



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA AGRONOMÍA

Proyecto de Investigación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónomo.

Título del Proyecto de Investigación:

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE MAÍZ,
CONSIDERANDO FENOLOGÍA Y DENSIDAD DE SIEMBRA, CON EL USO DE
TECNOLOGÍA AEROESPACIAL Y ESPECTRAL

Autor:

Angulo Cedeño Carlos Javier

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Yáñez Cajo Danilo Javier MSc.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Angulo Cedeño Carlos Javier** que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, y por la normatividad institucional vigente.

Angulo Cedeño Carlos Javier

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Yánez Cajo Danilo Javier MSc.**, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Angulo Cedeño Carlos Javier**, realizó el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo titulado “**Análisis del comportamiento agronómico del cultivo de maíz, considerando fenología y densidad de siembra, con el uso de tecnología aeroespacial y espectral**”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas.

Ing. Yánez Cajo Danilo Javier MSc.
Director de Proyecto de Investigación

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Document Information

Analyzed document	TESIS CARLOS ANGULO.pdf (D139612915)
Submitted	2022-06-08T01:25:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	carlosjavier212301@gmail.com
Similarity	8%
Analysis address	dyanezc.uteq@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / Sellan Canales Maria Jose_tesis_de_Grado..docx Document Sellan Canales Maria Jose_tesis_de_Grado..docx (D139603886) Submitted by: maria.sellan2016@uteq.edu.ec Receiver: fabasolo.uteq@analysis.arkund.com		14
W	URL: https://www.e-agrizon.com/producto/semilla-de-maiz-adv-9139/ Fetched: 2022-06-08T01:28:00.0000000		1
SA	borrador tesis.docx Document borrador tesis.docx (D52993558)		1
SA	TESIS FINALtapiagomezsa.docx Document TESIS FINALtapiagomezsa.docx (D77272180)		2
W	URL: http://www.ciacabrera.com.ar/docs/JORNADA%2029/23.pdf Fetched: 2021-01-25T08:19:38.5070000		4
SA	1581526952_TESIS_ValladolidGaby arkund.docx Document 1581526952_TESIS_ValladolidGaby arkund.docx (D63805000)		2
W	URL: http://hdl.handle.net/10803/22669 Fetched: 2022-06-08T01:29:00.0000000		1

Ing. Yánez Cajo Danilo Javier MSc.
Director de Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA AGRONOMÍA

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“Análisis del comportamiento agronómico del cultivo de maíz, considerando fenología y densidad de siembra, con el uso de tecnología aeroespacial y espectral.”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

Ing. Agron. Ramiro Gaibor Fernández, M. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Daniel Vera Avilés, M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Agron. Martín Orrala Icaza, M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mocache – Los Ríos- Ecuador

2022

AGRADECIMIENTO

Como redactor del presente estudio agradezco a:

Quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que me apoyaron durante todo el tiempo de estudio en la universidad. Estas palabras son para ustedes.

Primeramente, a mi padre celestial quien ha guiado mis pasos días tras días.

A mi padre Carlos Emilio Angulo Gonzales y a mi madre Alba Cedeño Zambrano por todo su amor, comprensión y apoyo.

A mi abuelo Carlos Mesías Angulo Badillo, por brindarme todos los consejos, por compartir su tiempo y fe en mí.

A mi amada esposa Alma Daniela Rodríguez Chong Qui, por ser mi compañera de vida y estar presente en mi etapa profesional junto con mi amado hijo Carlos Ezequiel Angulo Rodríguez.

A mis amigos que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño.

Carlos

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo está dedicado principalmente a las tres personas que son un pilar fundamental en vida, mi padre, mi abuelo y mi esposa. Además, el presente trabajo de grado se lo dedico a Dios por ofrecerme la sabiduría brindada por mi señor creador.

Carlos

RESUMEN

El empleo de tecnología en la agricultura ayuda a los agricultores a aumentar la productividad en sus cultivos, la obtención de imágenes multiespectrales permite estimar el estado de salud del cultivo, evaluando el estado nutricional, estrés hídrico, contenido de clorofila. El objetivo principal de esta investigación es analizar el comportamiento agronómico del cultivo de maíz, considerando la fenología y la densidad de siembra, utilizando tecnología espectral y aeroespacial. Dado el estudio, se cultivó dos variedades de maíz (Hibrido ADV 9193 y Maíz Criolla Mocache) a tres distancias de siembra (0.60, 0.70 y 0.80 m), en donde se determinó la ruta de vuelo por un periodo de 14 semanas registrando datos cada 7 días; el uso de cámaras multiespectrales posibilitó en elaborar los índices de vegetación NDVI y NDRE. Como resultado, el comportamiento agronómico del ADV 9193 y Criolla Mocache demuestra que no se revela grandes diferencias entre sus distanciamientos evaluados, sin embargo, la predicción espectral estima que, en etapas finales del cultivo, presenta muy poca cobertura vegetal verde; infiriendo indirectamente al estado de madurez de la mazorca y por ende el tiempo de cosecha; indicando al tratamiento 3 (ADV 9193) con mejores respuestas espectrales [Semanas 12 y 14 (0.33 y 0.33) NDVI y 0.0025 (NDRE)], mientras que el tratamiento 5 (Criolla Mocache) destaca en sus valores [Semanas 12 y 14 (0.33 y 0.19) NDVI y 0.0041 (NDRE)]; esto demuestra que siembras realizadas a 0.70 m mejora levemente el estado de madurez de la mazorca. Los índices de vegetación NDVI y NDRE desempeñan una adecuada detección de cobertura vegetal.

Palabras claves: Imágenes multiespectrales, NDVI, NDRE, agricultura de precisión.

ABSTRACT

The use of technology in agriculture helps farmers increase productivity in their crops, obtaining multispectral images allows estimating the health status of the crop, evaluating the nutritional status, water stress, chlorophyll content. The main objective of this research is to analyze the agronomic behavior of corn cultivation, considering the phenology and planting density, using spectral and aerospace technology. Given the study, two varieties of corn (Hybrid ADV 9193 and Maíz Criolla Mocache) were cultivated at three planting distances (0.60, 0.70 and 0.80 m), where the flight path was determined for a period of 14 weeks, recording data each 7 days; the use of multispectral cameras made it possible to elaborate the NDVI and NDRE vegetation indices. As a result, the agronomic behavior of ADV 9193 and Criolla Mocache shows that no great differences are revealed between their evaluated distances, however, the spectral prediction estimates that, in the final stages of the crop, it presents very little green plant cover; indirectly inferring the state of maturity of the cob and therefore the harvest time; indicating treatment 3 (ADV 9193) with better spectral responses [Weeks 12 and 14 (0.33 and 0.33) NDVI and 0.0025 (NDRE)], while treatment 5 (Criolla Mocache) stands out in its values [Weeks 12 and 14 (0.33 and 0.19) NDVI and 0.0041 (NDRE)]; this shows that sowings carried out at 0.70 m slightly improves the state of maturity of the cob. The NDVI and NDRE vegetation indices perform an adequate detection of vegetation cover.

Keywords: Multispectral images, NDVI, NDRE, precision agriculture.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXO	xvi
CÓDIGO DUBLÍN.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II	
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1 Marco conceptual	6
2.1.1 Maíz (Zea mays L.)	6
2.1.2 Importancia del Maíz en Ecuador	6
2.1.3 Características del Maíz	6
2.1.4 Raíz.....	7
2.1.4.3 Tallo.....	7

2.1.4.4	Hojas y Flores.....	7
2.1.5	Fases Fenológicas del Maíz.....	7
2.1.6	Requerimientos Edafoclimáticas.....	8
2.1.7	Material genético.....	8
2.1.8	Ventajas de los híbridos.....	9
2.1.9	Desventajas de los híbridos.....	9
2.1.10	Híbrido ADV 9193.....	9
2.1.11	Semilla Criolla del Ecuador.....	10
2.2	Marco referencial.....	10
2.2.1	Agricultura de Precisión.....	10
2.2.2	Metodología de la Agricultura de Precisión.....	10
2.2.3	Teledetección.....	11
1.3.4	Tipos de drones.....	11
2.2.4.1	Drones de ala fija.....	11
2.2.4.2	Dron de ala rotatoria.....	12
2.2.5	Sensores.....	12
2.2.5.1	Sensor multiespectral.....	12
2.2.5.2	Sensor hiperespectral.....	12
CAPÍTULO III		
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		16
3.1	Localización de la investigación.....	17
3.2	Tipo de investigación.....	17
3.3	Método de investigación.....	17
3.4	Fuentes de recopilación de información.....	18
3.4.1	Material genético.....	18
3.4.2	Factores en estudio.....	18
3.4.3	Tratamientos.....	18
3.5	Diseño experimental.....	19
3.6	Manejo del experimento.....	19
3.6.1	Preparación del suelo.....	19
3.6.2	Siembra.....	20
3.6.3	Distancia y densidad de siembra.....	20
3.6.4	Control de malezas.....	20
3.6.5	Control de plagas y enfermedades.....	20

3.6.6	Fertilización edáfica y foliar.....	20
3.6.7	Cosecha	20
3.6.8	Plan de vuelo y equipos aeroespaciales.....	21
3.7	VARIABLES EVALUADAS.....	21
3.7.1	VARIABLES AEROSPAZIALES.....	21
CAPÍTULO IV		
	RESULTADO Y DISCUSIÓN	24
4.1	Resultado	25
4.1.1	Caracterización aeroespacial y espectral en el comportamiento agronómico del maíz Híbrido ADV 9193 y Criolla Mocache sembrados a diferentes distancias..	25
4.1.2	Respuesta espectral, imágenes multiespectrales	30
4.1.3	Comportamiento agronómico de las semillas (ADV 9193 V. Criolla Mocache) y distancia (0.60, 0.70 y 0.80 m); análisis de media y desviación estándar de las semanas evaluadas.....	33
4.2	Discusión	53
CAPÍTULO V		
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1	Conclusión.....	57
5.2	Recomendaciones	58
CAPÍTULO VI		
	BIBLIOGRAFÍA	59
6.1	Bibliografía.....	60
CAPÍTULO VII		
	ANEXO	64
7.1	Anexo	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características del Híbrido ADV 9193.....	9
Tabla 2.	Características de maíz Criolla Mocache	10
Tabla 3.	Grado de participación de los principales componentes de los costos de producción agrícola, considerando nivel de desarrollo tecnológico de su gestión.....	13
Tabla 4.	Comparación de imágenes según altitud de vuelo.....	13
Tabla 5.	Imágenes de 6 m de tamaño de píxel, obtenidas por un Drone volando a 100 m de altitud, captadas por debajo de una cobertura nubosa densa.....	14
Tabla 6.	Esquema que ilustra los enfoques posibles para atender la variabilidad intra-lote, a partir del uso de drones.	14
Tabla 7.	Relevamiento multiespectral sobre un olivar. Se obtiene información de cada árbol individual gracias a la alta resolución espacial.....	15
Tabla 8.	Condiciones Agroclimáticas del sitio experimental.	17
Tabla 9.	Factores de estudio.	18
Tabla 10.	Esquema del Análisis de Varianza.	19
Tabla 11.	Unidad Experimental.....	19
Tabla 12.	Media; semana 1, 2 y 3.....	34
Tabla 13.	Media y desviación estándar; semana 4.....	35
Tabla 14.	Media; semana 5,6 y 7.....	36
Tabla 15.	Media; semana 8.....	37
Tabla 16.	Media; semana 9,10,11	38
Tabla 17.	Media; semana 12.....	39
Tabla 18.	Media; semana 13,14.....	40
Tabla 19.	Media; semana 1, 2 y 3.....	41
Tabla 20.	Media; semana 4.....	42
Tabla 21.	Media; semana 5, 6 y 7.....	43
Tabla 22.	Media; semana 8.....	44
Tabla 23.	Media; semana 9.....	45
Tabla 24.	Media; semana 10 y 11.....	46
Tabla 25.	Media; semana 12.....	47
Tabla 26.	Media; semana 13 y 14.....	48

Tabla 27.	Altura de planta.....	49
Tabla 28.	Peso de 100 grano de maíz (g).....	50
Tabla 29.	Peso de 100 grano de maíz (g).....	50
Tabla 30.	Peso de 100 grano de maíz (g).....	51
Tabla 31.	Rendimiento (Kg/Ha ⁻¹).....	51
Tabla 32.	Rendimiento (Kg/Ha ⁻¹).....	52
Tabla 33.	Rendimiento (Kg/Ha ⁻¹).....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Fases fenológicas del maíz.	8
Figura 2.	Dron de ala fija.	11
Figura 3.	Dron de ala rotatoria.	12
Figura 4.	Niveles NDVI en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 1, 2, 3 y 4.....	25
Figura 5.	Niveles NDRE en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 1, 2, 3 y 4.....	26
Figura 6.	Niveles NDVI en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 5, 6, 7, 8 y 9.....	27
Figura 7.	Niveles NDRE en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 5, 6, 7, 8 y 9.....	28
Figura 8.	Niveles NDVI en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 10, 11, 12, 13 y 14.....	29
Figura 9.	Niveles NDRE en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 10, 11, 12, 13 y 14.....	30
Figura 10.	Perfil de los índices de vegetación NDVI y NDRE.....	31

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo A. Análisis de varianza de la media del índice NDVI; semana 1.....	65
Anexo B. Análisis de varianza de la media del índice NDVI; semana 2.	65
Anexo C. Análisis de varianza de la media del índice NDVI; semana 3.	66
Anexo D. Análisis de varianza de la media del índice NDVI; semana 4.....	66
Anexo E. Análisis de varianza del peso de 100 granos de semilla.....	67
Anexo F. Análisis de varianza del rendimiento.....	67

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Análisis del comportamiento agronómico del cultivo de maíz, considerando fenología y densidad de siembra, con el uso de tecnología aeroespacial y espectral.”
Autor:	Angulo Cedeño Carlos Javier
Palabras clave:	Imágenes multiespectrales, NDVI, NDRE, agricultura de precisión.
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen:	<p>El empleo de tecnología en la agricultura ayuda a los agricultores a aumentar la productividad en sus cultivos, la obtención de imágenes multiespectrales permite estimar el estado de salud del cultivo, evaluando el estado nutricional, estrés hídrico, contenido de clorofila. El objetivo principal de esta investigación es analizar el comportamiento agronómico del cultivo de maíz, considerando la fenología y la densidad de siembra, utilizando tecnología espectral y aeroespacial. Dado el estudio, se cultivó dos variedades de maíz (Hibrido ADV 9193 y Maíz Criolla Mocache) a tres distancias de siembra (0.60, 0.70 y 0.80 m), en donde se determinó la ruta de vuelo por un periodo de 14 semanas registrando datos cada 7 días; el uso de cámaras multiespectrales posibilitó en elaborar los índices de vegetación NDVI y NDRE. Como resultado, el comportamiento agronómico del ADV 9193 y Criolla Mocache demuestra que no se revela grandes diferencias entre sus distanciamientos evaluados, sin embargo, la predicción espectral estima que, en etapas finales del cultivo, presenta muy poca cobertura vegetal verde; infiriendo indirectamente al estado de madurez de la mazorca y por ende el tiempo de cosecha; indicando al tratamiento 3 (ADV 9193) con mejores respuestas espectrales [Semanas 12 y 14 (0.33 y 0.33) NDVI y 0.0025 (NDRE)], mientras que el tratamiento 5 (Criolla Mocache) destaca en sus valores [Semanas 12 y 14 (0.33 y 0.19)</p>

	NDVI y 0.0041 (NDRE)]; esto demuestra que siembras realizadas a 0.70 m mejora levemente el estado de madurez de la mazorca. Los índices de vegetación NDVI y NDRE desempeñan una adecuada detección de cobertura vegetal.
Descripción:	Hojas: dimensiones, 29 x 21 m + CD-ROM 6162
URI:	

INTRODUCCIÓN

El comportamiento agronómico del maíz está influenciado por varios factores climáticos, manejo agronómico y presencia de plagas (2). Influencia que provoca pérdidas en cualquier estado fisiológico de la planta, afectando ligeramente la producción, que implica a la disminución de las mazorcas en peso, número de filas, ancho el grano, llenado y secado (1).

La aplicación de la agricultura de precisión aplica fundamentalmente a mejorar el estado económico, reducir el impacto ambiental y permite controlar el manejo agronómico de los cultivos mediante el uso de drones con tecnología multiespectral. La estrategia consiste en recoger datos individuales, temporales y especiales para ser dispuesto al agricultor en sus tomas de decisiones, reformando la eficiencia en sostenibilidad, recursos, calidad y productividad agrícola (3). La utilización de sensores remotos establece respuestas espectrales, por ejemplo, en el cultivo de arroz estime las variaciones provocadas por el estrés en etapas de crecimiento determinando, así como cuando se desarrollará el encañado y floración (20). Por esta razón la teledetección es un recurso tecnológico por explotar en la producción agronómica.

Varias técnicas implican la lectura de datos por sensores remotos y lejanos, lo que permite la determinación de longitudes de onda y respuestas espectrales adecuadas para estimar el tipo y la cantidad de minerales en el suelo o el contenido de clorofila y nitrógeno en las hojas, también para confirmar los patrones de reflectividad de biofísicos. /datos espectrales; posicionamiento global para identificación de lotes; teledetección para identificar cultivos; y sistemas de información geográfica, para apoyar la toma de decisiones en el sector agropecuario. Existen diferentes métodos para monitorear el cultivo, como el cálculo de índices en base a la respuesta espectral obtenida por espectroradiómetro u otros sensores de proximidad. Estos indicadores son útiles para conocer el estado nutricional en tiempo real, algunos a partir de las respuestas espectrales de las hojas u otros obtenidos del dosel (1).

El objetivo final y más importante de la agricultura de precisión es lograr mayores beneficios económicos, ambientales y sociales, aumentando la competitividad a través de una mayor eficiencia en las prácticas agrícolas.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La mayoría de maiceros del Ecuador se ven limitados tras diversos factores que afectan a sus cultivos desde la presencia de plagas, hasta la variabilidad climática. Por esta razón la producción esperada por los agricultores es impredecible, pese a las aplicaciones de métodos de control o prevención durante el ciclo vegetativo. Dicho de otra manera, visualmente y empíricamente no se puede estimar eventos que limitan a la obtención de una buena producción, dado esta razón el desconocimiento por parte de los agricultores sobre el comportamiento espectral de las plantas provoca un subdesarrollo en el cultivo de maíz.

Diagnóstico

Los métodos empleados por parte de los agricultores sobre las limitaciones nutricionales y plagas pueden ser acertada respecto a la disminución de la producción y la productividad del cultivo de maíz.

Formulación del problema

¿Cuál es la respuesta espectral, del comportamiento agronómico del cultivo de maíz, considerando su fenología y su densidad de siembra, con el uso de tecnología espectral y aeroespacial?

Sistematización del problema

- ¿Qué datos reflejará los sensores aeroespaciales del comportamiento agronómico del cultivo de maíz?
- ¿Cuál será la diferencia del comportamiento agronómico del cultivo en las distancias de siembra con tecnología espectral?
- ¿Existen diferencias en la producción entre los materiales maíz en función de la intercepción de la radiación solar detectada por sensores remotos?

1.2 Justificación

La incorporación de la agricultura de precisión a los cultivos de maíz facilitara a los agricultores observar sus cultivos de una perspectiva diferente. Detectando las incidencias

de plagas y enfermedades, así como la deficiencia de nutrientes en uno o varios puntos del cultivar. El uso de UAS (vehículos no tripulados) provistos de cámaras multispectrales permitirá adquisición de imágenes remotas con un sinnúmero de aplicaciones en cartografía, termografía y agricultura de precisión, también nos ayuda con la detección temprana y la prevención alertando mediante un reporte la aparición de nuevas limitantes.

La teledetección permite identificar y cuantificar el flujo de energía radiante. (emisión, absorción, reflexión y transmisión) ocurren simultáneamente, y sus intensidades relativas en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético caracterizan el contenido de clorofila, nitrógeno o agua en la vegetación, obtener un espectro de respuesta representativo de dicho contenido.

Es aquí donde los sensores remotos contribuyen a la eficiencia en el uso de aplicaciones de agroquímicos, fertilizantes o compuestos orgánicos evitando así puntos de mayor incidencia. Por este motivo la Agricultura de precisión nos ayuda en el manejo de la variable espacial y temporal ayudando de esta manera a mejorar la economía y también ayudando a reducir de manera positiva el impacto ambiental.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar el comportamiento agronómico del cultivo de maíz, considerando la fenología, y la densidad de siembra, utilizando tecnología espectral y aeroespacial.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento agronómico del cultivo de maíz con la utilización de sensores remotos.
- Cuantificar las variables de reflectancia de maíz, considerando su fenología y densidad de siembra.
- Determinar la producción de maíz, considerando su comportamiento agronómico.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Maíz (*Zea mays* L.)

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) está considerado como uno de los cultivares que más aportaciones económicas tienen los agricultores, se puede adaptar fácilmente a los diversos tipos de suelos, climas, altitudes y condiciones. Se caracteriza por su alto rendimiento y el alto contenido nutricional que aporta al ser humano, siendo así consumido por todo el mundo con una tasa de 5.4% (4).

La siembra de esta especie se encuentra en todo el país, desde la Sierra y en la Costa región en la cual se cultiva maíces de grano amarillo duro o blancos duros, además del maíz dulce. La cosecha del maíz es muy sencilla, ya que se basa en la recolección de las mazorcas cuando estas estén en el estado óptimo (5).

2.1.2 Importancia del Maíz en Ecuador

La siembra de este grano presenta altos rendimientos en diferentes provincias del país, Manabí produce el 35%, Los Ríos con 27% y Guayas con 23%, siendo cultivada una extensión con un total de 350 mil Ha. La provincia de Los Rios estando en segundo lugar promueve 3.7 toneladas por hectárea (6).

Por lo contrario, Sánchez (22) menciona que la extensión total que se cultiva maíz es de 520.00 Ha, incluyendo que esta especie es de fácil mecanización en todas las fases fenológicas siendo así útil para la nutrición humana por las propiedades que contiene, almidón y azúcares es de 60-70 %, bases nitrogenadas 10% y grasa de 4-8%.

2.1.3 Características del Maíz

La planta de maíz es una gramínea, monoica osea que presenta flores masculinas y femeninas. Esta planta está compuesta por:

2.1.4 Raíz

2.1.4.1 Raíz principal.

Presenta un grupo de cuatro raíces y origen proviene del embrión en lo estas suministran los nutrientes esenciales para su respectivo desarrollo inicial (5).

2.1.4.2 Raíces adventicias.

Estas se desarrollan en sus primeras fases fenológicas desde el primer nudo llamado mesocotilo que mediante de ahí se generan nudos sucesivos hasta llegar de 7 -10 nudos. Su función es la más importante ya que fija la planta además que absorbe agua y nutrientes (5).

2.1.4.3 Tallo

También llamada caña, está conformada por varios nudos sin ramificación lateral, por lo tanto, llega a medir según las condiciones nutricionales entre 1.00 - 2.50 M (6).

2.1.4.4 Hojas y Flores

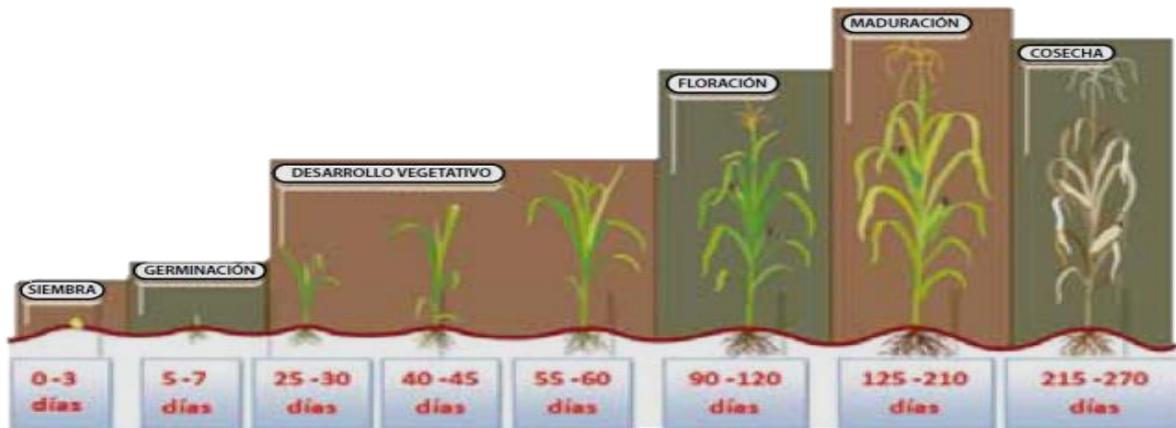
Las hojas son lineares de nervadura paralela, salen de cada nudo de la caña. Por otra parte, la inflorescencia masculina presenta panícula, panoja, espiga, compuesta por un par de espigas y en las ramas con arreglo dístico, incluyendo en estas tres estambres donde contiene el polen. Mientras que las inflorescencias femeninas se encuentran en las yemas auxiliares siendo más específico en las mazorcas donde estas con propiedades estigmáticas germinan el polen (4,27).

2.1.5 Fases Fenológicas del Maíz

Comienza con la emergencia presentada como etapa inicial, segunda etapa que se denomina de rápido desarrollo y esta cubre efectivamente la superficie presentado de 5-6 hojas, tercera etapa en esta inicia la maduración y la senescencia del follaje, además que disminuyes el consumo de agua, para concluir en la etapa de maduración y cosecha (7).

Figura 1

Fases fenológicas del maíz



Autor: (7)

2.1.6 Requerimientos Edafoclimáticas

El maíz requiere una temperatura de 25-30 C°, es demandante de una alta incidencia de luz solar ya que zonas nubladas limita la producción, la altura van desde los 2000 – 2900 m.s.n.m. el crecimiento de la especie estará influenciado por las precipitaciones de deben rodear los 40-65m. Las necesidades hídricas varia en su estado ya que se menciona que en la fase de crecimiento vegetativo solicita más agua (8,28).

2.1.7 Material genético

Las semillas de maíz son el punto de partida de la producción agrícola en la cual demanda controles adecuados para transferir sus cualidades únicas a la siguiente generación. Estandarizando diversas leyes y reglamentos para mantener la calidad, pureza física, fisiología e inocuidad de una variedad. Por lo tanto, la certificación de semillas permite como una guía para la producción, el acondicionamiento y el mercado, promoviendo la satisfacción de la demanda por parte de los agricultores (9).

El cruzamiento de dos líneas puras origina una nueva semilla híbrida, en vista que el desarrollo de una nueva variedad que promete aumentar los rendimientos o generar tolerancia a diversos factores tales como abióticos y bióticos. La implementación de

materiales genéticamente modificados ha incrementado la productividad y disminuido pérdidas provocadas por enfermedades (9).

2.1.8 Ventajas de los híbridos

La principal ventaja que define estos materiales modificados es la obtención de producción alta, también en la uniformidad en floración, altura de planta y maduración, permitiendo la obtener plantas más vigorosas, resistente al acame y rotura. Cabe mencionar que aumenta la sanidad de la mazorca por ende al grano y es su etapa de llenado (10).

2.1.9 Desventajas de los híbridos

La adaptabilidad es pequeña incluyendo su variabilidad genética lo que hace que sea vulnerable a las epifitas. Por otro lado, la adquisición de este producto mejorado es media ya que su costo es alto, cabe incluir que para generar ganancias prometidas por la empresa se debe aplicar todos los insumos para así explotar el potencial genético (10).

2.1.10 Híbrido ADV 9193

Tabla 1

Características del Híbrido ADV 9193

Características	Rango
Rango de adaptación	0 – 800 msnm
Ciclo de vida	125 días
Días de emergencia	4-6
Días a floración	58
Días a cosecha	125 días
Tipo de grano	Cristalino
Altura de la planta	232 m
Inserción de la mazorca	121 m
Granos por hilera	37,5
Plantas /ha recomendadas a cosecha	62.500
Tolerancia a pudrición de mazorca	Buena

Autor: (11).

2.1.11 Semilla Criolla del Ecuador

Tabla 2

Características de maíz Criolla Mocache

Características	Rango
Profundidad de siembra	2.5 m
Distancia entre plantas	40 m
Tiempo de emergencia	15 a 25 días
Preferencia climática	Cálido

Autor: (12).

2.2 Marco referencial

2.2.1 Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión se define como el conjunto de metodologías y tecnologías, dicho de otra manera, permite la administración de un terreno mediante escalas espaciales y temporales influyendo en la relación la variabilidad de factores bióticos o abióticos (23). El objetivo de la implementación de tecnologías en la agricultura es de reducir costos tales como insumos y el empleo de la mano de obra, aumentar el rendimiento y mejorar la eficiencia, calidad y sostenibilidad (13).

2.2.2 Metodología de la Agricultura de Precisión

La metodología empleada circula mediante la recolección de información que se debe a obtener datos o información de las variables que interactúan en el cultivo para después registrarlo en el Sistema de Información Geográfica (21). Segundo, el análisis, procesamiento e interpretación de los datos en lo que incluye el procesamiento de la cobertura del cultivo ya sea de manera individual o colectivamente, para concluir en esta etapa con el análisis de los parámetros. Y por ultima se da en la tercera etapa que se limita al manejo de la información y la recolección e ingreso de la misma (13,25).

2.2.3 Teledetección

La teledetección es una disciplina científica que engloba el uso del conocimiento y tecnologías implementado en la observación, análisis e interpretación de factores terrestres y planetarios (26). Se debe agregar que usa imágenes satelitales que permite obtener información de la superficie terrestre en fracción del territorio. Por lo tanto, ejerce una amplia relación a la resolución espacial, espectral y temporal de las imágenes (14).

Mayorga (24) menciona que entre los últimos años se considera que el uso de drones permite tomar mediciones y capturas remotas por medio de cámaras multispectrales de alta definición, dando la ventaja de evaluar en días nublados a diferencia de las imágenes satelitales. Con la llegada de esta tecnología se abre múltiples posibilidades de manejo en la agricultura, puesto que permite la localización de la maleza, estimar rendimiento, incidencia de plagas y enfermedades, prevención de factores abióticos y observar el índice de la vegetación (14)

1.3.4 Tipos de drones

2.2.4.1 Drones de ala fija

Su diseño es igual que avión convencional, posee una gran capacidad de vuelo, recorre grandes distancias. Su sistema de propulsión es tipo UAVs.

Figura 2

Dron de ala fija.



Autor: (15)

2.2.4.2 Dron de ala rotatoria

Estos dispositivos también se denominan rotores múltiples o helicópteros. Las características más importantes son: despegue y aterrizaje vertical, reduciendo los requisitos de espacio para aterrizaje y despegue comportamiento. Es tipo UAVs.

Figura 3

Dron de ala rotatoria



Autor: (15)

2.2.5 Sensores

Los sensores dan imágenes de alta resolución, actualmente se desarrolla sensores Multiespectral e hiperespectral miniaturizados que se pueden transportar Vehículo aéreo no tripulado / aeronave pilotada a distancia (16).

2.2.5.1 Sensor multiespectral

Estos sensores pueden adquirir valores de hasta 6 bandas espectrales, Por lo general, estos sensores están planteados para estudiar los parámetros asociados con el sensor tales como la vegetación por medio el infrarrojo cercano, presentando la vegetación una respuesta de absorción y reflectancia (16).

2.2.5.2 Sensor hiperespectral

Es el sensor más avanzado en la recopilación de datos espectrales. Las capturas de se desarrollan a 400 nm Y 1.000 nm para adquirir datos de hasta 300 bandas. Al igual que el

sensor multiespectral, es una corrección y calibración geométricas precisas, en la radiación y corrección atmosférica (17).

Tabla 3

Grado de participación de los principales componentes de los costos de producción agrícola, considerando nivel de desarrollo tecnológico de su gestión.

Agricultura tradicional	
Cosecha manual y semi-mecanizada, fertilización con una sola dosis.	
Agricultura precisa	
Cosecha semi-mecanizada y mecanizada, fertilización diferenciada, herbicidas localizados manualmente.	
Agricultura de precisión	
Cosecha mecanizada y mapas de rendimientos, introducción estación total, levantamientos topográficos, pilotos automáticos, fertilización variable.	

Autor: (18).

Tabla 4

Comparación de imágenes según altitud de vuelo.

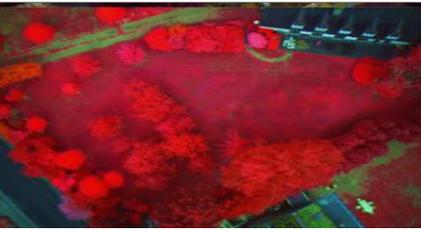
Satélite	
Pixel de 5 m Ninguna información acerca de la distribución de objetos a nivel sub-píxel	
Avión tripulado a más de 2130 m de altitud	
Pixel de 30 m Mejor apreciación de la distribución de objetos en la escena	
Drone a 61 m de altitud	
Pixel de 2 m Adecuada visualización de la distribución espacial de los objetos	

Autor: (Boeing Corp.), **Obtenido por:** (19).

Nota: En la de mayor resolución se aprecia claramente la respuesta espectral del suelo en la entrelínea del centro de la imagen.

Tabla 5

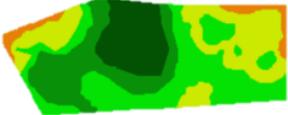
Imágenes de 6 m de tamaño de píxel, obtenidas por un Drone volando a 100 m de altitud, captadas por debajo de una cobertura nubosa densa.

<p>Falso color real (RGB: Rojo, Verde, Azul)</p>	
<p>Falso color Infrarrojo cercano (710 nm)</p>	
<p>Falso color Infrarrojo cercano (810 nm)</p>	

Autor: (Aurea Imaging SRL.), **Obtenido por:** (19).

Tabla 6

Esquema que ilustra los enfoques posibles para atender la variabilidad intra-lote, a partir del uso de drones.

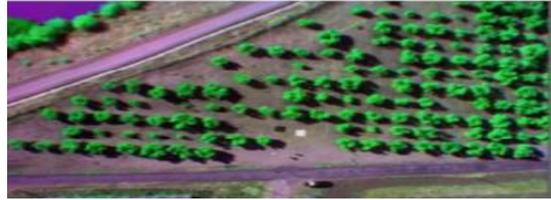
<p>Mapa de fertilización basado en una sola muestra analítica y extrapolada al lote entero</p>	
<p>Mapa de fertilización basado en varias muestras distribuidas en el lote, luego interpoladas a toda la superficie</p>	
<p>Mapa de fertilización basado en una imagen multiespectral del lote, sin toma de muestra</p>	

Autor: (Aurea Imaging SRL.), **Obtenido por:** (19).

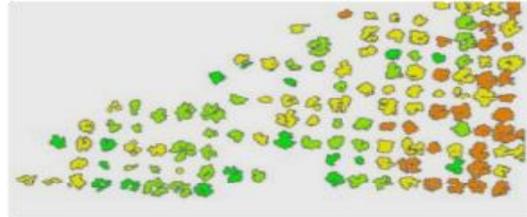
Tabla 7

Relevamiento multiespectral sobre un olivar. Se obtiene información de cada árbol individual gracias a la alta resolución espacial.

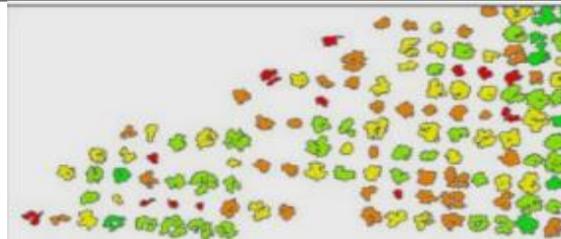
Olivar captado por cámaras multiespectral
a bordo de Drone



Mapa de actividad fotosintética del Olivar



Mapa del índice de área foliar del Olivar



Autor: (Aurea Imaging SRL.), **Obtenido por:** (19).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización de la investigación

La investigación se realizó en el campus “La María” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicada en el km 7,5 de la vía Quevedo- El Empalme, provincia de Los Ríos –Ecuador. Ubicada a 01° 04’ 48.6” de latitud sur y 79° 30’ 04.2” de longitud oeste y, a una altura de 75 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 8

Condiciones Agroclimáticas del sitio experimental.

Parámetros	Promedio
Temperatura °C	24.9
Humedad relativa, %	84
Precipitación anual mm	2295.2
Heliofania, horas sol año- 1	870.1
Zona ecológica	Bh-T
Topografía	Plana

Fuente: Estación Meteorológica Pichilingue – INAMHI Serie multianual 1990 - 2019

3.2 Tipo de investigación

El proyecto de investigación es de tipo experimental, en donde se analizó el comportamiento agronómico de dos genotipos de maíz bajo diferentes distancias de siembra valorados con tecnología espectral y aeroespacial.

3.3 Método de investigación

- **Método experimental:** Consiste en la orientación de lo que ya está descrito y plantearlo en la investigación.
- **Método deductivo:** El método se inicia con el análisis de los teoremas, leyes, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares o específicos
- **Método analítico:** Consiste en descomponer un objeto de estudio separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual.

3.4 Fuentes de recopilación de información

La recopilación de información se optó de revistas científicas, guías, manuales, tesis de pregrado y postgrado. Denominadas secundarias y las fuentes primarias caracterizadas por los datos provenientes del ensayo.

3.4.1 Material genético

Como material de siembra se empleó el híbrido ADV 9193 y el maíz criollo del Ecuador conocido como Piedrita Maíz del Centro Agrícola-Quevedo.

3.4.2 Factores en estudio

Se estudió dos factores A: dos genotipos de maíz y B tres distanciamientos de siembra.

3.4.3 Tratamientos

Con la combinación de los dos factores se establecieron 6 tratamientos que se detallan a continuación: ADV 9193 + 0.60 m (Tratamiento 1), ADV 9193 + 0.70 m (Tratamiento 2), ADV 9193 + 0.80 m (Tratamiento 3), V. Criolla Mocache + 0.60 m (Tratamiento 4), V. Criolla Mocache + 0.70 m (Tratamiento 5), V. Criolla Mocache + 0.80 m (Tratamiento 6) (Tabla 9).

Tabla 9

Factores de estudio.

Genotipos	Distancias de siembra
Hibrido ADV 9193	0.60 x 0.20 m
	0.70 x 0.20 m
	0.80 x 0.20 m
Variedad Criolla Mocache	0.60 x 0.20 m
	0.70 x 0.20 m
	0.80 x 0.20 m

3.5 Diseño experimental

Se aplicó el diseño de bloques completos al azar, con arreglo factorial de 2 x 3 en cuatro repeticiones. Todas las variables serán sometidas al análisis de varianza para establecer la significancia estadística y a la prueba Rango Múltiples de Duncan para la comparación de medias al 95%. probabilidad Para el procesamiento de la información se empleará el Software Infostat versión 2019.

Tabla 10

Esquema del Análisis de Varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques	3
Semillas	1
Distancias	2
Interacción S x Dis	2
Error experimental	15
Total	23

Tabla 11

Unidad Experimental.

Características	Rango
Numeri de unidades experimentales	24
Ancho de la parcelas	5 m
Longitude de la parcela	5 m
Distancia entre parcela	1 m
Distancia entre hileras	0.60; 0.70 y 0.80 m
Distancia entre planta	0.20 m
Numero de hileras útiles	4

3.6 Manejo del experimento

3.6.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó con dos pases de romplow para mejorar la aeración del suelo y que el mismo este suelo y mullido.

3.6.2 Siembra

Se realizó en época lluviosa de forma manual colocando una semilla por sitio acorde a los distanciamientos en estudio.

3.6.3 Distancia y densidad de siembra

La distancia entre planta fue de 0.20 m y la distancia entre hilera fue el factor de estudio en la investigación (0.60; 0.70 y 0.80 m). Determinando diferentes densidades para cada distancia/ hectáreas son las siguientes: 83.333; 71.428 y 62.500; respectivamente.

3.6.4 Control de malezas

El control de malezas se realizó en forma manual (manejo agroecológico), con la ayuda de un machete corto.

3.6.5 Control de plagas y enfermedades

Para realizar los debidos controles o prevención de plagas y enfermedades, se aplicó ácido piroleñoso en dosis de 250 cc/ 20 L para la prevención de insectos y para enfermedades se aplicó fungicidas ecológicos a los 15 días y 30 días. Des pues de la siembra.

3.6.6 Fertilización edáfica y foliar

Se aplicó fertilizantes orgánicos, se usó un compost en dosis de 70 gramos por planta al suelo y foliar se le administró Biol en dosis de 2 L/20L, aplicados a los 10 y 15 días después de la emergencia y otras aplicaciones a los 30 y 45 días.

3.6.7 Cosecha

Se realizó manualmente cuando las mazorcas presentaron madurez comercial.

3.6.8 Plan de vuelo y equipos aeroespaciales

Los vuelos se realizaron con el uso de un Dron Mavic 2 que posee un sensor de MOS de 1" Píxeles efectivos: 20 millones, en cual tiene un ajuste previo con el prototipo parís sequoia, lo cual permitió evaluar las siguientes variables a emplear. Cabe mencionar que las imágenes obtenidas se manejaron en el programa Metashape y QGIS software de mapeo profesional 2D y 3D.

3.7 Variables evaluadas

3.7.1 Variables aeroespaciales

3.7.1.1 Puntos de Muestreo y Buffer.

Se determinó los puntos que cubra las unidades experimentales, generando una malla. Con el uso de cámaras multispectrales se voló a una distancia de 100 metros con una resolución de 5 m, una vez activado la ruta de vuelo se analizaron automáticamente. El estudio se registró cada 7 días después de la emergencia del maíz y se repitió el plan de vuelo 14 veces llegando así hasta el punto de cosecha.

3.7.1.2 Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI).

Se determinó el comportamiento radiométrico de la vegetación, relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, evaluando por 14 semanas desde la emergencia hasta la maduración, observando la vigorosidad de la planta. Para calcular el NDVI se utilizó la siguiente formula que contiene dos bandas, el Infrarrojo Cercano (NIR) y el rojo (RED).

$$\text{NDVI} = \frac{\varphi_{\text{NIR}} - \varphi_{\text{RED}}}{\varphi_{\text{NIR}} + \varphi_{\text{RED}}}$$

Donde:

NIR es la reflectancia espectral del canal infrarrojo cercano.

RED representa la reflectancia en el canal rojo del visible.

Nota: Los valores de este índice fluctúan entre -1 y 1. Valores por encima de 0.1 indican presencia de vegetación, y cuanto más alto sea el valor de este índice, las condiciones de vigor son mejores.

3.7.1.3 Borde rojo de diferencia normalizada (NDRE)

Se determinó el comportamiento radiométrico de la vegetación, relacionado con la vigorosidad y la actividad fotosintética en la estructura foliar de las plantas, se representó la vigorosidad de la planta con la fórmula del NDRE siguiente:

$$NDRE = \frac{(R_{717} - R_{668})}{(R_{717} + R_{668})}$$

Donde;

R717: Corresponde a la banda rojo-borde.

R668: Corresponde a la banda rojo.

Nota: R717 y R668 son los porcentajes de luz reflejados con respecto al blanco de calibración a longitudes de onda 717 y 668; respectivamente.

3.7.1.4 Mapa de Reflectancia.

Para generar el mapa de reflectancia se procesó las imágenes del vuelo que fueron tomadas por cámaras multiespectrales, se calibró radiométricamente del Data Set, proporcionados por las tres bandas.

3.7.1.5 Peso de 100 granos de maíz (g)

Se cosechó 10 mazorcas útiles de cada tratamiento, se desgrano todas las mazorcas mezclando los granos para luego pesarlo con el uso de una balanza.

3.7.1.6 Rendimiento (Kg/Ha⁻¹)

Se determinó esta variable mediante la cosecha de cada tratamiento, usando el valor obtenido de la variable del peso de 100 granos de maíz y la humedad por medio de un medidor eléctrico, para finalmente obtener valores expresados en Kg/Ha⁻¹.

CAPÍTULO IV
RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Resultado

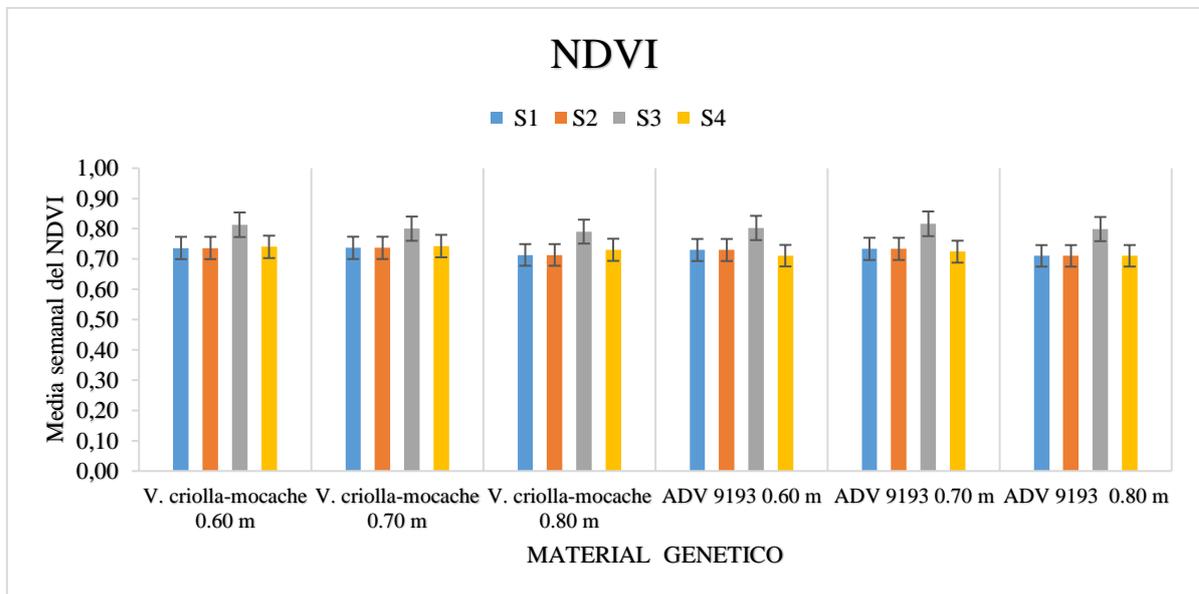
4.1.1 Caracterización aeroespacial y espectral en el comportamiento agronómico del maíz Híbrido ADV 9193 y Criolla Mocache sembrados a diferentes distancias.

4.1.1.1 Índice NDVI y NDRE de las semanas 1, 2, 3 y 4.

El comportamiento agronómico sobre el Híbrido ADV 9193 y el Criolla Mocache presentaron poca diferencia entre los valores. Mientras que el distanciamiento de siembra mantiene valores similares mediante la evaluación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) de las semanas 1, 2, 3 y 4 (Figura 4).

Figura 4

Niveles NDVI en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 1, 2, 3 y 4.

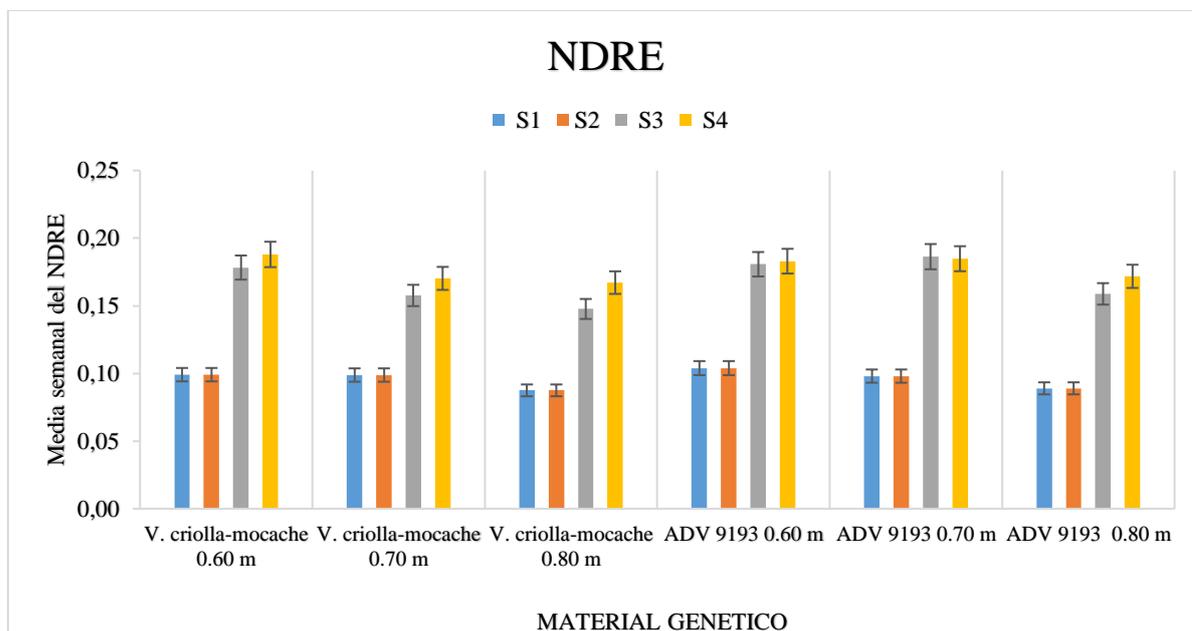


Nota: Comportamiento agronómico de los tratamientos; ADV 9193 + 0.60 m (Tratamiento 1), ADV 9193 + 0.70 m (Tratamiento 2), ADV 9193 + 0.80 m (Tratamiento 3), V. Criolla Mocache + 0.60 m (Tratamiento 4), V. Criolla Mocache + 0.70 m (Tratamiento 5), V. Criolla Mocache + 0.80 m (Tratamiento 6). Se estableció la estadística de significancia al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Tukey. Las barras indican el ES individual para tratamiento (\pm).

El comportamiento agronómico sobre el Híbrido ADV 9193 y el Criolla Mocache presentaron poca diferencia entre los valores. Sin embargo, durante las semanas 3 y 4 aumenta el contenido foliar, en lo que índice al crecimiento del NDRE, no obstante, este leve crecimiento no influye en la diferenciación entre el distanciamiento de siembra durante el periodo evaluado (Figura 5).

Figura 5

Niveles NDRE en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 1, 2, 3 y 4.



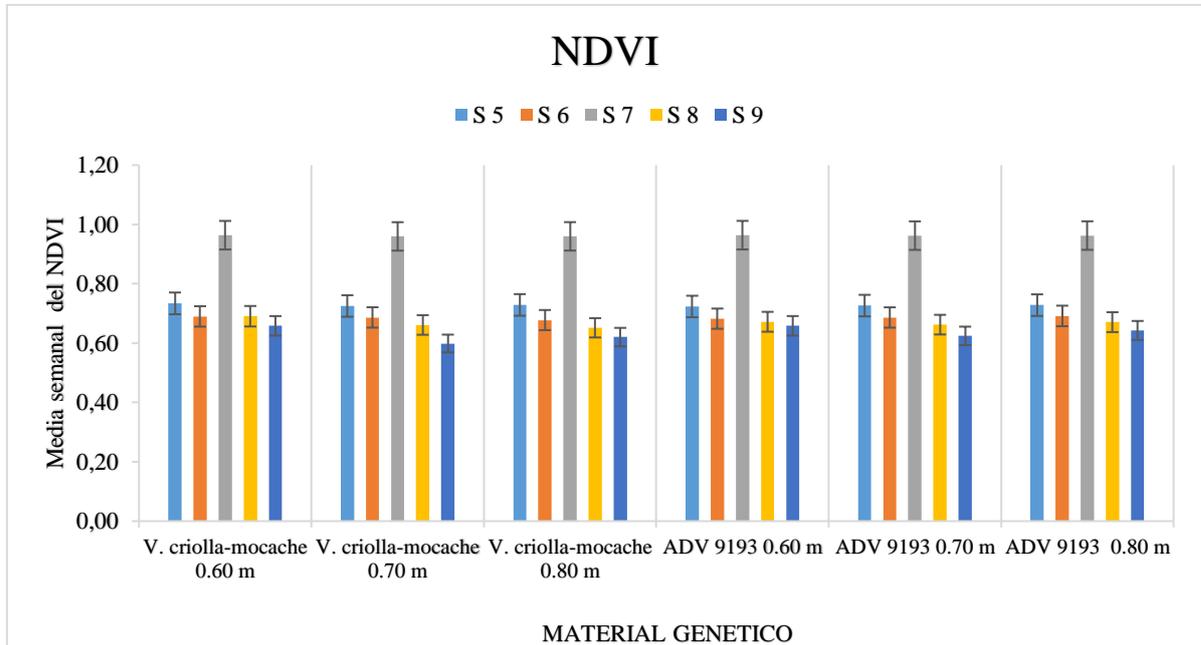
Nota: Comportamiento agronómico de los tratamientos; ADV 9193 + 0.60 m (Tratamiento 1), ADV 9193 + 0.70 m (Tratamiento 2), ADV 9193 + 0.80 m (Tratamiento 3), V. Criolla Mocache + 0.60 m (Tratamiento 4), V. Criolla Mocache + 0.70 m (Tratamiento 5), V. Criolla Mocache + 0.80 m (Tratamiento 6). Se estableció la estadística de significancia al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Tukey. Las barras indican el ES individual para tratamiento (\pm).

4.1.1.2 Índice NDVI y NDRE de las semanas 5, 6, 7, 8 y 9.

El índice obtenido de la cobertura vegetal reveló poca diferencia entre los promedios semanales de las variedades de maíz, sin embargo, es notable el crecimiento del índice NDI de la semana 7, en donde reveló valores de 0.96 para todos los factores de estudio, no obstante, se presentó un decrecimiento en la semana 8 con valores inferiores al mencionado (Figura 6).

Figura 6

Niveles NDVI en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 5, 6, 7, 8 y 9.

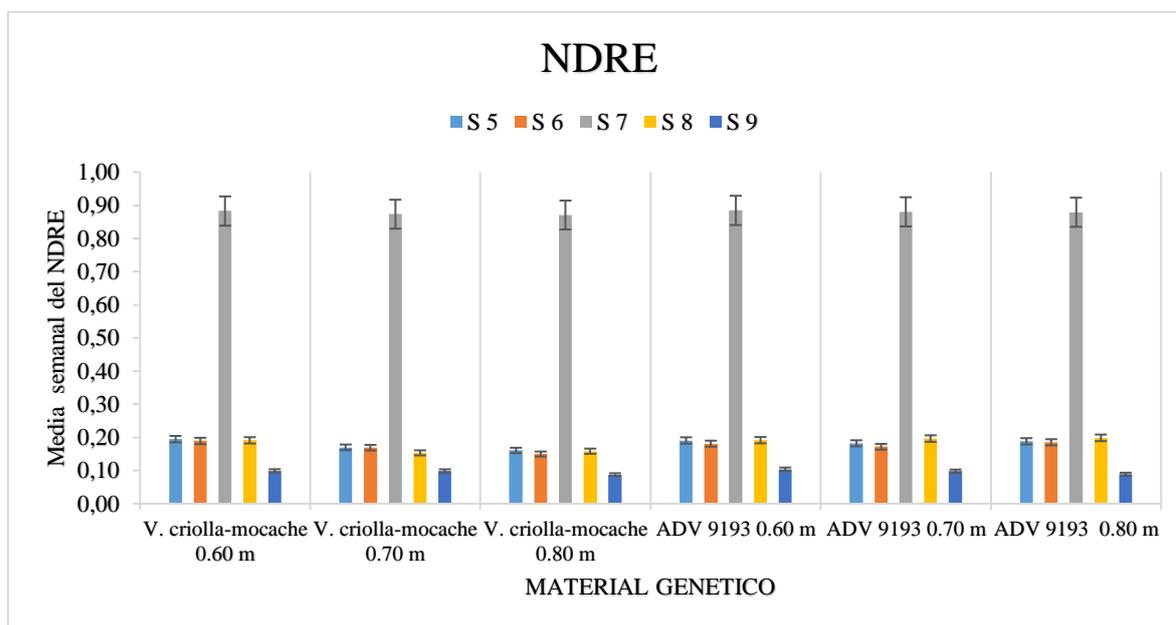


Nota: Comportamiento agronómico de los tratamientos; ADV 9193 + 0.60 m (Tratamiento 1), ADV 9193 + 0.70 m (Tratamiento 2), ADV 9193 + 0.80 m (Tratamiento 3), V. Criolla Mocache + 0.60 m (Tratamiento 4), V. Criolla Mocache + 0.70 m (Tratamiento 5), V. Criolla Mocache + 0.80 m (Tratamiento 6). Se estableció la estadística de significancia al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Tukey. Las barras indican el ES individual para tratamiento (\pm).

No presento grandes diferencias entre los valores del índice obtenido del NDRE entre el maíz Híbrido ADV 9193 y Criolla Mocache, del mismo modo se presentó entre el distanciamiento de siembra. Cabe mencionar que mediante el muestreo semanal se determinó un aumento considerable en el promedio de la semana 7, en donde puede asociarse a la etapa VT (Panojamiento); efecto de mayor contenido de clorofila (Figura 7).

Figura 7

Niveles NDRE en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 5, 6, 7, 8 y 9.



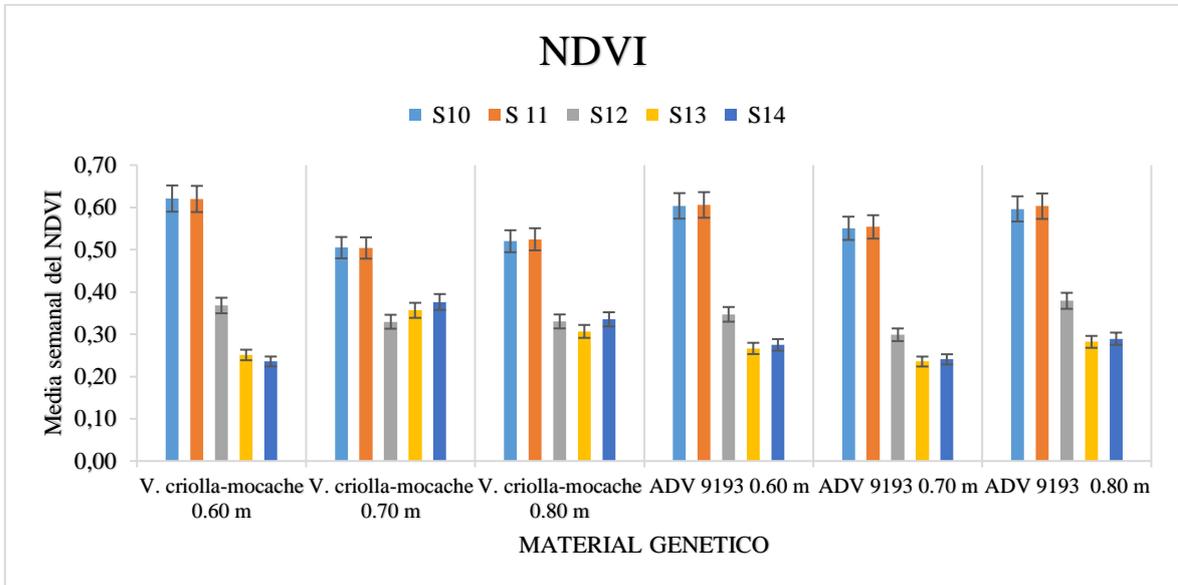
Nota: Comportamiento agronómico de los tratamientos; ADV 9193 + 0.60 m (Tratamiento 1), ADV 9193 + 0.70 m (Tratamiento 2), ADV 9193 + 0.80 m (Tratamiento 3), V. Criolla Mocache + 0.60 m (Tratamiento 4), V. Criolla Mocache + 0.70 m (Tratamiento 5), V. Criolla Mocache + 0.80 m (Tratamiento 6). Se estableció la estadística de significancia al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Tukey. Las barras indican el ES individual para tratamiento (\pm).

4.1.1.3 Índice NDVI y NDRE de las semanas 10, 11, 12, 13 y 14.

Mediante el monitoreo NDVI se determinó la variedad Criolla Mocache + 0.60 m valores de 0.60 durante las semanas 10 y 11, mientras que la variedad ADV 9193 + 0.60 indicó promedios de 0.60 y 0.61 en las semanas mencionadas. Cabe indicar que la siembra del maíz Criolla Mocache +0.70 m reflejo los promedios más bajos con 0.50 para las semanas 10 y 11. En el transcurso de la evaluación se registró la disminución de valores a partir de la semana 12, efectuando medias mínimas de 0.30 (ADV 9193 + 0.70 m), en consecuencia, al decaimiento del estado fenológico de la planta indico bajas continuas (Figura 8).

Figura 8

Niveles NDVI en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 10, 11, 12, 13 y 14.

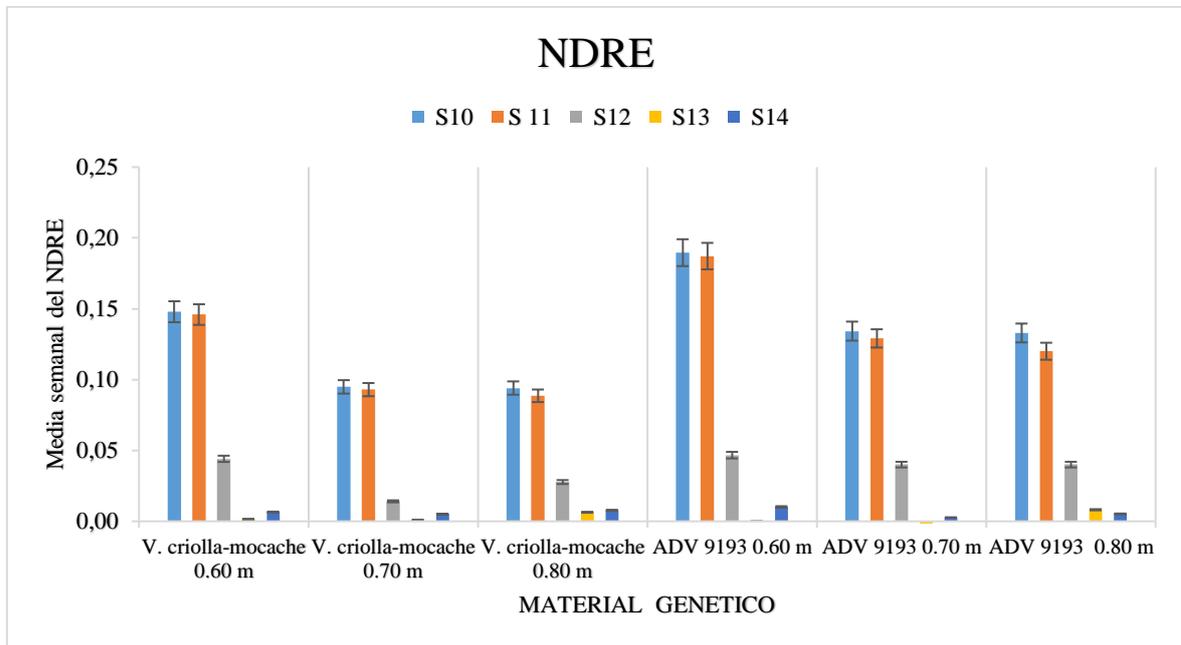


Nota: Comportamiento agronómico de los tratamientos; ADV 9193 + 0.60 m (Tratamiento 1), ADV 9193 + 0.70 m (Tratamiento 2), ADV 9193 + 0.80 m (Tratamiento 3), V. Criolla Mocache + 0.60 m (Tratamiento 4), V. Criolla Mocache + 0.70 m (Tratamiento 5), V. Criolla Mocache + 0.80 m (Tratamiento 6). Se estableció la estadística de significancia al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Tukey. Las barras indican el ES individual para tratamiento (\pm).

La respuesta espectral medida por el NDRE sobre el Híbrido ADV 9193 + 0.60 m indicó los mejores promedios de 0.19 en las semanas 10 y 11, mientras que el Criolla Mocache + 0.70m y 0.80 m reveló las medias más bajas con 0.09; valor para ambas distancias de siembra. Durante la semana 12 se registró el decaimiento de valores, en donde se refleja poca diferencia numérica entre los factores de estudio (Figura 9).

Figura 9

Niveles NDRE en el comportamiento agronómico del maíz evaluadas en las semanas 10, 11, 12, 13 y 14.



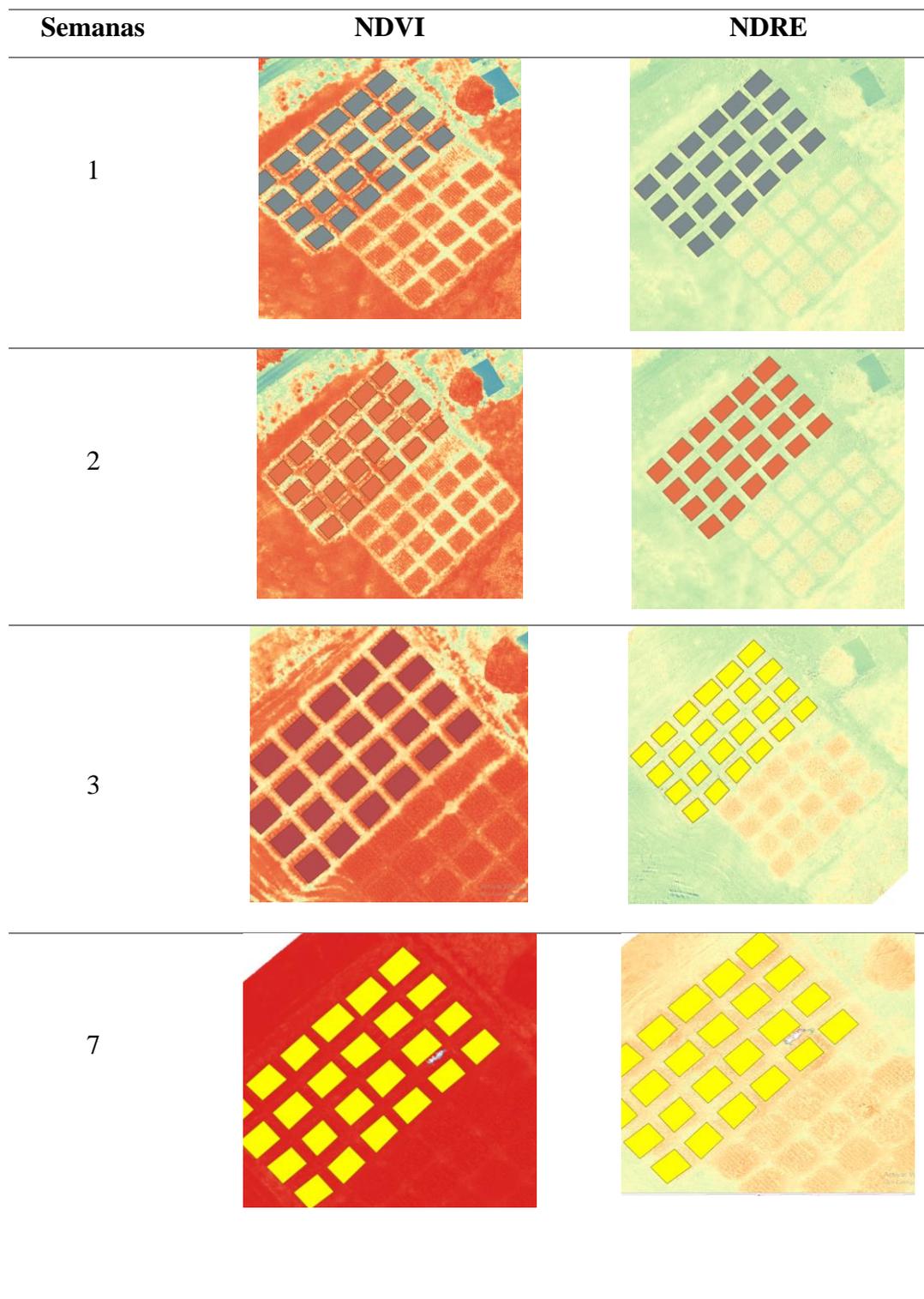
Nota: Comportamiento agronómico de los tratamientos; ADV 9193 + 0.60 m (Tratamiento 1), ADV 9193 + 0.70 m (Tratamiento 2), ADV 9193 + 0.80 m (Tratamiento 3), V. Criolla Mocache + 0.60 m (Tratamiento 4), V. Criolla Mocache + 0.70 m (Tratamiento 5), V. Criolla Mocache + 0.80 m (Tratamiento 6). Se estableció la estadística de significancia al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Tukey. Las barras indican el ES individual para tratamiento (\pm).

4.1.2 Respuesta espectral, imágenes multispectrales

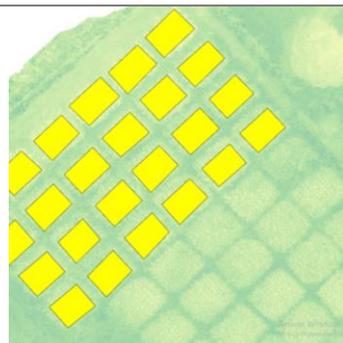
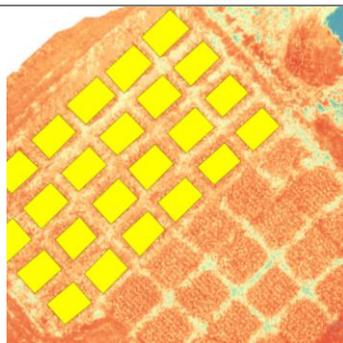
Las imágenes multispectrales obtenidas de los cultivos en estudio (AVD 9193 y Maíz Criolla Mocache), evaluadas por los índices de vegetación NDVI y NDRE se muestra en la figura 10.

Figura 10

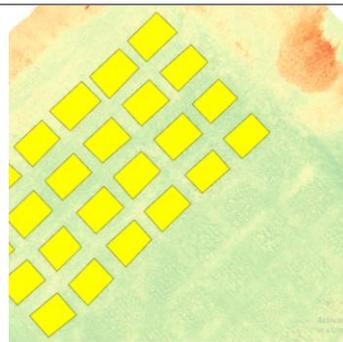
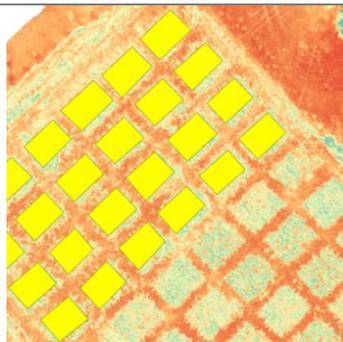
Perfil de los índices de vegetación NDVI y NDRE.



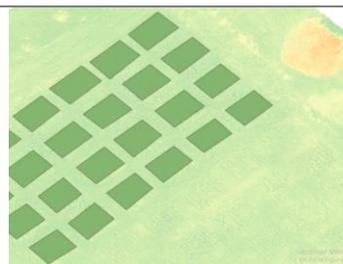
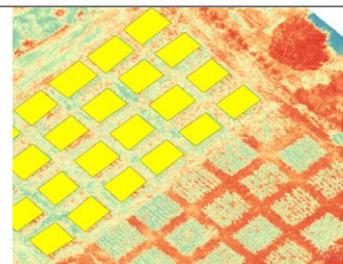
8



12



14



Nota: El perfil presentado exhibe las semanas 1 y 2 (Etapas iniciales del cultivo); Semana 3 (Primer aumento de los índices); Semana 7 (Segundo aumento de los índices); Semana 8 y 12 (Disminución de los índices); Semana 14 (Etapa final del cultivo).

4.1.3 Comportamiento agronómico de las semillas (ADV 9193 V. Criolla Mocache) y distancia (0.60, 0.70 y 0.80 m); análisis de media y desviación estándar de las semanas evaluadas.

4.1.3.1 Índice de vegetación NDVI

4.1.3.1.1 Análisis de la varianza; media (Semana 1, 2 y 3).

Según el análisis de varianza de la semana (1, 2 y 3) no mostraron significancia estadística para ninguna fuente de variación; los coeficientes de variación de la media fueron de 4.61 %, 4.61 % y 28.49 %; respectivamente. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores de reflectancia de las hojas de 0.73 y 0.72 sin diferir entre sí (Semanas 1 y 2). Mientras que la semana 3 presento un aumento del índice de 0.80 y 0.81 (ADV 9193 y Criolla Mocache). De misma forma sobre el factor de distancia de siembra las semanas 1 y 2 mostraron niveles de reflectancia de 0.74; 0.73; y 0.71 para las distancias 70;60 y 80 m entre hilera; mostrando igualdad estadística. Por otra parte, el aumento del índice de la semana 3 reflecto valores de 0.81, 0.81 y 0.79 (distancias 70;60 y 80 m entre hilera) (Tabla12).

Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron igualdad estadística con valores entre 0.74 y 0.71 de reflectancia; siendo el de mayor promedio la ADV 9193 sembrado a 70 m y a 60 m y la de menor reflectancia criolla Mocache. Mientras que la interacción de la semana 3 revelo que la variedad criolla promedio mejores valores de 0.82 y 0.80 (0.70 y 0.80 m) (Tabla 12).

Tabla 12**Media; semana 1, 2 y 3.**

Semillas	M	M	M
	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
ADV 9193	0.73 a	0.73 a	0.80 a
Criolla Mocache	0.72 a	0.72 a	0.81 a
Distancia			
0.60 m	0.73 a	0.73 a	0.81 a
0.70 m	0.74 a	0.74 a	0.81 a
0.80 m	0.71 a	0.71 a	0.79 a
Interacciones			
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.74 a	0.74 a	0.81 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.74 a	0.74 a	0.80 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.71 a	0.71 a	0.79 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.73 a	0.73 a	0.80 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.73 a	0.73 a	0.82 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.71 a	0.71 a	0.80 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.1.2 Análisis de la varianza; media (Semana 4).

Según el análisis de varianza de la semana 4 mostro significancia estadística; los coeficientes de variación de la media fueron de 3.14. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presento valores de reflectancia de las hojas de 0.74 y 0.72. De misma forma sobre el factor de distancia de mostro niveles de reflectancia de 0.73; 0.73; y 0.72 para las distancias 70;60 y 80 m entre hilera; mostrando igualdad estadística. Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron igualdad estadística con valores entre 0.74 y 0.74 de reflectancia; siendo el de mayor promedio la ADV 9193 sembrado a 70 m y a 60 m y la de menor reflectancia criolla Mocache (Tabla 13).

Tabla 13**Media y desviación estándar; semana 4.**

Semillas	M
Sem. 4	
ADV 9193	0.74 a
Criolla Mocache	0.72 b
Distancia	
0.60 m	0.73 a
0.70 m	0.73 a
0.80 m	0.72 a
Interacciones	
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.74 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.74 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.73 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.71 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.72 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.71 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.1.3 Análisis de la varianza; media (Semana 5, 6 y 7).

Según el análisis de varianza de la semana (5, 6 y 7) no mostraron significancia estadística para ninguna fuente de variación; los coeficientes de variación de la media fueron de 1.14 %, 2.18 % y 0.28 %; respectivamente. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron diferencia entre las semanas evaluadas, los valores de reflectancia 0.73 y 0.72 (Semana 5); 0.68 y 0.69 (Semana 6); 0.96 y 0.96 (Semana 7). De misma forma sobre el factor de distancia de siembra de 0.60 m, 0.70 m y 0.80 m, revelo variaciones numéricas entre las semanas: 0.73 (Semana 5); 0.69, 0.69 y 0.68 (Semana 6); 0.96 (Semana 7); respectivamente. Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron igualdad estadística. Se identificó las mejores interacciones entre las semanas 5, 6 y 7: ADV 9193 + 0.60 m y el Criolla Mocache + 0.70 m (Tabla 14).

Tabla 14*Media; semana 5,6 y 7.*

Semillas	M	M	M
	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7
ADV 9193	0.73 a	0.68 a	0.96 a
Criolla Mocache	0.72 a	0.69 a	0.96 a
Distancia			
0.60 m	0.73 a	0.69 a	0.96 a
0.70 m	0.73 a	0.69 a	0.96 a
0.80 m	0.73 a	0.68 a	0.96 a
Interacciones			
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.73 a	0.69 a	0.96 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.73 a	0.69 a	0.96 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.73 a	0.68 a	0.96 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.72 a	0.68 a	0.96 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.73 a	0.69 a	0.96 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.73 a	0.69 a	0.96 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.1.4 Análisis de la varianza; media (Semana 8).

Según el análisis de varianza de la semana 4 mostro significancia estadística; los coeficientes de variación de la media fueron de 2.13 %. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores iguales numéricamente y estadísticamente. La distancia de siembra revelo niveles de reflectancia de 0.68; 0.66; y 0.66 para las distancias 70;60 y 80 m entre hilera; mostrando desigualdad estadística. Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron diferencia estadística, presentando las mejores interacciones (ADV 9193 + 0.60 m, Criolla Mocache + 0.60 m y Criolla Mocache + 0.80 m) con índices de 0.69, 0.67 y 0.67; respectivamente (Tabla 15).

Tabla 15**Media; semana 8.**

Semillas	M
Sem. 8	
ADV 9193	0.67 a
Criolla Mocache	0.67 a
Distancia	
0.60 m	0.68 a
0.70 m	0.66 b
0.80 m	0.66 b
Interacciones	
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.69 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.66 b
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.65 b
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.67 ab
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.66 b
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.67 ab

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.1.5 Análisis de la varianza; media (Semana 9,10,11).

Según el análisis de varianza de la semana (9, 10 y 11) mostraron significancia estadística para la fuente de variación; los coeficientes de variación de la media fueron de 5.20 %, 8.88 % y 9.09 %; respectivamente. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores de reflectancia de las hojas de 0.63 y 0.64 (Semanas 9). Mientras que la semana 10 y 11 presentaron índice de vegetación similares de 0.55 (ADV 9193), mientras que la variedad criolla revelo valores de 0.58 y 0.59; respectivamente (Tabla 16).

El distanciamiento de siembra reflejo promedios de 0.66, 0.61 y 0.63 de la semana 9, con respecto a las semanas 10 y 11 revelaron índices iguales de 0.61, 0.53 y 0.56 (0.70, 0.60 y 0.80 m distancia entre hilera). Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron la interactividad más destacada ADV 9193 + 0.60 m con índices de 0.66 (Semana 9), 0.62 (Semana 10) y 0.62 (Semana 11), sin embargo, Criolla Mocache + 0.60 m, revela datos de 0.66, 0.60 y 0.61; respectivamente a las semanas nombradas (Tabla 16).

Tabla 16*Media; semana 9,10,11*

Semillas	M	M	M
	Sem. 9	Sem. 10	Sem. 11
ADV 9193	0.63 a	0.55 a	0.55 a
Criolla Mocache	0.64 a	0.58 a	0.59 a
Distancia			
0.60 m	0.66 b	0.61 b	0.61 b
0.70 m	0.61 a	0.53 a	0.53 a
0.80 m	0.63 ab	0.56 a	0.56 ab
Interacciones			
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.66 b	0.62 c	0.62 c
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.60 a	0.50 a	0.50 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.62 ab	0.52 ab	0.52 ab
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.66 b	0.60 c	0.61 bc
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.62 ab	0.55 abc	0.55 abc
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.64 ab	0.60 bc	0.60 bc

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.1.6 Análisis de la varianza; media (Semana 12).

Según el análisis de varianza de la semana 12 mostro significancia estadística; los coeficientes de variación de la media fueron de 17.74 %. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores iguales numéricamente y estadísticamente. La distancia de siembra revelo niveles de reflectancia de 0.36; 0.35; y 0.31 para las distancias 70;60 y 80 m entre hilera; mostrando desigualdad estadística. Las interacciones semillas y distancias de siembra no mostraron diferencia estadística, presentando las mejores interacciones (ADV 9193 + 0.60 m y Criolla Mocache + 0.80 m) con índices de 0.37 y 0.38; respectivamente (Tabla 17).

Tabla 17**Media; semana 12**

Semillas	M
	Sem. 12
ADV 9193	0.34 a
Criolla Mocache	0.34 a
Distancia	
0.60 m	0.36 a
0.70 m	0.35 a
0.80 m	0.31 a
Interacciones	
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.37 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.33 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.33 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.35 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.30 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.38 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.1.7 Análisis de la varianza; media (Semana 13,14).

Según el análisis de varianza de la semana (13 y 14) mostraron significancia estadística para la fuente de variación; los coeficientes de variación de la media fueron de 28.22 % y 31.36 %; respectivamente. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores de reflectancia de las hojas de 0.30 y 0.26 (Semanas 13); 0.32 y 0.27 (Semana 14). El distanciamiento de siembra reflejó promedios de 0.26, 0.30 y 0.29; 0.26, 0.31, 0.31, con respecto a las semanas 13 y 14 revelaron índices en las distancias (0.70, 60 y 80 m). Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron la interactividad más destacada ADV 9193 + 0.70 m con índices de 0.36 (Semana 13) y 0.38 (Semana 14), sin embargo, Criolla Mocache + 0.80 m, revela datos de 0.28 y 0.29; respectivamente a las semanas nombradas (Tabla 18).

Tabla 18**Media; semana 13,14**

Semillas	M	M
	Sem.	Sem.
	13	14
ADV 9193	0.30 a	0.32 a
Criolla Mocache	0.26 a	0.27 a
Distancia		
0.60 m	0.26 a	0.26 a
0.70 m	0.30 a	0.31 a
0.80 m	0.29 a	0.31 a
Interacciones		
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.25 a	0.24 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.36 a	0.38 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.31 a	0.34 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.27 a	0.27 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.24 a	0.24 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.28 a	0.29 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.2 Índice de vegetación NDRE

4.1.3.2.1 Análisis de la varianza; media (Semana 1,2,3).

Según el análisis de varianza de la semana (1, 2 y 3) mostraron significancia estadística para ninguna fuente de variación; los coeficientes de variación de la media fueron de 15.98 %, 15.98 % y 12.65 %; respectivamente. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores de reflectancia de las hojas de 0.10 sin diferir entre sí (Semanas 1 y 2). Mientras que la semana 3 presentó un aumento del índice de 0.16 (ADV 9193 y Criolla Mocache) (Tabla 19).

De misma forma sobre el factor de distancia de siembra las semanas 1 y 2 mostraron niveles de reflectancia de 0.10; 0.10; y 0.09 para las distancias 70;60 y 80 m entre hilera; mostrando igualdad estadística. Por otra parte, el aumento del índice de la semana 3 reflecto valores de 0.18, 0.17 y 0.15 (distancias 70;60 y 80 m entre hilera). Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron igualdad estadística y numérica en las semanas 1 y 2. Mientras que la interacción de la semana 3 revelo que la variedad criolla + 0.70 m obtuvo promedio de 0.19 (Tabla 19).

Tabla 19

Media; semana 1, 2 y 3.

Semillas	M	M	M
	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3
ADV 9193	0.10 a	0.10 a	0.16 a
Criolla Mocache	0.10 a	0.10 a	0.16 a
Distancia			
0.60 m	0.10 a	0.10 a	0.18 a
0.70 m	0.10 a	0.10 a	0.17 a
0.80 m	0.09 a	0.09 a	0.15 a
Interacciones			
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.10 a	0.10 a	0.18 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.10 a	0.10 a	0.16 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.09 a	0.09 a	0.15 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.10 a	0.10 a	0.18 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.10 a	0.10 a	0.19 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.09 a	0.09 a	0.16 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.2.2 Análisis de la varianza; media (Semana 4).

Según el análisis de varianza de la semana 4 mostro significancia estadística; los coeficientes de variación de la media fueron de 6.56 %. El híbrido ADV 9193 y la variedad

criolla presento valores de reflectancia de las hojas de 0.18. El factor distancia de siembra mostro niveles de reflectancia de 0.19; 0.18; y 0.17 para las distancias 70;60 y 80 m entre hilera; revelando diferencias estadísticas. Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron diferencias estadísticas, el mayor promedio la ADV 9193+ 0.60 m (0.19) (Tabla 20).

Tabla 20

Media; semana 4.

Semillas	M
Sem. 4	
ADV 9193	0.18 a
Criolla Mocache	0.18 a
Distancia	
0.60 m	0.19 b
0.70 m	0.18 ab
0.80 m	0.17 a
Interacciones	
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.19 ab
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.17 ab
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.17 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.17 ab
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.18 ab
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.17 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.2.3 Análisis de la varianza; media (Semana 5,6,7).

Según el análisis de varianza de la semana (5, 6 y 7) los coeficientes de variación de la media fueron de 6.49 %, 9.19 % y 0.64 %; respectivamente. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron diferencias estadísticas entre las semanas evaluadas, los valores de reflectancia 0.18 y 0.19 (Semana 5); 0.17 y 0.18 (Semana 6); 0.88 y 0.88 (Semana 7) (Tabla 21).

De misma forma sobre el factor de distancia de siembra de 0.60 m, 0.70 m y 0.80 m, revelo variaciones numéricas entre las semanas: 0.19, 0.18 y 0.17 (Semana 5); 0.19, 0.17 y 0.17 (Semana 6); 0.88, 0.88 y 0.87 (Semana 7); respectivamente. Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron diferencia estadística. Se identificó las mejores interacciones: ADV 9193 + 0.60 m con índices de 0.19 (Semana 5 y 6) y 0.88 (Semana 7); Criolla Mocache + 0.80 m con índices de 0.19 (Semana 5 y 6) y 0.88 (Semana 7) (Tabla 21).

Tabla 21

Media; semana 5, 6 y 7.

Semillas	M	M	M
	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7
ADV 9193	0.18 a	0.17 a	0.88 a
Criolla Mocache	0.19 a	0.18 a	0.88 b
Distancia			
0.60 m	0.19 b	0.19 a	0.88 b
0.70 m	0.18 a	0.17 a	0.88 a
0.80 m	0.17 a	0.17 a	0.87 a
Interacciones			
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.19 c	0.19 b	0.88 c
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.17 ab	0.17 ab	0.87 ab
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.16 a	0.15 a	0.87 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.19 c	0.18 b	0.88 c
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.18 bc	0.17 ab	0.88 bc
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.19 bc	0.19 b	0.88 abc

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.2.4 Análisis de la varianza; media (Semana 8).

Según el análisis de varianza de la semana 8, los coeficientes de variación de la media fueron de 18.76 %. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores igualdad estadística. Sin embargo, presentaron valores de 0.17 y 0.20. La distancia de siembra reveló niveles de reflectancia de 0.19; 0.17; y 0.18 para las distancias 0.60, 0.70 y 0.80 m entre hilera; mostrando desigualdad estadística. Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron diferencia estadística, presentando las mejores interacciones (Criolla Mocache + 0.70 m y Criolla Mocache + 0.80 m) con índices de 0.20 y 0.20; respectivamente (Tabla 22).

Tabla 22
Media; semana 8.

Semillas	M
	Sem. 8
ADV 9193	0.17 a
Criolla Mocache	0.20 a
Distancia	
0.60 m	0.19 b
0.70 m	0.17 a
0.80 m	0.18 a
Interacciones	
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.19 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.15 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.16 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.19 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.20 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.20 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.2.5 Análisis de la varianza; media (Semana 9).

Según el análisis de varianza de la semana 9, los coeficientes de variación de la media fueron de 15.98 %. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores igualdad estadística y numérica. La distancia de siembra reveló niveles de reflectancia de 0.10; 0.10; y 0.09 para las distancias 0.60, 0.70 y 0.80 m entre hilera; mostrando desigualdad estadística. Las interacciones semillas y distancias de siembra no mostraron diferencia estadística, mientras que hubo una leve diferencia numérica (Tabla 23).

Tabla 23

Media; semana 9.

Semillas	M
	Sem. 9
ADV 9193	0.10 a
Criolla Mocache	0.10 a
Distancia	
0.60 m	0.10 a
0.70 m	0.10 a
0.80 m	0.09 a
Interacciones	
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.10 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.10 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.09 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.10 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.10 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.09 a

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.2.6 Análisis de la varianza; media (Semana 10,11).

Según el análisis de varianza de la semana (10 y 11) mostraron significancia estadística para la fuente de variación; los coeficientes de variación de la media fueron de

33.70 % y 33.95 %; respectivamente. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores de reflectancia de las hojas de 0.11 y 0.15 (Semanas 10); 0.11 y 0.15 (Semana 11) (Tabla 24).

El distanciamiento de siembra reflejo promedios de 0.17, 0.11 y 0.11 de la semana 10, con respecto a las semanas 11 revelo índices iguales de 0.17, 0.11 y 0.10 (0.70, 60 y 80 m distancia entre hilera). Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron la interactividad más destacada Criolla Mocache + 0.60 m con índices de 0.19 (Semana 10) y 0.19 (Semana 11), sin embargo, ADV 9193 + 0.60 m, revela datos de 0.15 y 0.15; respectivamente a las semanas nombradas (Tabla 24).

Tabla 24

Media; semana 10 y 11.

Semillas	M	M
	Sem. 10	Sem. 11
ADV 9193	0.11 a	0.11 a
Criolla Mocache	0.15 b	0.15 a
Distancia		
0.60 m	0.17 b	0.17 b
0.70 m	0.11 a	0.11 a
0.80 m	0.11 a	0.10 a
Interacciones		
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.15 ab	0.15 ab
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.09 a	0.09 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.13 ab	0.09 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.19 b	0.19 b
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.13 ab	0.13 ab
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.13 ab	0.12 ab

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.2.7 Análisis de la varianza; media (Semana 12).

Según el análisis de varianza de la semana 12, los coeficientes de variación de la media fueron de 17.24 %. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron diferencias en sus valores de 0.04 y 0.5; respectivamente. La distancia de siembra reveló niveles de reflectancia de 0.04; 0.04; y 0.05 para las distancias 0.60, 0.70 y 0.80 m entre hilera; mostrando desigualdad estadística. Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron diferencia estadística, mientras que hubo una leve diferencia numérica (Tabla 25).

Tabla 25

Media; semana 12.

Semillas	M
	Sem. 12
ADV 9193	0.04 a
Criolla Mocache	0.05 b
Distancia	
0.60 m	0.04 ab
0.70 m	0.04 a
0.80 m	0.05 b
Interacciones	
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.04 ab
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.03 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.04 ab
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.04 ab
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.04 b
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.05 b

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.2.8 Análisis de la varianza; media (Semana 13,14).

Según el análisis de varianza de la semana (13 y 14) mostraron significancia estadística para la fuente de variación; los coeficientes de variación de la media fueron de

25.88 % y 40.73 %; respectivamente. El híbrido ADV 9193 y la variedad criolla presentaron valores de reflectancia de las hojas de 0.0016 y 0.003 (Semanas 13); 0.0032 y 0.01 (Semana 14) (Tabla 26).

El distanciamiento de siembra reflejo promedios de 0.0021, 0.0023 y 0.0025; 0.01, 0.0042 y 0.01, con respecto a las semanas 13 y 14 revelaron índices en las distancias (0.70, 60 y 80 m). Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron la interactividad más destacada ADV 9193 + 0.80 m con índices de 0.0029 (Semana 13) y 0.0025 (Semana 14), sin embargo, Criolla Mocache + 0.70 m, revela datos de 0.0031 y 0.0041; respectivamente a las semanas nombradas (Tabla 26).

Tabla 26

Media; semana 13 y 14.

Semillas	M	
	Sem. 13	Sem. 14
ADV 9193	0.0016 a	0.0032 a
Criolla Mocache	0.003 b	0.01 b
Distancia		
0.60 m	0.0021 a	0.01 b
0.70 m	0.0023 a	0.0042 a
0.80 m	0.0025 a	0.01 a
Interacciones		
T1: ADV 9193 + 0.60 m	0.0017 a	0.0029 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	0.0012 a	0.0042 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	0.0029 bc	0.0025 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	0.0031 c	0.02 c
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	0.0031 c	0.0041 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	0.0029 bc	0.01 b

Nota: Media (M). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.3 Altura de planta

Según el análisis de varianza de los días (15, 40 y 60) mostraron significancia estadística para la fuente de variación. El híbrido ADV 9193 reveló mayor altura a los 15 días con una altura de 10.03, mientras que la variedad criolla presentó mayor altura en los días 40 y 60 con 135.94 y 261.75; respectivamente. El distanciamiento de siembra reflejó que la altura de planta indicó que los valores obtenidos en el día 15 después de la siembra no presentaron gran diferencia numérica, sin embargo, presentaron relevancia estadística. Mediante el día 40 se demostró que una distancia de 0.80 m obtuvo el mejor promedio con 116.29 m en diferencia estadísticamente (Tabla 27).

Mientras que el día 60 presentó valores de 234.37, 243.12 y 264.54 m (0.80, 0.70 y 0.60 m) respectivamente. Las interacciones semillas y distancias de siembra mostraron la interactividad más destacada a los 15 días es Criolla Mocache + 0.70 m (8.64 m); día 40 ADV 9193 + 0.60 m (113.04 m); ADV 9193 + 0.80 m (229.16 m) (Tabla 27).

Tabla 27

Altura de planta

Semillas	15	40	60
ADV 9193	10.03 a	111.68 a	232.94 a
Criolla Mocache	9.77 a	135.94 b	261.75 b
Distancia			
0.60 m	10.81 b	131.98 b	264.54 b
0.70 m	9.39 a	123.17 ab	243.12 ab
0.80 m	9.50 a	116.29 a	234.37 a
Interacciones			
T1: ADV 9193 + 0.60 m	10.32 bc	113.04 ab	231.16 a
T2: ADV 9193 + 0.70 m	10.15 abc	116.83 ab	238.42 a
T3: ADV 9193 + 0.80 m	9.62 ab	105.16 a	229.16 a
T4: Criolla Mocache + 0.60 m	11.29 c	150.92 c	297.83 a
T5: Criolla Mocache + 0.70 m	8.64 a	129.50 b	247.83 a
T6: Criolla Mocache + 0.80 m	9.38 ab	127.42 b	239.58 b

Nota: Evaluación de la altura de la planta a los 15, 40, 60 días. Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.4 Peso de 100 granos de maíz

El mayor peso se obtuvo de la variedad híbrido ADV 9193, indicando diferencia numérica y estadística según la prueba de Duncan al 5%, presentando una media de 33.41 g ubicándose en el rango (A), mientras que la variedad criolla Mocache (30.45 g) ubicándose en el rango (B). Esto puede entender el rendimiento en función a la variedad empleada (Tabla 14). El análisis de varianza obtenido es de 2,24 % (Anexo 3).

Tabla 28

Peso de 100 grano de maíz (g).

Variedad	Media	E.E	
ADV 9193	33.41	0.21	A
V.Criolla Mocache	30.45	0.21	B

Nota: Evaluación de las variedades de maíz (ADV 9193 y V. Criolla Mocache), media y Error estándar (E.E). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

La distancia de siembra empleado expresa diferencias numéricas y estadística según la prueba de Duncan al 5%, el mayor promedio se obtuvo de la distancia a 0.70 m con 32.72 g, mientras que los distanciamientos de 0.60 y 0.80 m mostraron poca diferencia numérica de 31.27 y 31.81 g; respectivamente (Tabla 29).

Tabla 29

Peso de 100 grano de maíz (g)

Distancia	Media	E.E	
0.60 m	31.27	0.25	b
0.70 m	32.72	0.25	a
0.80 m	31.81	0.25	b

Nota: Evaluación de las distancias de siembra (0.60, 0.70 y 0.80 m), media y Error estándar (E.E). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

El peso del grano evaluado de los tratamientos reveló cuatro rangos de significación, el tratamiento 2 presento medias de 34.30 g siendo el mejor tratamiento, sin embargo, el

tratamiento 3 presento ser estadísticamente semejante (A). El tratamiento 6 ocupo el último lugar con promedio de 29.76 34.30 g, perteneciendo al rango de significancia de (D) (Tabla 30).

Tabla 30

Peso de 100 grano de maíz (g)

Tratamiento		Media	E.E	Rango de significación	
Variedad	Distancia				
V1	2	34.30	0.36	a	
V1	3	33.86	0.36	a	
V1	1	32.08	0.36	b	
V2	2	31.13	0.36	b	c
V2	1	30.45	0.36	c d	
V2	3	29.76	0.36	d	

Nota: Interacción entre variedades y distancia, media y Error estándar (E.E). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.1.3.5 Rendimiento en Kg/Ha⁻¹

El mayor peso se obtuvo de la variedad híbrido ADV 9193, indicando diferencia numérica y estadística según la prueba de Duncan al 5%, presentando un promedio de 3941.89 Kg/Ha¹ ubicándose en el rango (A), mientras que la variedad criolla Mocache (3083.66 Kg/Ha¹) ubicándose en el rango (B) (Tabla 31). El análisis de varianza obtenido es de 1,73 % (Anexo 4).

Tabla 31

Rendimiento (Kg/Ha⁻¹).

Variedad	Media	E.E	
ADV 9193	3941.89	17.50	a
V.Criolla Mocache	3083.66	17.50	b

Nota: Evaluación de las variedades de maíz (ADV 9193 y V. Criolla Mocache), media y Error estándar (E.E). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

La distancia de siembra empleado expresa diferencias numéricas y estadística según la prueba de Duncan al 5%, el mayor promedio se obtuvo de la distancia a 0.70 m con 3598.32 Kg/Ha¹, mientras que los distanciamientos de 0.60 y 0.80 m mostraron poca diferencia numérica de 3463.79 y 3476.23 Kg/Ha¹; respectivamente (Tabla 32).

Tabla 32

Rendimiento (Kg/Ha⁻¹)

Distancia	Media	E.E	
0.60 m	3463.79	21.43	b
0.70 m	3598.32	21.43	a
0.80 m	3476.23	21.43	b

Nota: Evaluación de las distancias de siembra (0.60, 0.70 y 0.80 m), media y Error estándar (E.E). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

El rendimiento evaluado de los tratamientos reveló cuatro rangos de significación, el tratamiento 2 y 3 presentaron medias de 4037.35 y 3920.92 Kg/Ha¹ siendo los mejores tratamientos. El tratamiento 6 ocupó el último lugar con promedio de 3031.53 Kg/Ha¹, perteneciendo al rango de significancia de (D) (Tabla 33).

Tabla 33

Rendimiento (Kg/Ha⁻¹)

Tratamiento		Media	E.E	Rango de significación	
Variedad	Distancia				
V1	2	4037.35	30.31	a	
V1	3	3920.92	30.31		b
V1	1	3867.41	30.31		b
V2	2	3159.29	30.31		c
V2	1	3060.18	30.31		c D
V2	3	3031.53	30.31		D

Nota: Interacción entre variedades y distancia, media y Error estándar (E.E). Los valores con letras similares no presentan diferencias estadísticas significativas al nivel de ($P \leq 0.05$), por el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

4.2 Discusión

El comportamiento agronómico del Híbrido ADV 9193 sembrado a diferentes distancias de 0.60 m (Tratamiento 1), 0.70 m (Tratamiento 2) y 0.80 m (Tratamiento 3), no reflejó grandes diferencias sobre la producción de biomasa. De hecho, los valores obtenidos por el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) indican que los distintos tipos de distanciamientos no influyen en las etapas vegetativas del maíz, permitiendo obtener datos en las semanas 1 y 2 [(0.74), (0.74) y (0.71)]; correspondiente a los tratamientos 1, 2 y 3. Datos que manifiesta Aldás (20) como una vegetación vigorosa que posee alta humedad.

El aumento del índice de vegetación NDVI presentó semejanza entre los tratamientos 1, 2 y 3, dicho crecimiento efectuado en la semana 3; efecto por aumento de número de hojas de la planta. Los valores adquiridos por el NDVI constaron con 0.81, 0.80 y 0.79; correspondiente a los tratamientos ya mencionados. Así mismo se determinó en la semana 7, presentado los mayores promedios con 0.96, 0.96 y 0.96; correspondiente a los tratamientos ya mencionados. El aumento de cobertura vegetal del cultivo de maíz es predicho por el análisis NDVI. Del mismo modo se obtiene de investigaciones realizadas por Savaedra *et al.* (21) sobre el análisis de vegetación en el cultivo de arroz, determina que las plántulas a 45 días de siembra poseen valores de 0.63 a 0.94 de NDVI, además expresa que valores entre 0.40-0.90 depende del índice foliar y del suelo, por ello los niveles de NDVI es altamente sensible a las variaciones del desarrollo fenológico del cultivo.

Después del considerable aumento generado en la etapa final del desarrollo vegetativo (Semana 7) del maíz ADV 9193, se determinó varias reducciones en los valores del NDVI entre las semanas 8, 12 y 14 indicando promedios de 0.69, 0.35 y 0.17 (Tratamiento 1); 0.66, 0.33 y 0.33 (Tratamiento 2); 0.65, 0.34 y 0.33 (Tratamiento 3); la reducción del índice de vegetación se presenta al inicio de la etapa reproductiva del maíz. Investigaciones realizadas por Sánchez (22) en la siembra del híbrido Somma cultivado a distancias de 80 x 50 x 16 m mejora la longitud de la mazorca con 19.92 m, sin embargo, distancias de 80 x 30 x 20 m mejora el peso de las semillas con 32.70 g (100 semillas), por ende, influye directamente el rendimiento por hectárea con un total de 8 241,66 kg.

La sensibilidad de evaluación permitida por el borde rojo de diferencia normalizada (NDRE) revela las variaciones que presenta el desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz Híbrido ADV 9193, en donde presentó una correlación con los valores del NDVI sobre el incremento y disminución revelados por semana. El promedio presentado durante las etapas iniciales del cultivo (Semana 1 y 2) determina para el tratamiento 1(0.10), tratamiento 2 (0.10), tratamiento 3 (0.09); respectivamente a las semanas mencionadas. El aumento foliar influye directamente sobre la tasa fotosintética, tal como se revela en las semanas 3 y 7 expresando datos de 0.18 y 0.88 (Tratamiento1); 0.16 y 0.87 (Tratamiento 2); 0.15 y 0.87 (Tratamiento 3); respectivamente a las semanas mencionadas. El menor índice de NDRE se promedió de la semana 14 indicando valores de 0.0029 (Tratamiento 1); 0.0042 (Tratamiento 2); 0.0025 (Tratamiento 3). Estudios realizados por Revelo *et al.* (23) indica que los valores obtenidos del análisis NDRE examina próximas variaciones el vigor del cultivo siendo este determinado por el contenido de clorofila presente en la planta.

El comportamiento agronómico del maíz Criolla Mocache sembrado a diferentes distancias: 0.60 m (Tratamiento 4), 0.70 m (Tratamiento 5) y 0.80 m (Tratamiento 6), no reflejó grandes diferencias sobre la producción de biomasa. Los valores obtenidos por el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) indican que los distintos tipos de distanciamientos no influyen en las etapas vegetativas del maíz, permitiendo obtener datos en las semanas 1 y 2 [(0.73), (0.73) y (0.71)]; correspondiente a los tratamientos 1, 2 y 3. El aumento adquirido por el NDVI presentó semejanza entre los tratamientos, durante las semanas 3 y 7 se promedió valores de 0.80 y 0.96 (Tratamiento 4); 0.82 y 0.96 (Tratamiento 5); 0.80y 0.96 (Tratamiento 6); correspondiente a las semanas mencionadas. Por otra parte, Mayorga (24) menciona que índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) permite medir o estimar la cantidad, calidad y desarrollo del cultivo en estudio. Del mismo modo Tutiven (25) determina mediante el empleo de técnicas de precisión aumenta los beneficios económicos en la producción del maíz por hectárea (5.86 toneladas) generando ganancias de 1.300,32 dólares/ Hectárea.

Después del considerable aumento generado en la etapa final del desarrollo vegetativo (Semana 7) del maíz Criolla Mocache, se determinó varias reducciones en los valores del NDVI entre las semanas 8, 12 y 14 indicando promedios de 0.67, 0.31 y 0.23 (Tratamiento 4); 0.66, 0.33 y 0.19 (Tratamiento 5); 0.67, 0.37 y 0.25 (Tratamiento 6); la reducción del índice de vegetación se presenta al inicio de la etapa reproductiva del maíz.

La sensibilidad de evaluación permitida por el borde rojo de diferencia normalizada (NDRE) revela las variaciones que presenta el desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz Criolla Mocache, en donde presentó una correlación con los valores del NDVI sobre el incremento y disminución revelados por semana. El promedio presentado durante las etapas iniciales del cultivo (Semana 1 y 2) determina para el tratamiento 4(0.10), tratamiento 5 (0.10), tratamiento 6 (0.09); respectivamente a las semanas mencionadas.

El aumento foliar influye directamente sobre la tasa fotosintética, tal como se revela en las semanas 3 y 7 expresando datos de 0.19 y 0.88 (Tratamiento 4); 0.19 y 0.88 (Tratamiento 5); 0.16 y 0.88 (Tratamiento 6); respectivamente a las semanas mencionadas. El menor índice de NDRE se promedió de la semana 14 indicando valores de 0.02 (Tratamiento 4); 0.0041 (Tratamiento 5); 0.01 (Tratamiento 6). Cabe mencionar que ensayos realizados por Argote (26), sobre la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno influye directamente sobre la carga fotosintética.

Los resultados obtenidos mediante el rendimiento (Kg/Ha-1) y peso (100 grano/ g) determinó que tratamientos sembrados a distancias de 0.70 m entre hileras, mejora los índices de los parámetros mencionados. De hecho, el peso del grano fue de (34.30 y 31.13 g) y el rendimiento total es de (4037.35 y 3159.29 Kg/Ha-1) valores pertenecientes a los tratamientos 2 y 5; siendo el mejor promedio de cada variedad. Investigaciones realizadas por Pavón y Zapata (27) en la siembra de maíz con distancia de 0.70 m empleando fertilizaciones orgánicas muestra que los rendimientos varían entre 4,437 Kg/Ha-1 hasta 5,866.1 Kg/Ha-1 (Dependiente del compuesto aplicado). Por otra parte, Sandal (28) menciona mediante su estudio que el rendimiento y peso del grano está determinado por la variedad, indicando al híbrido Pioneer 30F35 con 9425,00 Kg/Ha-1 y 42,60 g (Peso del grano).

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusión

- El uso de drones con sensores multiespectrales ayuda a predecir los cambios o variaciones que efectúa el cultivo de maíz siendo este influenciado por el ambiente y manejo agronómico, el comportamiento presentado por el híbrido ADV 9193 sembrado a diferentes distancias de siembra no revelo grandes diferencias mediante sus evaluaciones, del mismo modo se muestra del maíz criolla Mocache.
- El comportamiento agronómico del ADV 9193 y Criolla Mocache medidos por el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y el borde rojo de diferencia normalizada (NDRE) demuestra que no se revela grandes diferencias entre sus distanciamientos evaluados, pero cabe destacar sus valores en etapas finales del cultivo, en donde posee muy poca cobertura vegetal verde, dicha predicción espectral indica indirectamente el estado de madurez de la mazorca y por ende el tiempo de cosecha; indicando al tratamiento 3 (ADV 9193) con mejores respuestas espectrales [Semanas 12 y 14 (0.33 y 0.33) NDVI y 0.0025 (NDRE)], mientras que el tratamiento 5 (Criolla Mocache) destaca en sus valores [Semanas 12 y 14 (0.33 y 0.19) NDVI y 0.0041 (NDRE)]; esto demuestra que siembras realizadas a 0.70 m mejora levemente el estado de madurez de la mazorca.
- El uso de variedades híbridas mejora el rendimiento de la producción del mismo ADV 9193 con $3941.89 \text{ Kg/Ha}^{-1}$, sin embargo, el aumento del peso del grano está regulado por las distancias de siembras empleadas, por justa razón se menciona mayores promedios de rendimiento y peso del grano de los tratamientos 2 y 5 (4037.35 y $3159.29 \text{ Kg/Ha}^{-1}$), (34.30 y 31.13 g); respectivamente a los parámetros mencionados; siendo mejores por la distancia (0.70 m) que expresa mayores resultados en sus análisis varianza numérica de $3598.32 \text{ Kg/Ha}^{-1}$.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar más estudios en cultivos de maíz, para determinar el contenido de humedad presente durante las etapas vegetativas.
- Determinar nuevos índices de vegetación tales como GNDVI y aplicar el coeficiente de variación, para así determinar el cambio del vigor del cultivo evaluado.
- Aplicar imágenes espectrales individual en los tratamientos, esto permite facilitar comparar los valores obtenidos por los índices de vegetación NDVI y NDRE.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía

1. Gavilanes Dávila JA. Influencia de varios tipos de preparación de suelo en la presencia de malezas y en la producción del maíz (zea mays). [Milagro – Ecuador]: Universidad Central del Ecuador; 2021.
2. Ortega Guitiérrez CE. Respuesta espectral del cultivo de arroz (oryza sativa l.) En dos fases fenológicas durante el periodo invernal 2014. [Quito -Ecuador]: Universidad Central del Ecuador; 2015.
3. García-Cervigón D. Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde uas/rpas y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. [Madrid-España]: Universidad Complutense de Madrid; 2015.
4. Badilla Herrera AE. evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (zea mais) variedad iniap 122, en dosis diferentes, en la parroquia malchinguí, cantón pedro moncayo, provincia pichincha”. [Loja-Ecuador]: Universidad Nacional de Loja; 2016.
5. Chanataxi Gualotuña MC. Respuesta del cultivo de maíz dulce var. Bandit a la aplicación de niveles de calcio, boro y azufre bajo invernadero. [Quito -Ecuador]: Universidad Central del Ecuador; 2016.
6. Moreira Cortéz B. evaluación agronómica de híbridos de maíz (zea mays l.), en la época lluviosa en el cantón mocache, provincia de los ríos”. [Quevedo-Los Ríos-Ecuador]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019.
7. Oñate Zúñiga LA. Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (zea mays) var. Blanco harinoso criolla, bajo las condiciones climáticas del cantón cevallos”. [Ambato - Ecuador]: Universidad Técnica de Ambato; 2016.
8. Paliwal R, Granados G, Lafitte R, Violic A. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción [Internet]. Fao.org. [citado el 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s12.htm>

9. Cepeda Galo C. Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador: retos y oportunidades producción de semilla de maíz en Ecuador. Número especial de la XXII Reunión Latinoamericana del Maíz [Internet]. 17 de mayo de 2019;11(1):116–23. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100>
10. Alarcon V. Catálogo 2021 - Advanta Seeds [Internet]. Com.ar. [citado el 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://es.readkong.com/page/catalogo-2021-advanta-seeds-5445031>
11. Semilla de Maíz ADV 9193 20 kg [Internet]. Agrizon. [citado el 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.e-agrizon.com/producto/semilla-de-maiz-adv-9193/>
12. Maíz Criolla Mixtureado [Internet]. Red de Guardianes de Semillas del Ecuador. 2021 [citado el 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://redsemillas.org/producto/maiz-criolla-mixtureado/>
13. Echeverría Llumipanta NA. Desarrollo de un sistema de información geográfica que permita la gestión integral de los cultivos de palma aceitera a través de la aplicación de sistemas de agricultura de precisión. [Quito -Ecuador]: Universidad San Francisco de Quito; junio de 2015.
14. Schiaffino G. Divisiones territoriales del trabajo y circuitos de la economía urbana: las empresas de servicios técnico-científicos de agricultura de precisión en el área concentrada de Argentina. [Bueno Aires- Argentina]: Universidad de Buenos Aires; 2018.
15. Ruipérez P. Diseño y fabricación de un dron. [Valencia-España]: Universidad Politécnica de Valencia; 2016.
16. Barraza J, Espinoza E, Espinos A, Serracin J. Agricultura de precisión con drones para control de enfermedades en la planta de arroz. Revista de Iniciación Científica [Internet]. Marzo de 2019;5(3). Disponible en: <http://dx.doi.org/doi.org/10.33412/rev-ric.v5.0.236841>
17. Acevo Herrera R. Sistemas de teledetección activos y pasivos embarcados en sistemas aéreos no tripulados para la monitorización de la tierra [Internet]. [Barcelona-España]: Universidad Politécnica de Catalunya; Marzo de 2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/22669>

18. Arcia Porrúa J. De la agricultura precisa a la agricultura de precisión. *Revista Ingeniería Agrícola*. el 12 de junio de 2020;10(3).
19. Di Leo N. Drones: nueva dimensión de la teledetección agroambiental y nuevo paradigma para la agricultura de precisión. *Agromensajes* 41 7. 17 de Mayo de 2015;1–11.
20. Aldás Andrade AP. “Análisis de la dinámica temporal del índice de vegetación de diferencia normalizada (ndvi) para los años 1986, 2001 y 2017 en la reserva ecológica cotacachi cayapas, imbabura, mediante el uso de google earth engine”. [Quito -Ecuador]: Pontificia Universidad Católica del Ecuador ; 2019.
21. Saavedra Mora D, Cubillos Ortiz A, Machado Cuellar L, MurciaTorrejano V, Méndez Pastrana D. Análisis de índices de vegetación en el cultivo de arroz en la finca la tebaida del municipio de campoalegre. *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura* [Internet]. diciembre de 2018;5(5):1–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23850/issn.2422-0493>
22. Sánchez Posligua JL. Comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), con sistema de siembra a doble hilera en la zona de Vinces- Ecuador. [Guayaquil-Ecuador]: Universidad de Guayaquil; 2017.
23. Revelo Luna DA, Manzano Mejía J, Montoya Bonilla B, Hoyos García J. Análisis de los índices de vegetación NDVI, GNDVI y NDRE para la caracterización del cultivo de café (*Coffea arabica*). *Ingeniería y Desarrollo* [Internet]. 2020;38(2):1–15. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.38.2.628>
24. Mayorga Jaen SE. “Índice de vegetación normalizada (NDVI) y su influencia en la agricultura de precisión”. [Babahoyo – Los Ríos – Ecuador]: Universidad Técnica de Babahoyo; 2020.
25. Tutiven AF. Desarrollo de técnicas de agricultura de precisión, valoración económica y evaluación de modelo de negocio para el cultivo de maíz (*Zea Mays*). [Guayaquil-Ecuador]: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2019.

26. Argote Mamani MA. Análisis espacio-temporal del vigor y área foliar de maíz forrajero (zea mays l.) Cv. Inia 617- chuska con tres dosis de nitrógeno mediante imágenes infrarrojas aerotransportadas. [Arequipa-Peú]: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2018.

27. Pavón Garache JD, Zapata Valle OI. Comparación de tres fertilizantes orgánicos y un combinado en el cultivo de maíz (zea mays), en el campus agropecuario de la unan-león en el periodo comprendido de abril a julio del 2011. [Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]: Mayo de 2012;

28. Sandal Paucar MS. Comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz (Zea mays l.). En el cantón pueblo viejo provincia de los ríos. [Quevedo - Los Ríos - Ecuador]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2014.

CAPÍTULO VII
ANEXO

7.1 Anexo

Anexo A

Análisis de varianza de la media del índice NDVI; semana 1.

F.V	S.C	gl	M	F	p-valor
Modelo	3.8E-03	8	4.7E-04	0.42	0.8915
Repeticiones	1.0E-03	3	3.4E-04	0.30	0.8229
Semilla	1.1E-04	1	1.1E-04	0.10	0.7551
Distancia	2.6E-03	2	1.3E-03	1.17	0.3380
Semilla*Distancia	1.6E-05	2	8.1E-06	0.01	0.9928
Error	0.02	15	1.1E-03		
<u>Total</u>	<u>0.02</u>	<u>23</u>			

Coefficiente de variación: 4.61%

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

** = diferencias significativas al 1%

Anexo B

Análisis de varianza de la media del índice NDVI; semana 2.

F.V	S.C	gl	M	F	p-valor
Modelo	3.8E-03	8	4.7E-04	0.42	0.8915
Repeticiones	1.0E-03	3	3.4E-04	0.30	0.8229
Semilla	1.1E-04	1	1.1E-04	0.10	0.7551
Distancia	2.6E-03	2	1.3E-03	1.17	0.3380
Semilla*Distancia	1.6E-05	2	8.1E-06	0.01	0.9928
Error	0.02	15	1.1E-03		
<u>Total</u>	<u>0.02</u>	<u>23</u>			

Coefficiente de variación: 4,61%

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

** = diferencias significativas al 1%

Anexo C

Análisis de varianza de la media del índice NDVI; semana 3.

F.V	S.C	gl	M	F	p-valor
Modelo	3.3E-03	8	4.2E-04	1.29	0.3172
Repeticiones	1.5E-03	3	5.0E-04	1.55	0.2424
Semilla	1.3E-04	1	1.3E-04	0.40	0.5365
Distancia	9.5E-04	2	4.8E-04	1.48	0.2600
Semilla*Distancia	7.6E-04	2	3.8E-04	1.17	0.3361
Error	4.8E-03	15	3.2E-04		
<u>Total</u>	<u>0.01</u>	<u>23</u>			

Coeficiente de variación: 2,24%

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

** = diferencias significativas al 1%

Anexo D

Análisis de varianza de la media del índice NDVI; semana 4.

F.V	S.C	gl	M	F	p-valor
Modelo	0.01	8	7.5E-04	1.21	0.3576
Repeticiones	2.1E-03	3	7.1E-04	1.15	0.3616
Semilla	3.0E-03	1	3.0E-03	4.90	0.0428
Distancia	6.8E-04	2	3.4E-04	0.55	0.5866
Semilla*Distancia	1.3E-04	2	6.6E-05	0.11	0.8995
Error	0.01	15	6.2E-04		
<u>Total</u>	<u>0.02</u>	<u>23</u>			

Coeficiente de variación: 3,42%

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

** = diferencias significativas al 1%

Anexo E

Análisis de varianza del peso de 100 granos de semilla.

F.V	S.C	gl	M	F	p-valor
Repetición	1.09	3	0.36	0.71	0.5617 ns
Variedad	52.75	1	52.75	102.73	<0.0001 **
Distancia	8.60	2	4.30	8.38	0.0036 *
V*D	6.19	2	3.10	6.03	0.0120 *
Error	7.70	15	0.51		
Total	76.33	23			

Coeficiente de variación: 2,24%

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

** = diferencias significativas al 1%

Anexo F

Análisis de varianza del rendimiento.

F.V	S.C	gl	M	F	p-valor
Repetición	17215.69	3	5738.56	1.56	0.2399 ns
Variedad	4419310.34	1	4419310.34	1202.98	<0.0001 **
Distancia	88417.83	2	44208.91	12.03	0.0008 *
V*D	7929.25	2	3964.62	1.08	0.3648 ns
Error	55104.32	15	3673.62		
Total	4587977.42	23			

Coeficiente de variación: 1,73%

ns = no significativo

* = diferencias significativas al 5%

** = diferencias significativas al 1%