985).

Rendimiento. Se determinó el rendimiento obtenido y los resultados se expresan en Kg ha⁻¹ y el rendimiento se ajustó a un 13% de humedad, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%M = ((Hi - Hf) / (100 - Hf)) \times 100$$

Evaluación de la severidad de enfermedades. Se evaluó la incidencia de cuatro enfermedades (Tabla 4) sobre el área foliar y panoja en los cuatro híbridos de sorgo en las tres zonas agroecológicas. Para esto, se tomaron de manera aleatoria plantas de las dos hileras centrales de cada parcela experimental. Para la medición de la severidad de las enfermedades se propuso una escala, en la cual se describe numérica y verbalmente las clases o categorías que se distinguen en la evaluación de cada enfermedad (Castaño Zapata & Del Río, 1993).

Tabla 4. Descripción de enfermedades y escala de evaluación de severidad determinadas en cuatro híbridos de sorgo (MALÓN, ADVANTA 1302, ADVANTA 1350, ADVANTA 1250) en tres zonas agroecológicas.

Nombre Científico	Enfermedad	Abreviatura	ESCALA DE LA ENFERMEDAD	
Puccinia sorghi	Roya	RY		
Cercospora sp	Cercospora sp	CR	1 – 2	Síntomas muy leves en hojas o panojas, afectando 1% del área foliar o panoja
Antracnosis	Antracnosis	ANT	3 – 6	Síntomas cubriendo 10% del área foliar o panoja
Helmisnthosporium turcicum	Tizón	TZ		Síntoma cubriendo 25% del área foliar o panoja
Sphacelia sorghi	Rocío azucarado	RC		7 – 8
			9 - 10	

Análisis Económico. Se evaluó la incidencia económica de los híbridos de sorgo mediante seis fórmulas, que se detallan a continuación:

$$\text{Costo fijo unitario (CFU)} = \frac{\text{Costo fijo total}}{\text{Número de unidades}} \dots\dots\dots 1$$

$$\text{Costo variable unitario (CVU)} = \frac{\text{Costo variable total}}{\text{Número de unidades}} \dots\dots\dots 2$$

$$\text{Costo total unitario (CTU)} = \text{CFU} + \text{CVU} \dots\dots\dots 3$$

$$\text{Precio de venta unitario} = \text{CTU} + \text{Ganancia} \dots\dots\dots 4$$

$$\text{Contribución marginal} = \text{Precio de venta} - \text{CVU} \dots\dots\dots 5$$

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costo fijo total}}{\text{Contribución marginal}} \dots\dots\dots 6$$

Para el análisis estadístico de las variables se sometieron a pruebas de normalidad y homocedasticidad para verificar el cumplimiento de los supuestos requeridos por lo datos. Los datos relativos a las variables evaluadas

se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey ($P < 0.05$), para establecer diferencias estadísticas entre las interacciones de los tratamientos. Se utilizó el software estadístico InfoStat Ver. 2017.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la emergencia de sorgo los diferentes híbridos no demostraron variabilidad, dicha etapa tiene una duración entre 3 a 10 días después de la siembra cuando las condiciones como temperatura, humedad, profundidad de siembra y el vigor del híbrido son las adecuadas (FORRATEC, 2015). En la presente investigación todos los híbridos emergieron entre los 4 y 5 días después de la siembra. Para el número de días a la floración fluctuó entre 61 a 77 días, siendo el Híbrido Malón el más precoz, iniciando su floración al día 61 en La Clementina, situación que ocurre en diversos materiales que pueden llegar a esta etapa fenológica en aproximadamente 62 días después de la emergencia (Fossati, 2000). Por otra parte, la localidad de México Lindo registró 67 días y 65 días en San Carlos para el híbrido Malón coincidiendo en los estudios realizados por Williams & Arcos (2015), en donde los valores referentes a floración fluctuaron entre 55 a 66 días, por lo que los valores encontrados se ubican más bien dentro de los genotipos precoces (Tabla 5).

En clementina los híbridos en estudio no presentaron diferencias significativas con valores entre 106.9 a 124.3 cm. Los híbridos más altos para México Lindo fue MALÓN con 154.3 y 146.9 cm estadísticamente iguales, superiores a los encontrados en San Carlos con valores que oscilan entre 118.4 y 139 cm, los cuales no presentaron acame, coincidiendo con Williams & Arcos (2015), en donde enuncia que los híbridos más altos fueron los experimentales RB-5x430 REA (198 cm) y RB27x430 REA (200 cm). 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. La mayor altura de planta de estos híbridos se asocia al progenitor masculino 430 REA. Sin embargo, hay datos que garantizan que híbridos de sorgo con altura de 80 cm presentan mejores rendimientos que alturas entre 40 y 60 cm destacando materiales destinados a forraje (Fassio, et al., 2002) (Tabla 5).

El híbrido MALÓN en las 3 zonas agroecológicas registró el valor más alto para longitud de panoja con 26.20 cm y 26.40 cm, estadísticamente superiores a los demás híbridos en estudio que presentaron valores entre 19.9 a 22.8 cm. De acuerdo a, Medina,

(2016) la longitud de la panoja está ligada a los escenarios ambientales, nutrición y fotoperiodo como aspectos condicionantes para el desarrollo de la panoja, donde las medidas aproximadas oscilan entre 28.75 cm a 29.30 cm según los resultados de la caracterización morfoagronómica del sorgo CIAP 132-05, (Tabla 5).

Todos los híbridos presentaron longitudes superiores a 27.5 cm, siendo el híbrido ADV 1250 en la zona "La Clementina" el que registró el valor más alto con 36.2 cm. (House, 1985) indica que los sorgos con buena exersión son aquellos que presentan más de 10 cm; por lo tanto, todos los genotipos presentan una exersión adecuada para la cosecha mecánica del grano. Además, Salvador (2007), menciona que la exersión garantiza la cosecha mecanizada y tolerancia ante la presencia de enfermedades y plagas. Ya que, si la longitud de la exersión es mayor hace que los granos queden fuera de la hoja bandera, limitando el daño por agentes patógenos en el inferior de la panoja (Villeda Castillo, 2014) (Tabla 5).

En cuanto al peso de mil semillas el promedio para las tres zonas osciló de 22.9 a 32.6 gr, presentando diferencias estadísticamente significativas entre los distintos híbridos participantes destacando el híbrido MALÓN con pesos de 31, 39.3 y 35 gr. Diferenciando con los resultados obtenidos por (Manilla & Cestellarín, 2017) para el peso de mil semillas el promedio fue de 25.1 gr, presentando diferencias entre los distintos híbridos participantes (Gen 21 T con 17.7 g. a SYT 70 con 35 g) (Tabla 5).

El rendimiento obtenido en la producción de sorgo cultivado en tres localidades diferentes de la provincia de Los Ríos se observa en la Figura 1, en la localidad de La Clementina no se detectaron diferencias significativas entre los híbridos cultivados según la prueba de Tuckey ($p < 0.05$), situación similar ocurrió con los materiales sembrados en las localidades de México Lindo y San Carlos donde los rendimientos obtenidos no demostraron diferencias estadísticas. Sin embargo, en México Lindo se registraron rendimientos más altos en relación a las otras localidades evaluadas, siendo el mayor rendimiento el del híbrido de sorgo ADV 1302 con 3,545.60 kg, cabe indicar que los rendimientos obtenidos tienen relación con el tipo de entorno en el que se desarrolla el cultivo, ya que las condiciones presentes en las diferentes localidades exponen a la planta ante variaciones del medio e influye directamente en el desarrollo foliar y su producción (Hernández & Soto, 2013).

Tabla 5. Variables de respuesta cuatro híbridos de sorgo, MALÓN, ADVANTA 1302, ADVANTA 1350, ADVANTA 1250, evaluados en tres zonas agroecológicas de la Región Costa del Ecuador.

Zonas agro-ecológicas	Híbrido	# de días a la germinación		# de días a la floración		Altura de planta		Longitud de panoja		Longitud de excursión de panoja		Diámetro de panoja		Peso de 1000 semillas (gr)	
La Clementina	MALÓN	5±1.63	a	61±1.63	c	124.33±7.77	a	26.38±3.19	a	32.26±2.03	ab	4.43±0.53	a	31±1.41	a
	ADV 1250	4±1.63	a	67±1.63	b	106.91±8.29	a	19.9±1.49	b	36.21±2.68	a	3.75±0.49	a	21.25±1.50	b
	ADV 1350	4±1.63	a	74±1.63	a	119.08±10.13	a	20.27±1.54	b	34.98±1.19	a	4.09±0.39	a	19.25±1.50	b
	ADV 1302	4±1.63	a	66±1.63	b	107.75±11.59	a	21.07±2.62	b	29.11±2.27	b	3.85±0.50	a	20.25±1.26	b
	CV (%)	38.4		2.4		8.4		10.6		6.37		11.92		6.2	
México Lindo	MALÓN	5±1.63	a	67.25±0.50	c	154.25±7.82	a	26.21±2.23	a	29.35±3.84	a	4.46±0.21	a	39.25±1.71	a
	ADV 1250	5±1.63	a	72.25±0.50	b	136±4.54	bc	21.56±1.25	b	30.22±3.38	a	4.1±0.14	ab	31±1.83	b
	ADV 1350	5±1.63	a	79.75±0.50	a	146.91±8.80	ab	21.15±1.01	b	27.51±2.58	a	4.16±0.30	ab	30±1.63	b
	ADV 1302	5±1.63	a	72.25±0.50	b	125.5±2.47	c	22.83±1.16	b	27.53±2.69	a	3.82±0.44	b	30.27±1.55	b
	CV (%)	32.7		0.7		4.56		6.5		11.04		7.1		5.2	
San Carlos	MALÓN	5±1.63	a	65±1.41	c	139±8.04	a	26.15±2.89	a	30.7±2.22	a	4.3±0.39	a	35±1.15	a
	ADV 1250	5±1.63	a	72.5±0.58	b	125.5±11.56	ab	21.47±2.11	ab	28.73±3.39	a	4.35±0.50	a	28.75±2.22	b
	ADV 1350	5±1.63	a	77.75±0.96	a	136.16±7.29	ab	20.88±2.57	b	31.95±1.86	a	4.57±0.50	a	28.75±2.50	b
	ADV 1302	5±1.63	a	74±0.82	b	118.41±7.24	b	21.48±2.25	ab	29.51±3.08	a	3.71±0.47	a	28.75±2.87	b
	CV (%)	32.7		1.4		6.7		11.1		9.0		11.0		7.5	

Los valores muestran la media ± Desv. Est.; CV: coeficiente de variación; las medias en la misma columna con letras iguales denotan ausencia de diferencias significativas (P < 0.05).

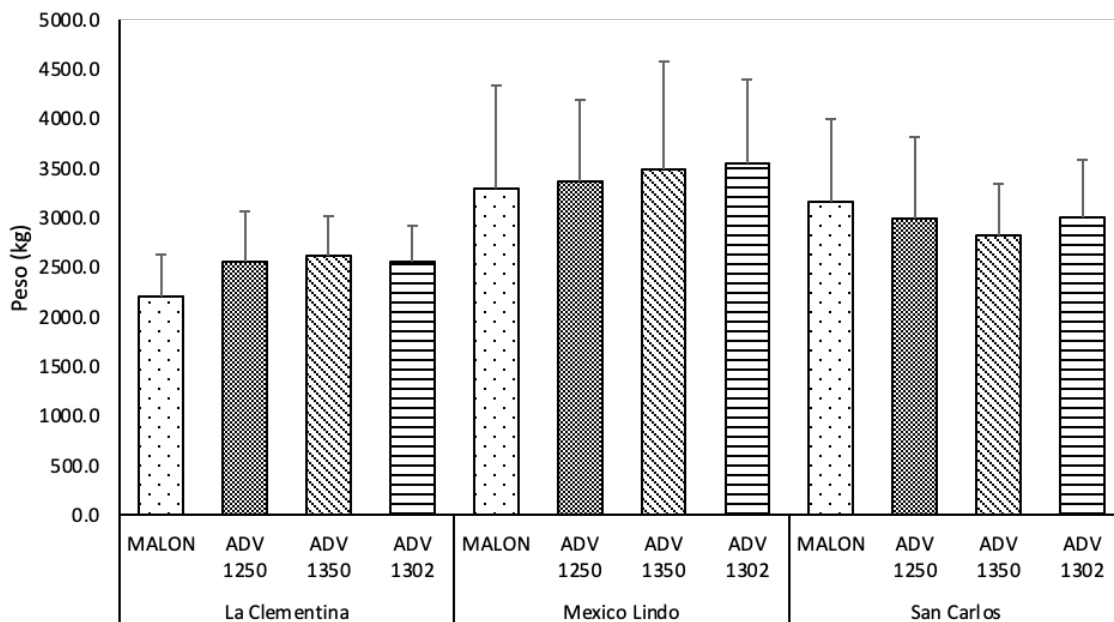


Figura 1. Rendimiento de los híbridos de sorgo MALÓN, ADVANTA 1302, ADVANTA 1350 y ADVANTA 1250 en kg ha⁻¹ ajustados al 13% de humedad evaluados en tres zonas agroecológicas de la Región Costa del Ecuador.

En la incidencia de enfermedades en el cultivo de sorgo se identificaron cinco diferentes síntomas correspondientes a agentes patógenos característicos del cultivo de los cuales, *Puccinia sorghi* registró una presencia con más del 25% del área foliar de la planta en los diferentes híbrido de las tres localidades evaluadas, la misma que está ampliamente distribuida manifestándose al florecer la planta y condiciones de humedad alta, su presencia puede comprometer hasta el 65% de los rendimientos e incluso ocasionar la pudrición del tallo (Barragan, 1993; Velazquez, 2019). Por otra parte, la antracnosis registró mayor presencia en el híbrido ADV1302 presentando síntomas con más del 50% de afectación en el parte foliar y panoja siendo una patología de mayor importancia cuando ataca el pedúnculo de la planta ocasionando granos vanos y panojas pequeñas (González, et al., 2011). La localidad de México Lindo registró también presencia de antracnosis en los híbridos cultivados con más del 25% de presencia en las plantas.

El rocío azucarado o también conocido como ergot registró síntomas de presencia de la enfermedad en La Clementina con plantas que registraban el 50% del área foliar afectada en los híbridos de MALON, ADV1350 y ADV1302, en donde, los dos últimos híbridos mencionados también registraron dichos niveles de incidencia en la localidad de México Lindo, esta enfermedad se caracteriza por limitar el desarrollo del esclerocio que conlleva a la formación del estado sexual de la planta, inclusive reduce la cantidad y calidad de los granos dificultando las actividades en la cosecha (Velazquez & Formento, 2015).

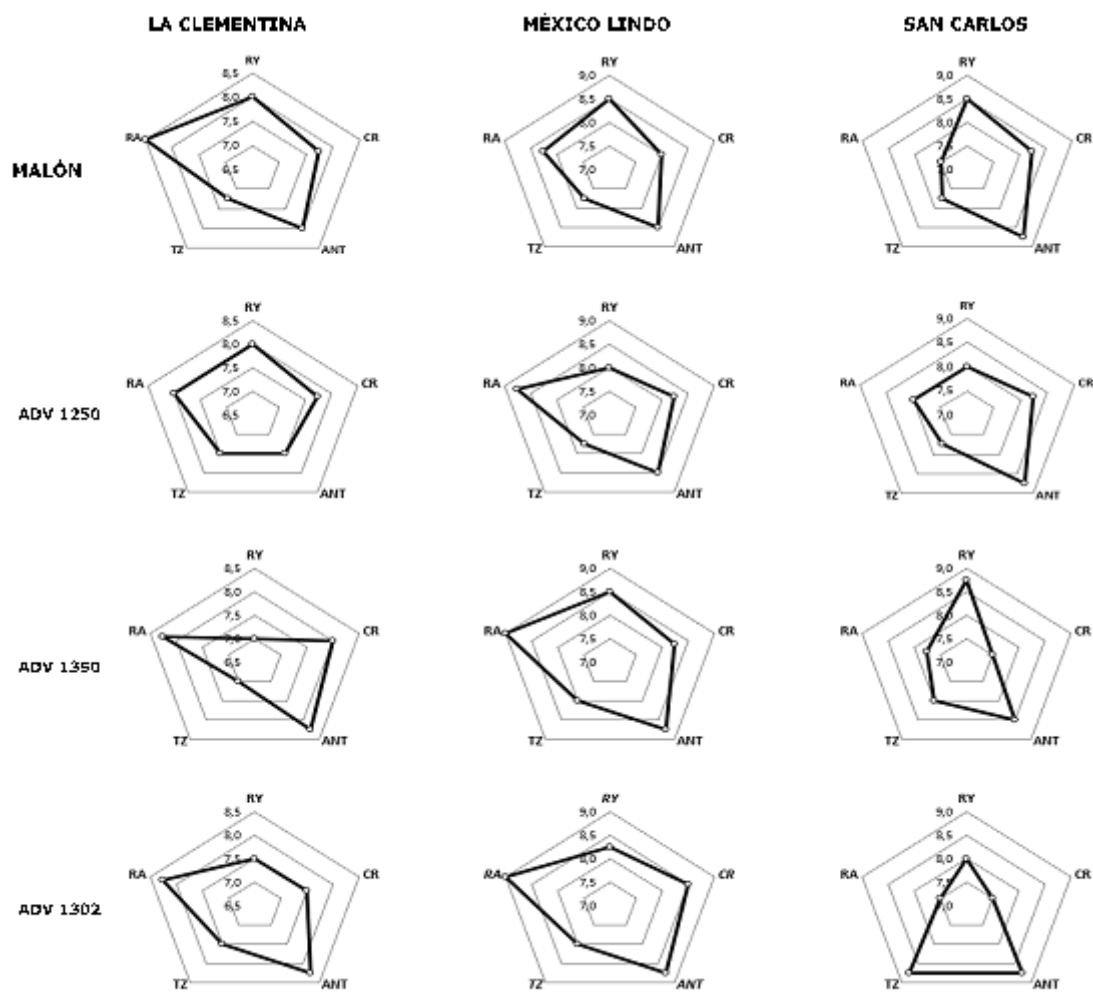


Figura 2. Severidad de enfermedades de los cuatro híbridos de sorgo en kg ha^{-1} evaluados en tres zonas agroecológicas de la Región Costa del Ecuador. RY: Roya; CR: Cercospora sp; ANT: Antracnosis; TZ: Tizón; RA: Rocío azucarado.

En la tabla 6 se presentan los costos de producción generados en el proceso productivo del Sorgo permiten determinar la relación entre los costos fijos y variables empleados, siendo necesarios para mantener el funcionamiento de un proyecto (Reynosa *et al.*, 2017). Los costos variables se relacionan a cada uno de los insumos agrícolas aplicados que conglomeran a productos herbicidas; insecticidas; fungicidas; semilla cuyos precios corresponden a los ofertados en las diferentes casas comerciales del país, además de determinar los gastos de producción y mano de obra solicitada incurriendo en un total de \$638.15 en los costos directos. Por

otra parte, los costos indirectos se consideraron los gastos de administración relacionado a la supervisión o asesoría aplicada en el desarrollo del cultivo y gastos concernientes a la cosecha y transporte del grano cuyo valor total es de \$250.00.

Tabla 6. Costos totales de producción los híbridos de sorgo MALÓN, ADVANTA 1302, ADVANTA 1350 y ADVANTA 1250 evaluados en tres zonas agroecológicas de la Región Costa del Ecuador.

Detalles	Valor Unitario	Unidades	Costo Total	
			Fijos	Variables
1. Costos Directos				
Materiales				
Semilla	\$ 66.60			\$ 66.60
Herbicidas	\$ 34.05			\$ 34.05
Insecticidas	\$ 56.00			\$ 56.00
Fungicidas	\$ 27.50			\$ 27.50
Fertilizantes	\$ 234.00			\$ 234.00
Mano de Obra				
Jornales	\$ 15.00	8		\$ 120.00
Gastos de producción				
Rozadora	\$ 25.00	1		\$ 25.00
Sembradora	\$ 75.00	1		\$ 75.00
Total Costos Directos				\$ 638.15
2. Costos Indirectos				
Gastos Administrativo				
Supervisión	\$ 100.00		\$ 100.00	
Gastos de cosecha y transporte				
Cosecha (Trillado)	\$ 90.00	1	\$ 90.00	
Transporte	\$ 60.00	1	\$ 60.00	
Total de Costos Indirectos			\$ 250.00	
TOTAL			\$ 250.00	\$ 638.15

La producción de los materiales de sorgo registró diferencias notables en cuanto a la obtención de utilidades en las diferentes localidades cultivadas, en la Tabla 7 se puede observar el rendimiento, los ingresos y egresos generados en la siembra del híbrido de sorgo MALON en las tres localidades evaluadas, obteniendo la mayor utilidad en México Lindo con \$ 500.79 y una relación B/C de 1.56, es decir que por cada dólar invertido se ha obtenido una ganancia de \$0.56 centavos y en La Clementina registró la menor utilidad con éste mismo híbrido obteniendo \$67.98 con una relación B/C de 1.08.

Tabla 7. Rendimiento y utilidades del híbrido de sorgo MALÓN.

Detalles	La Clementina	México Lindo	San Carlos
Rendimiento Kg	3084.30	4480.46	3723.52
Ingresos			
Ventas	\$ 956.13	\$ 1,388.94	\$ 1,154.29
Egresos			
MPD	\$ 418.15	\$ 418.15	\$ 418.15
MOD	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 120.00
CIF	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Gastos Administrativos	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Gastos de cosecha y transporte	\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 150.00

Total de Egresos	\$ 888.15	\$ 888.15	\$ 888.15
------------------	-----------	-----------	-----------

Utilidad Neta	\$ 67.98	\$ 500.79	\$ 266.14
---------------	----------	-----------	-----------

Relación B/C	1.08	1.56	1.30
--------------	------	------	------

Nota: el precio de venta por kg es de \$0.31

En la Tabla 8, se observa los rendimientos del híbrido de sorgo ADV1302 cuyos valores fueron similares en las tres localidades, hay que destacar que en la siembra de este híbrido se obtuvieron significativas pérdidas que superan los \$200, siendo en San Carlos la localidad que obtuvo el rendimiento más bajo y la mayor pérdida con -\$242.95 siendo de 0.73 la relación B/C que obtuvo este material.

Tabla 8. Rendimiento y utilidades del híbrido de sorgo ADV1302.

Detalles	La Clementina	México Lindo	San Carlos
Rendimiento Kg	2156.18	2196.28	2081.29
Ingresos			
Ventas	\$ 668.42	\$ 680.85	\$ 645.20
Egresos			
MPD	\$ 418.15	\$ 418.15	\$ 418.15
MOD	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 120.00
CIF	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Gastos Administrativos	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Gastos de cosecha y transporte	\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 150.00
Total de Egresos	\$ 888.15	\$ 888.15	\$ 888.15
Utilidad Neta	-\$ 219.73	-\$ 207.30	-\$ 242.95
Relación B/C	0.75	0.77	0.73

Nota: el precio de venta por kg es de \$0.31

En el caso del proceso productivo del híbrido ADV1350, en la Tabla 9 se registran los rendimientos y utilidades de este material. En el recinto México Lindo se obtuvo la mayor utilidad con \$235.61 alcanzando rendimientos de 3,625.02 kg por hectárea con una relación B/C de 1.27, por otra parte, se registraron pérdidas en La Clementina de -\$176.11 con un valor de 0.80 en la relación B/C.

Tabla 9. Rendimiento y utilidades del híbrido de sorgo ADV1350.

Detalles	La Clementina	México Lindo	San Carlos
Rendimiento Kg	2296.90	3625.02	3092.30
Ingresos			
Ventas	\$ 712.04	\$ 1,123.76	\$ 958.61
Egresos			
MPD	\$ 418.15	\$ 418.15	\$ 418.15
MOD	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 120.00
CIF	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Gastos Administrativos	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Gastos de cosecha y transporte	\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 150.00
Total de Egresos	\$ 888.15	\$ 888.15	\$ 888.15

Utilidad Neta	-\$ 176.11	\$ 235.61	\$ 70.46
Relación B/C	0.80	1.27	1.08

Nota: el precio de venta por kg es de \$0.31

En la Tabla 10, se registran los rendimientos y utilidades del híbrido ADV1250, el cual obtuvo sus mayores rendimientos en la localidad de México Lindo con 3,391.88 kg ha⁻¹ de sorgo con una utilidad de \$163.33 y relación de B/C de 1.18. Sin embargo, en La Clementina se registraron pérdidas de -\$145.89 con una relación B/C de 0.84 obteniendo el rendimiento más bajo en relación a los otros cantones.

Tabla 12. Rendimiento y utilidades del híbrido de sorgo ADV1250.

Detalles	La Clementina	México Lindo	San Carlos
Rendimiento Kg	2394.38	3391.88	3067.38
Ingresos			
Ventas	\$ 742.26	\$ 1,051.48	\$ 950.89
Egresos			
MPD	\$ 418.15	\$ 418.15	\$ 418.15
MOD	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 120.00
CIF	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Gastos Administrativos	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
Gastos de cosecha y transporte	\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 150.00
Total de Egresos	\$ 888.15	\$ 888.15	\$ 888.15
Utilidad Neta	-\$ 145.89	\$ 163.33	\$ 62.74
Relación B/C	0.84	1.18	1.07

Nota: el precio de venta por kg es de \$0.31

Finalmente, en la figura 3, se presenta el punto de equilibrio en la producción de sorgo se relaciona a los costos fijos, costos variables, precio de venta y costos totales o unitarios determinando en el proceso productivo de cada kg de sorgo de los híbridos MALON, ADV1302, ADV1350 y ADV1250. El cálculo del punto de equilibrio indica que la obtención de aproximadamente 2,473.88 kg de sorgo producidos permite cubrir los costos fijos y variables que conlleva el proceso productivo de esta gramínea. Los datos empleados para obtener el punto de equilibrio fueron los siguientes: Costo Fijo Unitario (\$ 0.08), Costo Variable Unitario (\$ 0.21), Costo Total Unitario (\$ 0.29), Precio de Venta Unitario (\$ 0.31), Contribución Marginal (\$ 0.10). Cabe destacar que los costos de producción directos e indirectos no registran ninguna diferencia en el proceso productivo de los cuatro híbridos de sorgo en las diferentes localidades correspondientes a La Clementina, México Lindo y San Carlos. Por lo tanto, la obtención del punto de equilibrio se encuentra en la producción de aproximadamente 2,473.88 kg o 54.42 qq de sorgo, de esta manera, se cubren la totalidad de los costos.

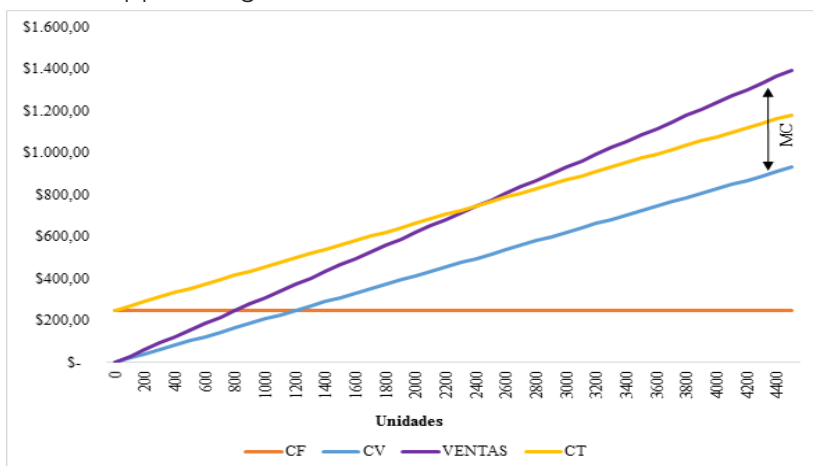


Figura 3. Punto de equilibrio de la producción de sorgo. CF: Costos Fijos; CV: Costos Variables; CT: Costos Totales; MC: Margen de Contribución.

En relación al análisis económico en la producción de sorgo se logra evidenciar que las mayores utilidades se obtienen en aquellos materiales que alcanzaron los rendimientos mayores, siendo necesario un análisis más profundo con base en las necesidades del cultivo en nutrición balanceada y manejo integral de enfermedades. Según Ramírez, (2012) y Rodríguez, (2015), los resultados obtenidos en la prueba de diferentes distanciamientos de siembra del cultivo de sorgo en el cantón Ventanas, los rendimientos obtenidos superan los 4.000 kg por hectárea con utilidades mayores a \$400 con el híbrido P83G19 de la empresa Pionner.

CONCLUSIONES

Como base fundamental en los resultados obtenidos se evidenció que la localidad de México Lindo obtuvo los rendimientos mayores y mejor comportamiento agronómico de los materiales evaluados de híbridos de sorgo, destacando que se convierte en un sitio clave para nuevas evaluaciones de este potencial cultivo como alternativa para la diversificación agrícola para los productores agrícola de esta zona. La producción de sorgo requiere una importante atención en la búsqueda de mayores beneficios, que pueden relacionarse a mejorar su capacidad productiva mediante el empleo de planes de fertilización y manejo integrado de enfermedades que garanticen un desarrollo óptimo de la planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balzarini, M., Bruno, C., & Arroyo, A. (2005). Análisis de ensayos agrícolas multi-ambientales: Ejemplos con Info-Gen. *Fac. de Cs. Agropec. UNC, Argentina*, 141.
- Castaño Zapata, J., & Del Río, L. (1993). Diagramas de severidad para cuantificar daños provocados por *Stenocarpella* sp. en maíz (*Zea mays* L.). *CEIBA*, 3(2), 249-260.
- Carrasco, N., Zamora, M., & Melin, A. (2011). Manual de Sorgo. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, 17-18.
- Falasca, S. L., & Bernabé, M. A. (2016). *Modelo de zonificación Agroclimática para la producción de sorgo dulce con fines energéticos en Argentina*. *Revista Geográfica Venezolana*, 057(1).
- Fassio, A., Cazzolino, D., Ibañez, W., & Fernández, E. (2002). *Sorgo: Destino Forrajero*. INIA La Estanzuela.
- Fossati, J. (2000). *Comportamiento de cultivares de sorgo granífero. Campaña 1999/2000*. Argentina: INTA. Hoja Informativa N° 5. http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/documentos/hoja_inf/hojainf_5.htm
- García Batista, R. M., Rodríguez Delgado, I., Mas Martínez, R., Pesantes Naranjo, H. E., & Iglesias Pérez, H. (2020). Comportamiento agroproductivo de híbridos de sorgo dulce introducidos en la República de Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(3), 240-252.
- Gómez, M. (2009). La eficiencia en la asignación del agua: principios básicos y hechos estilizados en España. *Economía y Medio Ambiente ICE*, 847.
- González, R., Ávila, J., & Pieruzzim, N. (28 de Julio de 2011). *Manejo de las principales enfermedades del sorgo en el estado Portuguesa*. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/manejo-principales-enfermedades-sorgo-t28894.htm>
- Hernández Córdova, N., & Soto Carreño, F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 24-49.
- House, L. R. (1985). *A Guide to Sorghum Breeding*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Martínez Medina, S. J., Gómez-Kosky, R., Rodríguez Valdés, G., Veitia Rodríguez, N., Saucedo Castillo, O., & Gil Díaz, V. (2016). Caracterización morfoagronómica de plantas de sorgo granífero variedad CIAP 132R-05 regeneradas vía embriogénesis somática en condiciones de campo. *Centro Agrícola*, 43(3), 73-79.
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., & Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*, 33(1).
- Salvador, H., Hernández, M., Ayala, J., Guzmán, R., Borja, C., Alvarado, M., & Calderón, V. (2007). *Guía técnica del sorgo (Sorghum bicolor, L. Moench)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. CENTA.
- Velazquez, P. D., & Formento, A. N. (2015). *Ergot o enfermedad azucarada del sorgo en Entre Ríos. Ciclo agrícola 2013/14*. INTA.
- Velazquez, P. D. (2019). Enfermedades del sorgo en el centro oeste de entre ríos. *Asociación de Argentina de Fito-patólogos*, 4, 1-8.
- Villeda Castillo, D. A. (2014). *Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) con bajo contenido de lignina*. Universidad de El Salvador.
- Williams-Alanís, H., & Arcos-Cavazos, G. (2015). Comportamiento agronómico de híbridos y progenitores de sorgo para grano en las Huastecas. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 88-97.