



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter
Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,
como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Comparación de densidades poblacionales en la productividad del
cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) en el Ecuador”.

AUTOR:

Alembert Cañizares Ramírez.

TUTOR:

Ing. Agr. Emilio Ramírez Castro, MSc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

Este documento reporta información relevante sobre la densidad de población y el rendimiento del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el Ecuador. El rendimiento del sorgo depende de la época de siembra y la densidad de siembra, ya que es un cultivo altamente sensible a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas, y su rendimiento depende de las condiciones del cultivo. En la preparación de este documento, la información obtenida de textos actualizados, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos contribuyeron a la producción de esta información y sirvieron como elementos prácticos para interpretar, resumir y analizar la recopilación de información para obtener investigación relevante. La conclusión es que el cultivo de sorgo es una fuente importante de materia prima para el mundo, y México y Estados Unidos son los principales exportadores de este cultivo, la innovación sobre la tecnología para cultivar sorgo es limitado, la densidad de población es el principal factor que afecta el rendimiento. Esto se debe a que, dependiendo del tipo de sorgo, se requiere la cantidad de plantas por hectárea. Sus beneficios se deben a que normaliza y mejora las condiciones fisiológicas de la planta para obtener rendimientos óptimos. La densidad de población del sorgo depende de la distancia de siembra, siendo recomendable un espaciamento entre hileras de 0,5 m, con 20-25 plantas por metro lineal, una densidad de población de 200.000 plantas/ha y un rendimiento promedio de grano de unas 6,0 Tn. /Ha

Palabras claves: densidad poblacional, distancia de siembra, gramíneas.

SUMMARY

This document reports relevant information on the population density and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). The yield of sorghum depends on the planting season and the planting density, since it is a highly sensitive crop to different types of soil and climatic conditions, and its yield depends on the crop conditions. In the preparation of this document, the information obtained from updated texts, journals, virtual libraries and scientific articles contributed to the production of this information and served as practical elements to interpret, summarize and analyze the collection of information to obtain relevant research. The conclusion is that sorghum cultivation is an important source of raw material for the world, and Mexico and the United States are the main exporters of this crop, innovation on technology to grow sorghum is limited, population density is the main factor affecting performance. This is because, depending on the type of sorghum, the number of plants per hectare is required. Its benefits are due to the fact that it normalizes and improves the physiological conditions of the plant to obtain optimal yields. The population density of sorghum depends on the planting distance, being recommended a spacing between rows of 0.5 m, with 20-25 plants per linear meter, a population density of 200,000 plants/ha and an average grain yield of about 6.0 tons. /Ha

Keywords: population density, planting distance, grasses.

CONTENIDO

RESUMEN	ii
---------------	----

SUMMARY	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. General.....	4
1.4.2. Específicos	4
1.5. Fundamentación teórica.....	5
1.5.1. Generalidades del cultivo del sorgo	5
1.5.2. Densidades y distancias de siembra de los cultivos.....	6
1.5.3. Densidad poblacional del sorgo	8
1.6. Hipótesis	12
1.7. Metodología de la investigación	12
CAPÍTULO II.....	13
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
2.1. Desarrollo del caso	13
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	14
2.3. Soluciones planteadas	14
2.4. Conclusiones	15
2.5. Recomendaciones	15
BIBLIOGRAFÍA	16

INTRODUCCIÓN

El sorgo es un grano de cereal originario de África que se utiliza para el equilibrio nutricional y se utiliza principalmente en la producción de ensilaje y heno para la alimentación del ganado. Sin embargo, tiene algunos inconvenientes ya que es muy vulnerable a los ataques de aves. El sorgo crece bien en suelos alcalinos, especialmente las variedades dulces que requieren la presencia de carbonato de calcio en el suelo para aumentar el contenido de sacarosa de tallos y hojas (Castillo *et al.* 2017).

El sorgo, al igual que otros cultivos, requiere un número óptimo de cultivos por unidad de área para alcanzar su máximo potencial de rendimiento de grano. El uso de más semillas por hectárea que el nivel recomendado no aumentará el rendimiento, sino que aumentará los costos de producción (Álvarez 1991).

Dado que el sorgo es una fuente importante de carbohidratos, es importante conocer la densidad de siembra óptima en el campo. A menudo se utilizan densidades de 230 000-250 000 plantas/ha para la producción de cereales, donde si es necesario conocer los efectos secundarios del aumento o disminución de la densidad de población anterior. Se sabe que la densidad de plantación no tiene efecto sobre los diámetros de los tallos que van de 125 000 a 230 000 plantas/ha. Sin embargo, aparecieron diferencias a bajas densidades de 50.000 a 125.000 plantas/ha. Además el efecto no es claro a densidades superiores a 230.000 plantas/ha (Páez 2013).

Se suele plantar con una distancia entre hileras de 45-52 cm, es decir 50.000-55.000 pl/ha o una densidad de 20-30 plantas por metro con distancia entre hileras de 20 a 60 cm. Además, se ha comprobado que el rendimiento disminuye cuando la distancia entre hileras es de 60 cm (Plaza 2015).

El uso de especies de gramíneas que proporcionan grandes cantidades de rastrojo es fundamental para la estabilidad de los sistemas agrícolas sostenibles. La introducción del sorgo en la rotación agrícola mejora las

propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo debido al gran aporte de subproductos del cultivo. Sin embargo, dado que se proyecta que la escasez de cultivos después de 2050 sea de 450 millones de toneladas por año, o 220 kg ha-1 por persona, se requiere una estrategia para aumentar la producción con un alto rendimiento (Amores *et al.* 2021).

Por lo expuesto se desarrolló la presente investigación, con la finalidad de recopilar información referente a la comparación de densidades poblacionales en la productividad del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el Ecuador.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre la comparación de las densidades poblacionales en la productividad del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el Ecuador.

La densidad de población es otro factor que afecta la producción de cultivos, principalmente porque es la herramienta más efectiva para mejorar la absorción de luz y la utilización de agua y nutrientes. La densidad óptima del cultivo se puede utilizar para maximizar la supresión de la radiación fotosintéticamente activa y lograr mayores rendimientos durante el período crítico que determina la productividad. Además, las densidades superiores a las óptimas pueden provocar una intensa competencia entre las plantas por la luz, el agua y los nutrientes, lo que afecta a varios factores de crecimiento y rendimiento (Chura *et al.* 2019).

1.2. Planteamiento del problema

El cultivo del sorgo es un cultivo de reciente desarrollo debido a los múltiples beneficios que ofrece. Sin embargo, debido a que los agricultores no utilizan la cantidad adecuada de semilla por hectárea, los rendimientos se reducen, lo que se traduce en mayores costos de producción, lo que es perjudicial para los productores de este cultivo (Hernández y Soto 2012).

La baja productividad no satisface la demanda interna, especialmente por el mal manejo de los cultivos, donde el principal factor que afecta la productividad es la densidad de población (Guerrero y Alatorre 2019).

1.3. Justificación

Todos los cultivos, al igual que el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.), requieren de una óptima población de plantas por hectárea, es por ello que la finalidad de efectuar la presente investigación es para que los agricultores conozcan la importancia de la densidad de siembra, a fin de obtener un máximo rendimiento del grano por unidad de superficie.

La investigación se realiza para identificar la densidad recomendable de la plantación por hectárea de sorgo, lo que permite que el cultivo se desarrolle con normalidad desde la siembra hasta la cosecha, reduciendo considerablemente la incidencia de plagas y enfermedades; así como alcanzar la producción adecuada de acuerdo a la variedad sembrada.

El presente documento beneficiará a los futuros profesionales y productores, para que fortalezcan los conocimientos sobre la siembra de sorgo, especialmente en factores que influyen en su producción como es el rendimiento.

Por ello, se justifica el desarrollo de la presente investigación, con la finalidad de determinar la comparación de densidades poblacionales en la productividad del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) en el Ecuador.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Caracterizar la comparación de densidades poblacionales en la productividad del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) en el Ecuador.

1.4.2. Específicos

- Describir el beneficio de la densidad poblacional sobre el rendimiento del cultivo de sorgo.
- Indicar la densidad poblacional que permite obtener los mayores rendimientos del cultivo de sorgo en el Ecuador.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades del cultivo del sorgo

“El sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) ocupa el quinto lugar a nivel mundial después del trigo (*Triticum sativum* L.), maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y la cebada (*Hordeum Vulgare* L.)” (Martínez 2009).

El sorgo es una gramínea anual perteneciente al género *Sorghum* de la familia Poaceae. El sorgo tiene hábitos de crecimiento y fisiología vegetal similares (metabolismo "C-4") al maíz (*Zea mays* L), pero el sistema radicular es más extenso y ramificado, con características fibrosas y vermiformes. con máximo 12 cm de profundidad. Tallos cilíndricos, de 1-3 m de altura, inflorescencias en forma de espiga con flores hermafroditas. Las semillas son pericarpio de unos 4 mm de diámetro (López y Reyes 2021).

El cultivo del sorgo ha cobrado importancia en los trópicos en los últimos años, principalmente como alimento para animales. Las semillas se utilizan como alimento humano, para el ganado y las aves de corral, y como materia prima para las industrias del almidón y el alcohol. A nivel mundial, Estados Unidos, Nigeria, México, India y China son los cinco principales productores de sorgo (Aguilar *et al.* 2019).

El sorgo se adapta a una amplia gama de entornos y produce semillas en condiciones desfavorables para la mayoría de los demás cultivos. Debido a su tolerancia a la sequía, se considera el mejor cultivo para regiones áridas con precipitaciones irregulares (López y Reyes 2021).

El sorgo bicolor (L.) Moench es un cultivo forrajero cada vez más utilizado con un rendimiento promedio de 20 toneladas MS/ha⁻¹. Esto se debe a su alta tolerancia a la sequía, especialmente a nivel vegetativo. Debido a la mayor cantidad de materia seca (MS) por unidad de agua consumida, el sorgo consume 80-100 ml menos que el maíz durante la etapa reproductiva (Pérez *et*

al. 2019).

“El sorgo requiere terreno arenoso, franco-arenoso, franco-profundo, buen drenaje y un pH de 5,0 a 8,0. Los cultivos de invierno se deben sembrar a partir de febrero para evitar problemas de lluvias durante la cosecha” (Santos 2014).

1.5.2. Densidades y distancias de siembra de los cultivos

En la gestión tecnológica, la densidad de población es un factor que incide en el rendimiento del grano. Cada genotipo requiere un número adecuado de plantas por hectárea para lograr un crecimiento y una función fisiológica normales, lo que da como resultado un rendimiento de semilla significativamente mayor (Campi 2019).

La respuesta de la planta a una determinada distancia de plantación no siempre es positiva. Esto se debe a que cuando se utilizan distancias de plantación más cortas, es decir, se establecen plantas con altas densidades de árboles por hectárea, esto a menudo tiene un impacto negativo en la vegetación (Roca 2019).

Los bajos rendimientos de los cultivos a nivel nacional y local se deben a una mala selección de cultivares, densidad de plantación y fertilización. Si se aumenta el número de plantas por unidad de superficie, existen varios cultivares con potenciales genéticos de alto rendimiento. Sin embargo, las densidades de cultivo no pueden recomendarse por completo, ya que varían de un lugar a otro según las condiciones climáticas, el suelo, el cultivo y la infestación de plagas (Vila 2019).

La densidad de plantas es un factor importante para el crecimiento de las mismas. La disponibilidad de recursos naturales (agua, nutrientes, luz) en el tiempo y el espacio puede limitar el crecimiento, crecer de manera óptima y crear competencia entre las mismas plantas por estos recursos. Las plantas son muy flexibles en crecimiento y forma, dependiendo de la presión creada por

la densidad. Los efectos de la densidad en los cultivos pueden estar relacionados con cambios en el tamaño, la forma o la cantidad de plantas que crecen en el cultivo (Ortiz 2019).

Sin embargo, es posible que no se utilice el mismo espaciamiento en todas las áreas, ya que depende de la variedad, las condiciones agroclimáticas, las condiciones del suelo y la disponibilidad de riego. Por este motivo, es imprescindible probar diferentes distancias antes de montar el cultivo para evitar errores de plantación que puedan acarrear pérdidas económicas por decisiones de inversión erróneas (Roca 2019).

“Un factor clave en el rendimiento de los cultivos es la densidad de siembra (número de plantas plantadas por hectárea)” (Ortiz 2019).

El manejo de la densidad de siembra es una de las prácticas agrícolas más recomendadas para incrementar el rendimiento de los cultivos, ya que con un número adecuado de individuos por unidad de superficie se logra un mejor aprovechamiento del agua y los nutrientes. El aumento de la densidad de plantación reduce la biomasa y el rendimiento por árbol. Sin embargo, los rendimientos de biomasa y grano por unidad de superficie son mayores (Endara 2019).

La importancia de los estudios de distanciamiento entre plantaciones está directamente relacionada con el uso de los recursos de la tierra al establecer más árboles por hectárea, pero es fundamental para producir resultados que determinen los niveles de densidad de población sin afectarlo (Roca 2019).

La densidad de siembra es uno de los factores limitantes en la producción, la población por unidad de área y el método de siembra son muy importantes ya que determinan el crecimiento adecuado y la competitividad del cultivo. La energía solar para productos vegetales, el número óptimo de semillas por hectárea en la cosecha es la cantidad que captura el 90 % o más de la radiación incidente al comienzo del desarrollo de la espiga (Amaiquema 2019).

La densidad de plantación se define como el número de plantas plantadas por unidad de superficie de terreno. Tiene un impacto significativo en el rendimiento de los cultivos y se trata como un insumo, similar a un fertilizante. La densidad de plantación está relacionada con el impacto que tienen los árboles en la competencia con otras plantas de la misma o diferente especie, así como con su eficiencia en la captación de la radiación solar. (Tumbaco 2019).

La elección de la distancia ideal de siembra para un determinado material vegetal puede mejorar la adaptación al medio en el que se desarrollará, posteriormente el tipo de suelo y su aprovechamiento, y así evitar el error de elegir una densidad de siembra equivocada. Este es un cambio importante a realizar, lo que podría implicar costos innecesarios en términos de cantidad de semilla. Por lo tanto, garantizar la sostenibilidad de este cultivo es un factor muy significativo, especialmente cuando se introducen nuevos cultivares e híbridos en una región en particular (Roca 2019).

La densidad de población es uno de los factores que regulan los cultivos, ya que afecta directamente su crecimiento, desarrollo y rendimiento. Por lo tanto, comprender la interacción de este factor es fundamental para obtener buenos rendimientos. La densidad óptima para el máximo rendimiento de los cultivos a menudo no se considera al planificar la replantación (Amaiquema 2019).

1.5.3. Densidad poblacional del sorgo

El espacio de siembra en la agricultura de sorgo varía de 8 a 36 pulgadas, según el sistema de siembra, la altura de la planta y el control de malezas utilizado. Cuanto más espaciados estén los surcos, mayor será la densidad de plantas por surco y viceversa. Hay que destacar que una distribución ideal evita la competencia entre plantas de sorgo y aprovecha al máximo el suelo (Cuadra 2000).

Las hileras deben sembrarse a intervalos de 0,5 a 1,00 metro. Dejando 20-25 semillas por metro lineal. Distancias más cortas en suelos fértiles y zonas húmedas, distancias más largas en zonas secas (Santos 2014).

La siembra se realiza manualmente con depósito continuo de semillas (chorrillo), distancia entre surcos 70 cm y a densidad de 25 kg ha⁻¹, posteriormente 25 días después de la siembra (dds) se realiza aclareo, hasta obtener una densidad de 17 plantas m⁻², después a 40 dds, se fertiliza a razón de 80 kg N ha⁻¹, en el aporque. Durante el ciclo de crecimiento del cultivo, se registra la temperatura media semanal máxima, mínima y suma semanal de precipitación (Pérez *et al.* 2019).

“El cultivo de sorgo se siembra manualmente mano, con 3-6 semillas por sitio de siembra, espaciadas 20 cm entre plantas y 60 cm entre hileras, dando densidades de población iniciales de aproximadamente 375.000 plantas por hectárea” (Aguilar *et al.* 2019).

“La siembra de 120.000 plantas/ha resulta el mayor rendimiento de materia seca. Con respecto al espacio entre hileras, se observa un efecto significativo entre tratamientos, con los rendimientos más altos representados por un espacio entre hileras de 30 pulgadas” (Cuadra 2000).

Las semillas utilizadas para la producción de sorgo dependen de la densidad de siembra. Se recomienda una densidad de siembra de 250.000 plantas/ha para riego, requiriendo aproximadamente 8-10 kg de semilla/ha. Para épocas secas, recomienda una cantidad de semilla de 4 - 8 kg ha⁻¹ a una densidad de 120.000 - 150.000 plantas/ha. Las densidades más bajas se encuentran en áreas con poca precipitación (Alejandro 2019).

La siembra debe realizarse en los tiempos recomendados para evitar exceso o deficiencia de agua durante el crecimiento y desarrollo de la planta. La estación está relacionada con la temperatura del suelo, y cuanto más baja es la temperatura, mayor es el daño. La siembra se puede realizar con máquina o a mano, sembrando las semillas a una profundidad de 1-3 cm. (Pérez *et al.* 2010).

La distancia entre hileras puede ser de 18, 36, 54 o 72 cm, según el

material disponible y la densidad de plantación. En general, para cultivos de invierno la distancia recomendada es de al menos 36 cm y la distancia entre hileras cuando se siembra con riego por gravedad es de 50 cm para facilitar el manejo (Pérez *et al.* 2010).

“El rendimiento de semilla mostró un efecto significativo en ambos factores (densidad, distancia), y se observó una tendencia hacia mayores rendimientos a medida que aumentaba la densidad de plantas y el espacio entre hileras” (Cuadra 2000).

“Los rendimientos promedio correspondientes oscilaron entre 1184 y 2264 kg/ha⁻¹ para el sorgo, lo que indica una disminución en el rendimiento. Esta caída en la producción puede deberse a que la mayoría de los fabricantes aún utilizan tecnología tradicional” (Cruz 2005).

La densidad de siembra a intervalos de 18 cm y 36 cm debe ser de 300.000 plantas/ha y para densidades de 200.000 a 250.000 plantas/ha son intervalos de 54 cm a 72 cm. Se recomiendan densidades más altas si las condiciones de humedad son adecuadas. El número de semillas depende de la densidad recomendada y la tasa de germinación, de alrededor de 10-12 kg/ha (Pérez *et al.* 2010).

Estudios demuestran que la siembra fue en labranza convencional en todas las localidades. La distancia entre hileras utilizada fue a 42 cm y la densidad promedio entre 15 a 20 plantas/m² logradas; aproximadamente 5 kg semilla/ha, se fertilizó a la siembra con 50 kg/ha fosfato diamónico (DAP). La profundidad de siembra se estableció en un rango de 4-5 cm. La semilla fue curada y en preemergencia se aplicó atrazina (90%) 1,5 kg/ha + s-metolaclor 1,2 lts/ha + lambdacialotrina (8,33%) 30 cm³/ha, para control de malezas e insectos de suelo (Melin *et al.* 2022).

Con base en los resultados de las pruebas, un estudio evaluó el impacto de siete distancias de siembra en el comportamiento agrícola y el rendimiento del sorgo híbrido “P83G19” de la región de Ventanas, provincia de Los Ríos y se

recomendó el uso del híbrido con hileras de 0,50 m y hasta 20 – 25 plantas por metro lineal. Se logró el mayor rendimiento de grano de 6.028 ton/ha. Esto es estadísticamente diferente de otros espacios de distancias probados. Adicionalmente, se debe utilizar un programa de fertilización química balanceado de acuerdo a los resultados del análisis del suelo y las necesidades nutricionales del cultivo (Santos 2014).

Según investigación, el análisis económico muestra que el tratamiento de 120.000 plantas por hectárea con un espacio de 30 pulgadas entre hileras produce los valores más altos de relación costo/beneficio (Sánchez y Sánchez 2001).

El estudio mostró que el mejor rendimiento de semilla fue de 5.132 t/ha para un espacio entre hileras de 0,50 m, que es significativamente mayor que el rendimiento de semilla de 4.995 t/ha para un espacio entre hileras de 0,45 m. (Santos 2014).

1.5.4. Densidad poblacional relacionada con la heliofanía

El brillo solar también se le conoce como heliofanía y para su medición se utiliza el heliógrafo, por lo tanto, la heliofanía es el número de horas de sol o periodo en el cual un lugar recibe radiación solar directa y que puede ser registrado por el heliógrafo. Cuando hay nubosidad, el instrumento recibe luz difusa, provocando que se interrumpa el registro del brillo solar. En un estudio realizado se encontró que la mayor incidencia de la floración se dio en la zona media, mientras que en la zona baja fue menos intensa debido al incremento de la insolación (Quemé *et al.* 2010).

La radiación es un factor importante en el cultivo de sorgo por dos razones: por la condición de especie C4 y por qué el rendimiento en grano depende en última instancia de la fotosíntesis durante el llenado del grano. Cuando existe la máxima radiación compatible con la agricultura de secano. Dicha radiación varía desde el este hacia el noroeste, explicado principalmente por la mayor nubosidad asociada a las masas de agua del océano atlántico. Pero

como el sorgo responde en torno al 0.8-1 % de incremento por cada 1% de incremento en la radiación y la heliofanía relativa varía entre 3 y 5 puntos porcentuales, la variación máxima esperable en rendimiento por sembrar sorgo en cualquier parte del país ronda en un 3 a 5 % (Algorta y Leániz 2014).

1.5.5. Densidad poblacional relacionada con las horas luz

Las plantas de días cortos, es decir cultivos de ciclo corto, florecen en respuesta al acortamiento de las horas luz, pero se han desarrollado variedades que son insensibles al fotoperiodo. Un periodo de 45 a 60 días entre la emergencia y la floración es normal; cuando este periodo se acorta el efecto sobre la planta es una reducción en el rendimiento (Romero 2013).

1.5.6. Densidad poblacional relacionada con la precipitación

La densidad de población es un aspecto del cultivo que en estas áreas debe tomarse en cuenta, dado que el empleo de grandes cantidades de plantas tiende a agudizar los problemas de sequía y de competencia por nutrientes y por luz. Se ha observado que, en plantas de maíz desarrolladas bajo sequía, el índice de cosecha decreció severamente con el incremento de la densidad; sin embargo, en plantas que crecieron bajo riego, el índice de cosecha no se modificó con el cambio de la densidad. En sorgo, al incrementarse la densidad de población, aumentó la eficiencia en el uso de agua, pero decreció la proporción de materia seca del grano (Ramos *et al.* 2012).

1.6. Hipótesis

Ho= no es importante conocer la comparación de las densidades poblacionales en la productividad del cultivo de sorgo

Ha= es importante conocer la comparación de las densidades poblacionales en la productividad del cultivo de sorgo.

1.7. Metodología de la investigación

Para la elaboración del documento se recopiló información de textos actualizados, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos que contribuyeron al desarrollo del presente documento que sirvió como componente práctico del trabajo de titulación.

La información obtenida fue parafraseada, resumida y analizada a fin de obtener información relevante sobre la comparación de densidades poblacionales en la productividad del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.).

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

En el presente documento se relató información relevante sobre la densidad poblacional y la productividad del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.).

La productividad del cultivo de sorgo depende de la época de siembra y densidad de siembra, ya que es un cultivo muy influyente en varios tipos de suelos y condiciones climáticas, donde su rendimiento depende de la condición donde se desarrolla.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Entre las situaciones detectadas se presenta:

No existe información disponible sobre la relación entre la densidad poblacional y la productividad del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) en el Ecuador.

Los agricultores ecuatorianos siembran poco hectareaje de sorgo, sin embargo, la información que existe está relacionada con tesis de grado en años anteriores.

A nivel mundial, los países americanos que se dedican a la producción de sorgo son Estados Unidos y México.

El grano se emplea para alimentación humana como materia prima para aceite y a su vez también sirve para alimentar el ganado.

La productividad es baja debido a que los productores no aplican tecnología moderna para incrementar su rendimiento.

2.3. Soluciones planteadas

Las soluciones planteadas son las siguientes.

Se debe promover la siembra del cultivo de sorgo, como cultivo alternativo de ciclo corto que ayude a mejorar los ingresos a los productores y a su vez genere fuentes de empleo en el país.

Incentivar a realizar investigaciones sobre la densidad poblacional del cultivo de sorgo para verificar su productividad en la zona costera del litoral ecuatoriano.

2.4. Conclusiones

Por lo detallado anteriormente, se concluye que:

El cultivo de sorgo constituye importante fuente de materia prima a nivel mundial, siendo México y Estados Unidos, los principales países americanos exportadores de este cultivo.

El manejo tecnológico del cultivo de sorgo en nuestro país es limitado, por lo tanto, la densidad poblacional es el principal factor que incide en el rendimiento, ya que dependiendo la variedad de sorgo se requiere un número de plantas/ha, cuyo beneficio será porque ella desarrolle un crecimiento normal y se mejoren las condiciones fisiológicas de las plantas, para lograr rendimientos óptimos.

La densidad poblacional del sorgo en el Ecuador depende de la distancia de siembra, por lo cual se recomienda 0,50 m entre hileras, con 20 a 25 plantas por metro lineal, con densidad poblacional de 200000 plantas/ha, lo que permite obtener rendimientos promedios de grano de aproximadamente 6.0 Tn/ha.

2.5. Recomendaciones

Las recomendaciones propuestas son:

Efectuar investigaciones de campo en el cultivo de sorgo en Ecuador, para obtener respuestas de adaptabilidad, densidad óptima de siembra, rendimiento y beneficios económicos, logrando así alcanzar resultados que puedan ser publicados.

Sembrar el cultivo a distancia de siembra de 0,50 m entre hileras, con 20-

25 plantas por metro lineal y densidad poblacional de 200000 plantas/ha.

Incentivar a los agricultores a la siembra del cultivo de sorgo, como alternativa de ciclo corto que les permita obtener ingresos económicos que beneficie a él y a su familia.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Jiménez, C. E., Tóala-Salas, A., Galdámez-Galdámez, J., Martínez, A. G., Martínez-Aguilar, F. B., Gómez-Padilla, E., Vázquez-Solis, H. 2019. EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ABONO ORGÁNICO EN EL CULTIVO DE SORGO. HOJA LEGAL, 30. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Tabare-Duche/publication/362079945_Capitulo_12_Diversidad_de_insectos_poli_nizadores_y_aspectos_morfologico-productivos_en_manzano_intercalado_con_milpa_en_Huejotzingo_Pueb

la/links/62d5a561c59ce7545942c29d/Capitulo-12-Diversidad-de-insectos-polinizadores-y-aspectos-morfologico-productivos-en-manzano-intercalado-con-milpa-en-Huejotzingo-Puebla.pdf#page=30

Alejandro Allende, F. 2019. Rentabilidad de la producción de sorgo en el norte de Tamaulipas (Master's thesis). Disponible en http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4252/1/Alejandro_Allende_F_ISEI_Economia_2019.pdf

Algorta Antía, M., & Leániz Ruete, J. M. 2014. Respuesta del cultivo de sorgo forrajero al riego y al nitrógeno. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1675/1/3902alg.pdf>

Álvarez Gaitán, M. A. 1991. *Efecto de cuatro densidades poblacionales y cuatro niveles de nitrógeno en el rendimiento del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) variedad pinolero-1* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).

Amaiquema Rodríguez, L. S. 2019. Respuesta de un híbrido promisorio de maíz forrajero a las densidades de siembra y fertilización en la zona de Quevedo (Bachelor's thesis, BABAHOYO; UTB, 2019). Disponible en <http://190.15.129.146/bitstream/handle/49000/6881/TE-UTB-FACIAGING%20AGRON-000218.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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

Campi Liuba, R. I. 2019. Efecto de las densidades poblacionales, tipos de siembra y fertilización edáfica en el cultivo de soya (*Glycine max*, L.) sembrado en la época seca, zona de Quevedo (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ). Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3630/1/T-UTEQ-0166.pdf>

Castillo Mamani, A., Quispe Ramos, K., Yujra Quispe, Ch. 2017. Sistema productivo del cultivo de sorgo (*Sorghum vulgare*). *Revista Estudiantil AGRO-VET*, 1(1), 26-30.

Chura, J., Mendoza-Cortez, J., De la Cruz, J. 2019. Dosis y fraccionamiento de

- nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 241-248. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.09>
- Cruz Tapia, B. O. 2005. Rendimiento de tres cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) en el Pacífico Sur de Nicaragua (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA). Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/790/1/tnf30c957r.pdf>
- Cuadra Montenegro, M. J. 2000. Efecto de diferentes densidades de siembra y distancias entre hileras sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA). Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/1766/1/tnf01c961.pdf>
- Endara Guamán, A. M. 2019. Determinación de la Eficiencia Energética del cultivo de frejol, bajo dos densidades y tres fertilizaciones en el CADET-Tumbaco (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19112/1/T-UCE-0004-CAG-128.pdf>
- Guerrero Rodríguez Juan de Dios y Alatorre Hernández Antonio. 2019. La producción de granos básicos para la ganadería mexicana en el contexto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. *Escenarios complejos*, 53.
- Hernández Córdova, N., & Soto Carreño, F. 2012. Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Isiap Dorado). *Cultivos Tropicales*, 33(2), 50-54.
- López Valdivia, A. O., & Reyes Alvarado, C. M. 2021. Evaluación del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. ABS-4600 establecido en dos sistemas de siembra bajo diferentes tipos de fertilización. EL Plantel, postrera 2019 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria). Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/4315/1/tnf01l864o.pdf>
- Martínez Villavicencio, R. J. (2009). Determinación del número de aplicaciones de fungicida e insecticida para el manejo de plagas y enfermedades en etapa vegetativa en el cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)

- Moench) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA). Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/2191/1/tnh10m385d.pdf>
- Melin, A. A., Andres, É., Zamora, M. S., Regalia, A. E., Giaquinta, A., Wynne, J., Vecchi, G., Ibarra, C. 2022. ECR Sorgos graníferos 2021-22. Chacra Experimental Integrada Barrow, MDA–INTA. Disponible en https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12949/INTA_CRBsAsSur_EEABarrow_Melin_AA_ECR_sorgos_gran%C3%ADferos.pdf?sequence=1
- Ortiz Diaz, C. C. 2019. Evaluación de dos densidades de siembra en un cultivo comercial de yuca (manihot esculenta c.) bajo la metodología pipa, en el municipio de yacopí cundinamarca (Doctoral dissertation). Disponible en <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2645/Evaluacion%20de%20dos%20densidades%20de%20siembra%20en%20un%20cultivo%20de%20yuca%20%28manihot%20esculenta%20C.%29%20Bajo%20la%20meto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Páez, M. 2013. Efecto de seis densidades poblacionales en el rendimiento de biomasa del Sorgo de la variedad Sureño en Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Pág. 2.
- Pérez Hernández, A., Quero Carrillo, A., Garduño Velázquez, S., Escalante Estrada, J., Rodríguez González, M., Miranda Jiménez, L. 2019. Análisis de crecimiento en sorgo forrajero en dos períodos de siembra. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(5), 1083-1095. Epub 03 de marzo de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1813>
- Pérez, A, Saucedo, O, Iglesias, J, Wencomo, Hilda B, Reyes, F, Oquendo, G, Milián, Idolkys. 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pastos y Forrajes, 33(1), 1. Recuperado en 18 de abril de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000100001&lng=es&tlng=es.
- Plaza Rodríguez, J. 2015. 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. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias para el Desarrollo.

- Quemé, J. L., Orozco, H., Castro, O., Buc, R., Ralda, G., López, A., ... & Coronado, M. 2010. Comportamiento de la floración de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) y sus efectos en otras variables relacionadas con la productividad de azúcar. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra, 2011, 94-102. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170105140208885.pdf>
- Ramos, A. P., Valle, S. M. D. C., & González, C. A. J. 2012. Adaptación y manejo del sorgo y mijo perla en condiciones de temporal deficiente en aguas callentes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20(2), 147-161. Disponible en <http://www.acuedi.org/ddata/1100.pdf>
- Roca Mendoza, C. O. 2019. Respuesta agronómica de tres híbridos de maíz sembrados a dos distancias en la parroquia La Esperanza del Cantón Quevedo (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ). Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3631/1/T-UTEQ-0167.pdf>
- Romero, A. R. 2013. Niveles de competencia de maíz y sorgo sobre el cultivo de la soya en asocio, en el valle del Zamorano y en fincas de pequeños agricultores. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/67e5042c-28df-4512-ae04-41737d28d509/content>
- Sánchez Méndez, H. E., & Sánchez Reñazco, R. A. 2001. Efecto de tres densidades de siembra y tres distancias entre hilera, sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Var. 887V2 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA). Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/1788/1/tnf01s211.pdf>
- Santos Bastidas, J. 2014. Efecto de la interacción entre densidades poblacionales en el rendimiento de grano del cultivo de Sorgo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2014). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/650/T-UTB-FACIAG-AGROP-000027.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Tumbaco García, P. L. 2019. Evaluación del comportamiento productivo de tres híbridos de Café (*Coffea arábica*L.) en tres distanciamientos de siembra (Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM). Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1812/1/UNESUM-ECU-ING.AGROPE-2019-04.pdf>

Vila García, J. M. 2019. Comparativo de variedades y densidad poblacional en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), bajo las condiciones edafoclimáticas de Pampa del Arco, Distrito de Huamanga–Región Ayacucho. Disponible en http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/689/Jorge_tesis_titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y