



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN EDAFOLOGÍA

**DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE
KALE (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.)
EN CAMPO**

MARCO ANTONIO MORA BAUTISTA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2021

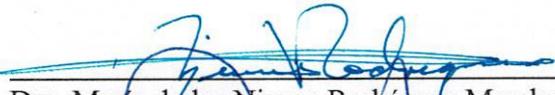
La presente tesis titulada “**Desarrollo y producción de kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.) en campo**” realizada por el alumno: Marco Antonio Mora Bautista bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EDAFOLOGÍA

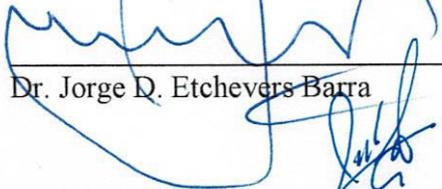
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA



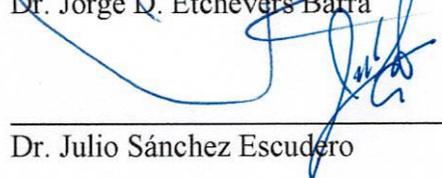
Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza

ASESOR



Dr. Jorge D. Etchevers Barra

ASESOR



Dr. Julio Sánchez Escudero

Montecillo, Texcoco, Estado de México, marzo de 2021

DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE KALE (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.) EN CAMPO

Marco Antonio Mora Bautista, M.C.

Postgrado en Edafología, 2020

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo comparar dos fuentes de nutrición, orgánica y mineral aplicadas en diferentes formas a *kale* (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.) cultivar “*dwarf blue curled*”, para lograr mejor desarrollo y producción de *kale* en campo. La investigación se llevó a cabo en condiciones de campo. Las variables experimentales fueron: fertilización mineral al suelo, fertilización orgánica al suelo, fertilización mineral al suelo + fertilización foliar mineral, fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica y un testigo con cinco repeticiones. El diseño fue parcelas completamente al azar (DCA). Las variables de respuesta fueron: producción de hojas comercializables, largo y ancho de hoja, peso fresco, K^+ y Ca^{2+} en extracto celular, firmeza, vitamina C y rendimiento.

Debido a la limitada información disponible a nivel local sobre el cultivo, se aprovechó el experimento para generar una escala de etapas fenológicas del *kale*, se hicieron observaciones y muestreos 88, 102, 116 días después del trasplante (ddt). Los resultados de las observaciones mostraron que el efecto del tratamiento fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica fue mejor en la cinética de crecimiento de hojas 13.7% mayor que el testigo, en el peso fresco y seco de hojas fue 32.6% mayor que el testigo sin fertilización, el largo y ancho de hoja fue 20% mayor que las del testigo, además aumentó la firmeza de las hojas y el contenido de potasio (K^+) en el extracto celular de peciolo. Por su parte, la fertilización mineral al suelo + fertilización foliar mineral incrementó el contenido de calcio (Ca^{2+}), el pH en el extracto celular, el índice normalizado de vegetación (INV) y el contenido de vitamina C 200% comparado con el testigo.

La respuesta de la planta a la fertilización orgánica al suelo y foliar es lenta, sin embargo, es constante y favorece la fisiología impactando directamente en el rendimiento, por lo tanto, se recomienda su uso en el cultivo de esta especie.

Palabras clave: Hortaliza, nutrición, rendimiento, vitamina C.

DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF KALE (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.) IN CROP FIELD

Marco Antonio Mora Bautista, MSc.

Edaphology Graduate Program, 2020

ABSTRACT

The present investigation has the objective of compare two sources of nutrition, organic and mineral, applied to *kale* (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.) in different ways, cultivate “*dwarf blue curled*”, for achieve better development and production of this species in crop field. The research was carried out under field conditions. The experimental variables were mineral soil fertilization, organic soil fertilization, mineral soil fertilization + mineral foliar fertilization, organic soil fertilization + organic foliar fertilization and a control with five repetitions. The design was completely haphazard plots (DCA). The response variables were production of marketable leaves, length and width of leaf, fresh weight, K +and Ca 2+in cell extract, firmness, vitamin C and performance. Due to the limited information available at the local level on kale, the present experiment was used simultaneously for generating a phenological scale of development. Monitoring and samplings were made 88, 102, 116 days after transplantation (ddt). The results of the inspections showed that the effect of the organic fertilization treatment applied to the soil on the fresh and dry weight of leaves was 32.6 % higher than those of the control without fertilization, and the influence on the length and width of the leaf was 20% higher than those of the control, in addition, this treatment increased the firmness of the leaves and the content of potassium (K +) in the petiole cell extract. Meanwhile, the mineral fertilization to the soil + mineral foliar fertilization increased the calcium content (Ca 2+), the pH in the cell extract, the normalized vegetation index (NVI) and the vitamin C content (200%) than those of the control.

The response of the plant to organic fertilization to the soil and foliar is slow, however it is constant and favors the physiology, directly impacting the yield, therefore it´s use is recommended in the cultivation of this species.

Keywords: Vegetable, nutrition, yield, vitamin C.

AGRADECIMIENTOS

¡Pero gracias a Dios, que nos da la victoria por medio de nuestro Señor Jesucristo! 1 Cor. 15:57

Al pueblo de México que a través de sus impuestos hace posible que instituciones como el CONACYT otorguen becas de financiamiento para estudios de postgrado.

Al CONACYT por haberme otorgado una beca para poder realizar mis estudios de postgrado, al Colegio de Postgraduados campus Montecillo y a su postgrado de Edafología por darme la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

Agradezco de manera especial y sincera a la Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza por su apoyo incondicional, sugerencias, aportes y guía en la realización de este trabajo. Por los conocimientos compartidos en el salón de clases, por sus consejos y paciencia.

Al Dr. Jorge D. Etchevers Barra por sus enseñanzas, por compartir su sabiduría de vida y por su aporte invaluable en la realización de este trabajo.

Al Dr. Julio Sánchez Escudero por compartir su conocimiento y por su participación activa en la realización de este trabajo.

Al Dr. José Luis García Cúe de manera especial por todo el apoyo brindado, por su disponibilidad, paciencia y por haber enriquecido este trabajo.

Al Dr. Juan José Almaraz Suárez por haber fungido como sinodal de este trabajo.

A todos los profesores que fueron parte de mi formación durante mi estancia en el colegio, aprecio cada hora invertida en mi.

A la M.C. Juliana Padilla Cuevas por las facilidades otorgadas en el uso del laboratorio.

A Salvador Ortega por su colaboración durante el desarrollo del experimento y al personal de los laboratorios de Fertilidad, Génesis y Nutrición del Postgrado de Edafología.

A mis amigos los Chukys: Ernesto, Diego, Jiosheline y Luis. A Lili, Kathia y Rafaela.

A Tyrion, Catió y Jericalla por acompañarme en mis desvelos.

DEDICATORIA

A mi esposa Sugeily Martínez Reséndiz por su amor, apoyo, motivación, comprensión y paciencia durante la realización de este trabajo. ¡Te Amo!

A mi madre Esther Isidora Bautista Velasco, por su amor abnegado e incondicional, mis triunfos son tuyos también.

A mi querida tía Rosa Velasco Cruz quien ya se encuentra en un mejor lugar, mientras tenga vida te recordaré...

La nación que destruye su suelo se destruye a si misma

-Franklin Roosevelt

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos particulares.....	3
3. HIPÓTESIS.....	4
3.1 Hipótesis general	4
3.2 Hipótesis particulares	4
4. REVISION DE LITERATURA	5
4.1 El kale.....	5
4.2 El consumo de kale en México y en el mundo.....	6
4.3 Propiedades nutrimentales y nutraceuticas del kale	7
4.4 Sistema de producción convencional de kale.....	12
4.5 Producción agroecológica de kale.....	14
4.6 Control de plagas y enfermedades	17
4.7 Crecimiento y desarrollo de las plantas.....	19
4.7.1 La nutrición y el crecimiento vegetal.....	19
5. MATERIALES Y METODOS	21
5.1 Sitio experimental	21
5.2 Establecimiento de almácigos	22
5.2.1 Material Vegetal.....	22
5.2.2 Sustrato para almácigo	22
5.2.3 Establecimiento del almácigo.....	22

5.2.4 Solución nutritiva	22
5.3 Producción de kale en campo	24
5.3.1 Preparación del terreno.....	24
5.3.2 Suelo.....	24
5.3.3 Características de las plantas al trasplante	24
5.3.4 Tratamientos y diseño experimental	25
5.3.5 Fertilización.....	27
5.3.6 Manejo del cultivo.....	30
5.3.7 Determinación de las etapas fenológicas en el cultivo de kale	35
5.3.8 Variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo de kale en condiciones de campo	36
5.3.9 Variables evaluadas en la etapa de mayor producción (90-120 ddt) de kale en campo durante el desarrollo del cultivo	37
5.3.10 Muestreo de suelo.....	42
5.3.11 Análisis estadístico para la etapa de producción del cultivo de kale en campo	42
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
6.1 Cinética de crecimiento de hojas.....	43
6.2 Determinación de las etapas fenológicas en el cultivo de kale	45
6.3 Variables agronómicas durante el desarrollo del cultivo	46
6.4 Vitamina C	61
6.5 Rendimiento	63
6.6 Muestreo exploratorio a los 260 ddt (Tiempo de pandemia COVID).....	64
7. CONTRASTE DE HIPÓTESIS CON RESULTADOS	69
8. CONCLUSIONES	70
9. RECOMENDACIONES.....	71

9.1 Para futuras investigaciones	71
9.2 Para productores	71
10. LITERATURA CITADA	72
ANEXOS	83

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonomía del kale.	5
Cuadro 2. Producción de Kale en México 2018.	6
Cuadro 3 Contenido nutricional de una taza (100 g) de “microgreens” crudos.	7
Cuadro 4. Frutas y hortalizas con alto contenido de vitamina C	8
Cuadro 5. Hortalizas con alto contenido de compuestos fenólicos.	9
Cuadro 6. Hortalizas con alta concentración de glucosinolatos.	10
Cuadro 7. Hortalizas con alta concentración de carotenoides.	11
Cuadro 8. Fuentes fertilizantes de macronutrientes para la preparación de Solución Steiner (1984).	23
Cuadro 9. Composición del fertilizante Tradecorp AZ [®] (fuente de micronutrientes).	23
Cuadro 10. Características físicas y químicas del suelo en el sitio experimental.	24
Cuadro 11. Tratamientos para evaluar el efecto de la fertilización orgánica y mineral en el desarrollo y producción de kale (<i>B. oleracea</i> var. <i>acephala</i> auct.) en campo.	25
Cuadro 12. Composición del fertilizante foliar mineral Bayfolan de Bayer [®]	27
Cuadro 13. Composición de la harina de roca basáltica de BASAGRO [®] (SGN, 2019).	28
Cuadro 14. Manejo de plagas y enfermedades de kale (<i>B. oleracea</i> var. <i>acephala</i> auct.)	31
Cuadro 15. Gasto de 2,6- Dicloroindofenol y contenido de vitamina C (ácido ascórbico).	40
Cuadro 16. ANOVA de variables agronómicas en kale (3 muestreos, 5 tratamientos).	47
Cuadro 17. Comparación de medias para la variable largo de hoja (cm) por muestreo.	50
Cuadro 18. ANOVA de las variables Calcio (Ca ²⁺) y Potasio (K ⁺) en extracto celular de peciolo, y porcentaje humedad (%H) en plantas de kale por muestreo.	53

Cuadro 19. ANOVA de las variables altura de planta (AP), Número total de hojas (NTH), lecturas SPAD e Índice Normalizado de vegetación (INV) en plantas de kale en tercer muestreo bajo cinco tratamientos	59
Cuadro 20. Comparación de medias para las variables Altura de planta (AP), Número total de hojas (NTH), Peso fresco (PFP) y Peso seco de planta (PSP) y mediciones SPAD en el tercer muestreo	59
Cuadro 21. ANOVA de la variable contenido de Vitamina de C (mg) en hojas secas a 30°C de plantas de kale en tres muestreos bajo cinco tratamientos.....	61
Cuadro 22. Rendimiento comercial y no comercial de kale en campo por planta y hectárea	64
Cuadro 23. ANOVA de las variables contenido de Nitratos (NO_3^-), Calcio (Ca^{2+}), Potasio (K^+) en extracto celular de peciolo y pH en plantas de kale en muestreo realizado a los 260 ddt con aplicación de vermicompost en todos los tratamientos.....	65
Cuadro 24. Análisis de suelo del cultivo de kale después de 300 días de aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales.....	67
Cuadro 25. Análisis de vermicompost (un año de almacenamiento) usado en experimento.	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de ubicación del invernadero (a) y el módulo de producción de Agroecología (b).....	21
Figura 2. Croquis de la parcela y acomodo de los tratamientos en campo.....	26
Figura 3. Plantas de kale que conforman la parcela y las que fueron utilizadas para los muestreos (cuadro rojo).....	26
Figura 4. Curva estándar para determinación de Vitamina C (ácido ascórbico)	41
Figura 5. Cinética de crecimiento de hojas de kale por fechas de evaluación bajo cinco tratamientos.....	43
Figura 6. Etapas fenológicas del cultivo de kale en campo	46
Figura 7. Peso fresco y peso seco de hoja en plantas de kale (muestreo 102 ddt bajo cinco tratamientos).	48
Figura 8. Peso fresco y peso seco de hoja en plantas de kale (muestreo 116 ddt bajo cinco tratamientos).....	49
Figura 9. Ancho de hoja en plantas de kale en muestreo realizado 116 ddt bajo cinco tratamientos.....	51
Figura 10. Contenido de Calcio (Ca^{2+}) y Potasio (K^{+}) en extracto celular de peciolo en plantas de kale en muestreo realizado 102 ddt bajo cinco tratamientos.	54
Figura 11. Firmeza de hoja (resistencia a la penetración) en plantas de kale en tres muestreos bajo cinco tratamientos.	55
Figura 12. Número de hojas por intervalo de longitud producida por planta con diferentes fuentes de nutrición a los 116 ddt.....	56
Figura 13 . Peso fresco de planta (A), peso seco de planta (B), peso fresco promedio por hoja (C) y peso seco promedio por hoja (D) en plantas de kale con seis diferentes tamaños de hoja bajo cinco tratamientos.	58

Figura 14. Unidades de INV (Índice normalizado de vegetación) en plantas de kale en muestreo realizado 116 ddt bajo cinco tratamientos.	60
Figura 15. Contenido de vitamina C (mg/100 g) en hojas secadas a 30° C de plantas de kale en tres muestreos bajo cinco tratamientos.	62
Figura 16. Contenido de Nitratos (NO ₃ ⁻) y Potasio (K ⁺) en extracto celular de peciolo en plantas de kale en muestreo realizado 260 ddt bajo fertilización con vermicompost en todos los tratamientos.....	66
Figura 17. pH en extracto celular de peciolo en plantas de kale en muestreo realizado 260 ddt bajo fertilización con vermicompost en todos los tratamientos.....	67

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.) se ha posicionado dentro del gusto del consumidor en años recientes, por los beneficios que proporciona a la salud humana. La demanda del cultivo, tanto la de origen orgánico como la convencional, se ha incrementado por lo que los productores buscan estrategias para aumentar la producción.

Para lograr los rendimientos que el mercado demanda se necesita suministrar al cultivo la nutrición adecuada, por lo general, en los que eran sistemas de producción tradicional, cada vez se aplican más fertilizantes minerales particularmente en la región de América Latina, donde el crecimiento del consumo ha sido sostenido (Reyes y Cortez, 2017). Sin embargo, la aplicación de fertilizantes minerales tiene desventajas, entre ellas se encuentran que más de la mitad de los nutrientes liberados se pierden por volatilización, lixiviación o escorrentía, entre otros procesos, antes de que puedan ser aprovechados por las plantas. Lo anterior ocasiona que se hagan aplicaciones excesivas en cada ciclo de cultivo, lo que disminuye la microbiota del suelo, provoca compactación, desbalance de nutrientes en la solución del suelo, llegando a causar pérdidas en su calidad, provocando, en no pocos casos, procesos de salinización (Villarreal *et al.*, 2012). Muchos de estos fertilizantes, particularmente los nitrogenados contaminan la atmósfera al emitir N_2O , los cuerpos de agua con nitratos (FAO, 2011) y la contaminación vinculada a la producción de fertilizantes (Benbi, 2013). Además, el costo de los fertilizantes se ha incrementado, lo que ha encarecido la producción agrícola.

Esta realidad ha provocado la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles y amigables con el ambiente tales como el uso de microorganismos fijadores biológicos de nitrógeno, micorrizas (Rosales *et al.*, 2017), sustancias bioactivas (Paz-Lago *et al.*, 2000) y fertilizantes orgánicos. El vermicompost es uno de los fertilizantes orgánicos más utilizados. Se ha demostrado que estimula el rendimiento de los cultivos, mejora la fertilidad natural del suelo y aumenta su actividad microbiana (Borges *et al.*, 2016). Además de que se pueden reutilizar algunos materiales dentro del sistema de producción y de esa forma, disminuyen los costos.

Por todo lo anterior, se propuso la siguiente pregunta de investigación; ¿Qué diferencia hay en el desarrollo de kale en campo con dos fuentes diferentes de nutrición, orgánica y mineral?

Para contestar la pregunta, se planteó una investigación en condiciones de campo, con la finalidad de comparar el efecto de la nutrición mineral vs la nutrición orgánica en el desarrollo y crecimiento del cultivo, así como su repercusión en algunas variables morfométricas y el rendimiento.

El propósito de la investigación fue entender, como el uso de fertilizantes orgánicos puede permitir que se disminuyan o sustituyan gradualmente las dosis de fertilizantes minerales, sin que esto signifique una disminución en el rendimiento y en la calidad del cultivo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Comparar dos fuentes de nutrición, orgánica y mineral en el desarrollo y producción de *kale* (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.) en campo.

2.2 Objetivos particulares

1. Medir la cinética de crecimiento foliar de *kale* en función de las fuentes de nutrición.
2. Evaluar la respuesta del crecimiento de las hojas para corte y rendimiento comercial de acuerdo con la fuente de nutrición aplicada.
3. Cuantificar el contenido de vitamina C en *kale* y relacionarlo con la fuente de nutrición aplicada.

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis general

La aplicación de fertilizantes orgánicos como fuente de nutrición favorece el crecimiento y producción en el cultivo *kale* en campo.

3.2 Hipótesis particulares

1. La cinética de crecimiento foliar en *kale* varía en función de la fuente de nutrición que se aplica.
2. La producción de hojas para corte se incrementa cuando se utiliza como fuente de nutrición vermicompost y fertilización foliar orgánica en lugar de fertilización mineral.
3. El contenido de vitamina C en hojas de *kale* se incrementa en las hojas de los cultivos producidos con fertilizantes orgánicos.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 El kale

Aun poco conocida en México el kale, berza o col rizada (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.), es una hortaliza de hoja verde perteneciente a la familia Brassicaceae. En este grupo de vegetales se encuentran el repollo, brócoli, coliflor y coles de Bruselas, especies que se caracterizan por su alto contenido de metabolitos secundarios como son los flavonoides, carotenoides, glucosinolatos y vitamina C (Munguía *et al.*, 2017).

Vilar *et al.* (2008) describen al kale como una “planta de porte erguido, con raíz pivotante, tallo largo, cilíndrico, erguido, lignificado y robusto, con la base semileñosa y cubierto de cicatrices foliares”. Sus hojas son grandes, enteras, carnosas, cerosas, con peciolo y glaucas, con formas diferentes según la variedad fenotípica, existiendo algunas de hojas lisas y rizadas. Sus flores presentan coloración blanca o amarilla. Su ciclo es normalmente bianual. La clasificación taxonómica del kale se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonomía del kale.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Genero	<i>Brassica</i>
Especie	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> auct.
Sinonimia	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>sabellica</i>

Fuente: USDA, ARS. National Plant Germoplasm System, 2020.

Sus hojas se recolectan de forma progresiva a medida que se van desarrollando. Las hojas más jóvenes se destinan al consumo humano, y las más viejas (de mayor dureza) se aprovechan como forraje (Vilar *et al.*, 2008).

4.2 El consumo de kale en México y en el mundo

De acuerdo con cifras del SIAP (2019) la producción total de kale en México en el año 2018 alcanzo las 4,004 Mg ha⁻¹(Cuadro 2). Los principales estados productores de esta especie fueron Sonora y Guanajuato. Por ser un cultivo poco conocido en México y su consumo poco generalizado, el 90% de la producción se exporta a Estados Unidos.

Cuadro 2. Producción de Kale en México 2018.

Cultivo	Superficie (ha)			Producción Mg ha ⁻¹	Rendimiento Mg ha ⁻¹	Precio por Mg Pesos	Valor prod. Miles de pesos
	Sembrada	Cosechada	Siniestrada				
Kale	151	141	10	4,044	28.68	9,770	39,514

Fuente: SIAP, 2019.

China y Estados Unidos son los principales productores a nivel internacional (FAOSTAT, 2018), y Europa central, Asia, Estados Unidos y Nueva Zelanda los principales mercados.

Como estrategia de comercialización de este cultivo, además de vender las hojas grandes también se producen “microgreens” en combinación con otras hortalizas. Los “microgreens” son cultivos que se dejan solamente hasta la segunda fase de su desarrollo por lo que tienen una altura entre 5-10 cm (Palmer, 2010). Se obtienen entre 10 a 21 días después de realizar la siembra de las semillas, son hortalizas en su mínima expresión, cultivos delgados, delicados y nutritivos. Los “microgreens” contienen nutrientes, como la vitamina C y E, hasta seis veces más de lo que contienen los vegetales maduros, por lo que los brotes son atractivos para todos aquellos que cuidan la dieta, ya sea por prescripción médica o prevención. Lo ideal es consumirlos crudos y recién cosechados (Kadey, 2013).

En el Cuadro 3 se muestra el contenido nutricional de una taza 100 g de “microgreens” donde el kale está presente en mezcla con otras hortalizas:

Cuadro 3 Contenido nutricional de una taza (100 g) de “microgreens” crudos.

Calorías	Vitamina A (UI)	Vitamina C (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Fibra Dietética (g)
5	3000	9	40	4	1
VDR(%)	60	15	4	2	4

VDR= Valor diario recomendado. Basado en la mezcla comercial de marca Joe’s Organics microgreens que contiene: mizuna, tatsoi, col roja, mostaza roja, kale, brócoli, apio, arúgula, betabel, amaranto y bok choy.

Fuente: Palmer, 2010.

México es la principal potencia exportadora de hortalizas a Estados Unidos entre las que destaca el kale, lo cual lo posiciona para tomar ventaja de una demanda creciente de hortalizas y frutas frescas. Asimismo, aprovechar su situación geográfica y las condiciones climatológicas para aumentar la producción de kale ya sea para consumo en fresco o congelado además de considerar el valor agregado de la producción orgánica (Giese, 2015).

A pesar de que la lechuga lidera el crecimiento en consumo de hortalizas, en cuanto a tendencias de preferencia del consumidor para el año 2020, por factores como el cambio en los hábitos alimenticios, se espera un aumento en el consumo per cápita de kale en las próximas dos décadas en Estados Unidos (Giese, 2015).

En México se van consolidando cada vez más los mercados orgánicos como parte de la construcción de alternativas que surgen en diferentes partes del mundo como respuesta a expresiones de la crisis de nuestra civilización (Toledo, 2012). Dentro de la variedad de hortalizas que se encuentran en los tianguis orgánicos está el kale, el cual se ha estado posicionando en el gusto del consumidor debido a los beneficios que aporta a la salud.

4.3 Propiedades nutrimentales y nutraceuticas del kale

En años recientes, y debido al interés de los consumidores por conocer más acerca del efecto de la dieta en la salud, se han incrementado las referencias a los llamados “superalimentos”. Se entiende por “superalimento” aquellos que contienen naturalmente una cantidad superior de nutrientes, compuestos fitoquímicos y antioxidantes, con respecto a otros alimentos, por lo que su consumo proporciona beneficios para la salud o protección frente a enfermedades crónicas, (Oxford

Dictionary, 2009). Dentro de la lista de “superalimentos” se encuentran frutas y hortalizas como kale, arándanos, bayas de acai, granada, brócoli, ajo negro, cebolla, entre otros.

El kale ha recibido gran atención por parte de los científicos por ser un vegetal con una actividad antioxidante alta debido a presentar compuestos fitoquímicos y antioxidantes en elevadas concentraciones. Así, destaca en su composición la vitamina C (120 mg/100 g), flavonoides (73 mg/100 g), glucosinatos (100.7 mg/100 g), carotenoides antioxidantes y provitamina A (19.61 mg/100 g), así como micronutrientes como hierro (1.47 mg/100 g), zinc (0.56 mg/100 g) y manganeso (0.659 mg/100 g) y macronutrientes como calcio (150 mg/100 g) y magnesio 47 mg/100 g (USDA, 2016). Es una fuente rica en vitaminas K, B6 y ácido fólico. Contiene además tiamina, riboflavina, ácido pantoténico y vitamina E. Cien gramos de kale proporcionan 49 calorías (USDA, 2016).

El doctor Stephen DeFelice en 1989, según González (2013) resumió el término nutraceútico como “un alimento” (o parte de este) que proporciona beneficios a la salud, incluyendo la prevención o el tratamiento de una enfermedad.

El ácido L-ascórbico (vitamina C, ascorbato) que contiene el kale, es uno de los antioxidantes dietéticos más eficaces y menos tóxico, tiene efecto antiaterogénico, anticancerígeno e inmunomodulador. También es esencial para la biosíntesis de colágeno, carnitina y neurotransmisores (Naidu, 2003). La cantidad diaria recomendada de consumo de vitamina C es 90 mg/día para hombre y 75 mg/día para mujeres. En el Cuadro 4 se compara el contenido de vitamina C en kale con otras frutas y vegetales.

Cuadro 4. Frutas y hortalizas con alto contenido de vitamina C

Producto vegetal	Vitamina C (mg/100 g)
Naranja	50
Pimiento rojo	190
Kale	120
Perejil	130
Brócoli	89
Coles de Bruselas	80

Fuente: Williamson *et al.*, 2013.

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos de fitoquímicos más extendido en los alimentos vegetales, siendo parte importante de la dieta humana. Se pueden clasificar en varias clases como ácidos fenólicos, flavonoides (incluyendo flavanoles, flavonoles, flavonas, isoflavonas, flavononas, antocianinas), xantonas, estilbenos y lignanos (Williamson *et al.*, 2013). Estos compuestos se destacan por ser potentes antioxidantes, que tienen propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antienviejamiento, antitrombóticas, antivirales, así como acciones protectoras frente a enfermedades cardiovasculares. Además, ayudan a prevenir enfermedades neurodegenerativas, osteoporosis, diabetes y otros desórdenes metabólicos (Williamson *et al.*, 2013). Estos antioxidantes convencionales del kale proporcionan un mínimo de 45 flavonoides diferentes, entre los que cabe citar por su importancia el kaempferol y la quercetina (Nilsson *et al.*, 2014).

El Cuadro 5 muestra el contenido de compuestos fenólicos en algunos vegetales comparados con los presentes en el kale (Williamson *et al.*, 2013).

Otros componentes del kale son los compuestos organosulfurados, que se encuentran principalmente en algunas hortalizas como las del género *Allium*, incluyendo ajo (*Allium sativum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.) y kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*), compuestos que son los responsables del olor y gusto característicos de estas hortalizas. Los glucosinolatos (compuestos organosulfurados) se encuentran en los vegetales de la familia Brassicaceae. El Cuadro 6 muestra ejemplos de hortalizas como el kale con un contenido alto en glucosinolatos.

Cuadro 5. Hortalizas con alto contenido de compuestos fenólicos.

Hortaliza	mg/100 g				
	Quercetina	Kaempferol	Isorametina	Luteolina	Apigenina
Kale	22.6	46.8	23.6	---	---
Cebolla blanca	20.3	---	5.0	---	---
Pimiento rojo	3.4	---	---	1.1	---
Brócoli	3.7	7.8	---	0.8	---

Fuente: Williamson *et al.*, 2013.

Cuadro 6. Hortalizas con alta concentración de glucosinolatos.

Hortalizas crudas	Glucosinolatos totales (mg/100 g)
Coles de Bruselas	236.6
Kale	100.7
Nabo	92
Brócoli	61.7
Coliflor	43.2

Fuente: Cervantes-Paz, 2012.

Las sustancias activas en estos vegetales son los isotiocianatos ($RN=C=S$) que se forman a partir de los glucosinolatos bajo la acción de la enzima mirosinasa. Los isotiocianatos actúan como agentes quimioprotectores induciendo las llamadas enzimas detoxificantes de fase 2, como la glutatión-transferasa, quinonatrtransferasa y epóxido hidrolasa, enzimas relacionadas con el efecto protector contra el cáncer. Existen numerosos estudios epidemiológicos que muestran que la ingesta de isotiocianatos como el sulforafano, isotiocianato derivado de la glucorafanina, y el indol-3-carbinol, derivado de la glucobrasicina, reduce el riesgo de padecer cáncer (Ares *et al.*, 2013).

Los compuestos carotenoides presentes en los alimentos vegetales son de especial relevancia debido a su doble función como nutrientes y como compuestos bioactivos. En primer lugar, algunos carotenoides como α -, β -caroteno y β criptoxantina son precursores de la vitamina A. Además, el consumo regular de ciertos carotenoides, como β -criptoxantina, licopeno, neoxantina o violaxantina, han sido asociados con efectos beneficiosos para la salud por ser potentes antioxidantes y reducir el riesgo de padecer enfermedades crónicas como aterosclerosis, obesidad, ciertos tipos de cáncer y enfermedades oftalmológicas relacionadas con la edad. Éstas últimas relacionadas con los pigmentos luteína y zeaxantina (Maiani *et al.*, 2009). El Cuadro 7 muestra ejemplos de hortalizas con una alta concentración en compuestos carotenoides. Destaca el kale que presenta un contenido de compuestos carotenoides 1.6 veces mayor que el de la zanahoria, destacando por su alto contenido en luteína y zeaxantina (USDA, 2016).

Cuadro 7. Hortalizas con alta concentración de carotenoides.

Hortalizas	Carotenoides totales (mg/100 g)	Vitamina A (UI)
Kale	19606	9990
Pimiento rojo	12377	3131
Zanahoria	12019	16706
Espinaca	5626	9377
Tomate	3248	833
Brócoli	1790	623

Fuente: Cervantes-Paz, 2012.

Diversos estudios han demostrado las propiedades nutraceuticas del kale. Así, por ejemplo: Lemos *et al.* (2011) presentaron resultados de un extracto hidroalcohólico de *B. oleracea* var. *acephala* auct. con actividad antiulcerosa en ratones; sus datos muestran que la efectividad del extracto se basa en la capacidad para estimular la síntesis de moco, aumentar el pH y disminuir los iones H⁺ en el estómago. Estos autores sugieren que las preparaciones obtenidas a partir de *B. oleracea* var. *acephala* auct. podrían usarse para el desarrollo de nuevos fitofarmacéuticos para el tratamiento de la úlcera gástrica.

Pereira *et al.* (2006) condujeron un estudio para evaluar la estabilización de la densidad ósea en la menopausia con el jugo de *B. oleracea* var. *acephala* auct., los resultados fueron positivos después de 24 meses, concluyendo que podría usarse para el tratamiento de la osteoporosis.

Kim *et al.* (2008) evaluaron el efecto del jugo de kale en la disminución de la enfermedad de las arterias coronarias en pacientes que padecían hipercolesterolemia. Dicho jugo produjo disminución en las cantidades de colesterol HDL después de 12 semanas de suplementación cuando incluido en la dieta.

También existen numerosos estudios *in vitro* e *in vivo* que muestran que el consumo de kale tiene un impacto positivo en la prevención de enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares y cáncer (Becerra-Moreno *et al.*, 2014).

4.4 Sistema de producción convencional de kale

Debido a la escasa información técnica con respecto a la producción del cultivo de kale, se tomaron como referencia los cultivos de brócoli (*B. oleracea* var. *italica*), repollo (*B. oleracea* var. *capitata*) y coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*), por pertenecer a la misma familia.

Preparación del terreno. El laboreo debe incluir pasos cruzados de arado y rastra necesarios para profundizar la labor al menos 0.30 m a fin de voltear el suelo. Los pasos de rastra deberán realizarse con intervalos de una semana a fin de exponer y destruir fuentes de inóculo para patógenos del suelo por efecto solar (Fuentes y Pérez, 2003). En suelos compactados es necesario el uso del subsoleo a una profundidad de 0.50 a 0.70 m. Cabe recordar que la humedad del suelo al momento de prepararlo es muy importante, debiéndose evitar los extremos, prefiriéndose trabajarlo cuando este se encuentre a capacidad de campo (Fuentes y Pérez, 2003).

Siembra. La siembra se desarrolla en dos fases: la primera es la elaboración y preparación de almácigos y la siguiente fase es el trasplante. El kale se reproduce por semilla, recurriéndose por regla general al germinarlo en almácigos. Con esta técnica, la producción de plántulas es más eficiente, ya que se generan plantas sanas, uniformes y con mejor enraizamiento (Arim *et al.*, 2009). Las plantas se adaptan bien y están listas para ser trasplantadas cuando tienen de cuatro a seis hojas verdaderas (Fuentes y Pérez, 2003). El tiempo necesario para obtener ese tamaño es de cuatro a seis semanas. Cabe mencionar que la desinfección del sustrato es importante, así como la prevención de plagas y enfermedades. El kale se puede sembrar empleando diversas densidades; sin embargo, lo más utilizado son surcos de 0.60 a 1.5 m de ancho con distancias entre plantas de 0.40 a 0.60 m. La densidad de población depende de la variedad y la región de la siembra. (Arim *et al.*, 2009)

Riego. El riego debe aplicarse regularmente en la fase de crecimiento (Arim *et al.*, 2009). Para alcanzar altos rendimientos la planta no debe experimentar estrés hídrico, ya sea por falta o exceso de agua. Los requerimientos de agua varían según las condiciones ambientales y el estado de desarrollo del cultivo. Posterior al trasplante, el riego debería aplicarse cada tres a cinco días, dependiendo de las temperaturas existentes. El consumo total por parte del cultivo es de 4,000 m³ de agua por hectárea (Krarup, 1992). El máximo requerimiento hídrico ocurre cuando el cultivo ha alcanzado la mayor cobertura foliar, sin embargo, los riegos al inicio deben ser frecuentes para

asegurar un buen establecimiento (Krarup, 1992). Una vez realizado el trasplante se procede inmediatamente a regar.

Fertilización. Al no encontrarse información referente a este punto, específicamente generada para kale, se recurrió a estudiar lo publicado para otras brassicas. Puenayan *et al.* (2010) investigó la respuesta de brócoli fertilizado con 150+200 kg ha⁻¹ de N+P₂O₅, 150+80 kg ha⁻¹ de N+K₂O y 150+200+80 kg ha⁻¹ de N+ P₂O₅+ K₂O empleando como indicador de respuesta al cultivar Legacy. La urea favoreció la absorción de fósforo presente en el suelo, mientras que el potasio incrementó la eficiencia del uso del nitrógeno. Giri *et al.* (2013), probó varias dosis de nitrógeno también en brócoli y encontró que si se incrementaba el nitrógeno hasta 200 kg ha⁻¹ (33% más del nitrógeno usado por Puenayan) el tamaño de las pellas seguía aumentando debido a una mayor producción de fotosintatos disponibles para el llenado de las inflorescencias.

Karitonas (2001) investigó el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la calidad de cabezas de brócoli (62, 122, 182, 242 y 302 kg N ha⁻¹); obtuvo un mayor rendimiento con 242 kg N ha⁻¹ con un rendimiento promedio de 13 t ha⁻¹, además hubo un aumento en el contenido de clorofila en los floretes con esta aplicación de nitrógeno.

INIFAP (2008) considera que en suelos pobres en este nutriente (<15 ppm), recomienda de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ los que deben aplicarse antes del rayado de las camas. Para los suelos con alto nivel de fosforo (<30 ppm) recomienda utilizar dosis no mayores de 40 kg ha⁻¹ La dosis de fosforo que se debe aplicar como fertilizante depende de la capacidad de suministro de cada suelo en particular. En general para cultivos hortícolas, se considera como una norma, que el suelo debe tener como 30 ppm de P-Olsen.

La fertilización potásica recomendada para brócoli en Guanajuato es 100 kg K₂O ha⁻¹ (Venegas, 1996). Sin embargo, existe poca información experimental sobre las necesidades potásicas de este cultivo bajo sus diferentes técnicas de manejo, especialmente cuando se cultiva con fertirrigación

Casseres (1980) indica que en general, las brassicas requieren importantes dosis de nitrógeno y potasio. Señala que utilizan el nitrógeno lentamente durante todo su ciclo, de donde se deduce el gran beneficio de la materia orgánica, estiércol u otras sustancias nitrogenadas. Los abonos nitrogenados aplicados en exceso al inicio del ciclo pueden ser poco efectivos por la lixiviación. Por lo tanto, se recomiendan aplicaciones sucesivas sobre todo en regiones de mucha lluvia.

4.5 Producción agroecológica de kale

Según Altieri (1999) el sistema de producción agroecológico es un conjunto de prácticas y técnicas que fomentan la proliferación de la vida en toda una parcela, que promueve la fertilidad orgánica de los suelos, mejora las condiciones físicas (estructura), químicas (fertilidad), biológicas (microflora y microfauna).

Por su parte Lattuca (2019) señala una serie de puntos que conforman las características de una producción agroecológica. Estas se describen a continuación.

Manejo del suelo. Los aspectos más relevantes relacionados con el manejo del suelo en agroecología son: (a) la incorporación de materia orgánica (abonos verdes, cultivos de cobertura, compost, vermicompost) para incrementar la actividad del suelo; (b) la integración de animales al proceso productivo. (c) mantener el suelo siempre cubierto con cultivos de cobertura, acolchado o mulch, para protegerlo de la erosión, mantener la humedad y controlar malezas, tal cual ocurre en la naturaleza.

Biodiversidad. Se debe aumentar la diversidad vegetal para favorecer la fauna auxiliar benéfica y el control biológico. Crear ambientes propicios para que haya especies de plantas con flores, preferentemente de la familia Umbeliferae como las apiáceas que son predilectas de los enemigos naturales, Brasicáceas (crucíferas), Asteráceas (compuestas), flora local y especies aromáticas. Colocar cercos vivos con arbustos y árboles, por las múltiples funciones ecosistémicas que brindan y para generar corredores biológicos.

Manejo agroecológico de malezas. Las malezas deben ser consideradas indicadores biológicos, que dan información acerca del estado de los suelos y el sistema en general. Se las contiene mediante: coberturas, rotaciones y labranzas mínimas principalmente.

Manejo agroecológico de plagas y enfermedades. Las plagas y las enfermedades de las plantas son consideradas indicadores biológicos, que señalan errores en el manejo. La prevención se lleva a cabo nutriendo apropiadamente al suelo y a las plantas, buscando generar un crecimiento armónico y tendiente al equilibrio.

Preparados agroecológicos. Uso de fitoestimulantes aplicados preventivamente después de cambios de clima y condiciones adversas (lluvias, frío, viento o calor excesivos, podas y en los

momentos de trasplante), en época de mayor necesidad de nutrientes (primavera-verano) y en las etapas de mayor crecimiento vegetal. Algunos preparados se utilizan como repelentes de plagas y como protectores en contra de algunas enfermedades.

Seaman (2016) en la guía de Manejo Integrado de cultivo y plagas para kale de la Universidad de Cornell señala:

Para producir kale agroecológicamente se deben seleccionar terrenos con altos contenidos de materia orgánica y buen drenaje. Si se busca la certificación orgánica de la producción las parcelas no deben tratarse con productos de síntesis química y dicho régimen se debe prolongar durante tres años.

Seaman (2016) señala que la semilla de kale que se utiliza para producción como orgánica o producida en una parcela con manejo agroecológico debe ser certificada. El cultivo requiere de buena luz, temperatura y humedad adecuadas, además de un sustrato uniforme y fértil. Una buena mezcla de sustrato para los almácigos debe proporcionar reserva de nutrientes y buena aireación. La mayoría de las mezclas de trasplante orgánico se basan en una combinación de turba, vermiculita o perlita y una proporción de compost.

Las semillas se colocan por separado en cavidades individuales, ya sea a mano o a través de sembradoras mecánicas. La temperatura óptima de germinación para el kale es de 23 a 26 °C. El trasplante se realiza cuando las plantas tienen de cuatro a seis hojas verdaderas. Las mesas de invernadero, bancos, pisos, contenedores o cualquier cosa que entre en contacto con las plantas deben mantenerse limpias y desinfectadas (Seaman, 2016).

Para producir un cultivo de kale saludable deben estar disponibles suficientes nutrientes solubles en el suelo para cumplir con la demanda que impone la planta. El desafío en los sistemas agroecológicos u orgánicos es equilibrar el suministro y la demanda de todos los nutrientes requeridos y mantenerlos en concentraciones suficientes para apoyar el crecimiento saludable de las plantas. Al iniciar la transición hacia un sistema de producción agroecológico u orgánico y durante los primeros años, la modificación del suelo con compost o estiércol animal es una estrategia para asegurar suficiente aporte de materia orgánica, actividad biológica y niveles de nutrientes del suelo (Seaman, 2016).

Un enfoque más sostenible y de largo plazo consiste en depender de cultivos de cobertura de leguminosas para suministrar la mayor parte del nitrógeno que necesita un cultivo y utilizar las

gramíneas para capturar al final de la temporada el exceso de nitrógeno liberado por la materia orgánica y minimizar las pérdidas de este elemento por lixiviación. Cuando los cultivos de cobertura se incorporan al suelo, su nitrógeno, así como el carbono, alimentan los microorganismos del suelo, apoyando los ciclos de los nutrientes. Algunos suelos son naturalmente altos en fósforo y potasio o tienen un historial de aplicaciones de estiércol que dan lugar a que se presenten niveles elevados de estos nutrientes. Los análisis de suelo ayudan a controlar el estado nutrimental del suelo (Seaman, 2016).

El cultivo kale requiere 112.5 kg nitrógeno, 131.5 kg de fósforo, y 180 kg de potasio ha⁻¹ mismos que se suministran como fertilizantes inorgánicos. La experiencia de agricultores e investigaciones sugiere que niveles más bajos pueden ser adecuados en los sistemas orgánicos o agroecológicos. En estos sistemas la mayor cantidad de nutrientes debe provenir de las adiciones de cultivos de cobertura, estiércol y compost en ciclos previos. Para ello se recomienda implementar un plan cuidadoso de rotación de cultivos ya que esto permite mejorar la calidad del suelo y tener un mejor control de las plagas (Seaman, 2016).

Las principales enfermedades del kale son favorecidas por condiciones de elevada humedad del suelo y mal drenaje. Cualquier práctica que promueva el desecación prematura de las hojas ralentiza el desarrollo de las enfermedades foliares porque los patógenos a menudo necesitan superficies húmedas para infectar. Las hileras de plantación deben orientarse en dirección este-oeste y la distancia entre plantas ser de al menos 0.60 m para promover el secado del suelo y reducir la humedad en el dosel de la planta (Seaman, 2016).

Para el manejo de arvenses se recomienda utilizar un enfoque integrado que incluya rotación de cultivos, cultivo de cobertura, diseño de plantación basado en una comprensión de la biología y la ecología de las especies dominantes de arvenses. Los planes de manejo deben centrarse en las especies más desafiantes y potencialmente limitantes del rendimiento de kale. La identificación precisa de las arvenses es esencial. Se debe desarrollar un inventario escrito de las especies para la parcela (Seaman, 2016).

En los sistemas orgánicos o agroecológicos las prácticas culturales constituyen la base de un programa de manejo de plagas y enfermedades. Se debe promover la salud de las plantas manteniendo un suelo biológicamente activo, bien estructurado, adecuadamente drenado y aireado que proporciona la cantidad necesaria y el equilibrio de nutrientes. Cuanto más temprano se detecte una enfermedad existe

mayor probabilidad que esta pueda ser suprimida con fungicidas de elaboración casera como el caldo bordelés y el caldo sulfocálcico (IPES/FAO, 2010).

La producción orgánica o agroecológica de kale se centra en un conjunto de técnicas culturales, biológicas y mecánicas para controlar las plagas en la parcela, pero en ciertos casos se necesita el uso de algunos productos, que incluyen repelentes a base de extractos de plantas permitidos para la producción orgánica o el empleo de ciertas prácticas culturales como las que se describen a continuación.

Plasmodiophora brassicae: Esta enfermedad disminuye su incidencia cuando se incluyen tomate, pepino, frijol o trigo sarraceno en la rotación de cultivos. sembrar hierbas perennes aromáticas como menta, y tomillo también puede reducir el inóculo en el suelo.

Rhizoctonia: Los cultivos de cereales son útiles para reducir esta enfermedad.

En los sistemas de producción orgánica o agroecológica de kale los patógenos pueden contaminar los alimentos durante todas las fases de producción, cosecha y empaque. Los productores deben llevar a cabo una evaluación del riesgo para identificar los peligros microbianos y luego implementar prácticas apropiadas para reducir los riesgos.

4.6 Control de plagas y enfermedades

Las principales plagas y enfermedades del kale son:

Palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*). Haro y Maldonado (2009) indicaron que en su estado larvario esta plaga se presenta como gusanos pequeños y muy móviles, que forman agujeros diminutos y redondos en la lámina foliar. La larva penetra en la hoja haciendo pequeñas galerías, luego sale y se alimenta del follaje dejando pequeños orificios irregulares lo cual disminuye la calidad del producto. La incidencia de la palomilla aumenta en proporción directa con el desarrollo del cultivo. Los adultos son pequeñas palomillas de unos 12 a 15 mm. Su control químico puede hacerse con insecticidas piretroides.

Gusano de la col (*Leptophobia aripa*), que en su fase adulta es una mariposa con una envergadura de 40 a 45 mm, de color blanco crema con el borde de las alas anteriores de color negro, el cual se expande en forma de una mancha más ancha en el extremo distal; las alas posteriores son de color

blanco sin manchas (Ávila, 2000). Los huevecillos de esta especie tienen un color que va del amarillo a naranja y forma de bala, elongados, con estrías longitudinales y base circular, por donde se adhieren al envés a la hoja, en grupos 18 de 40 a 80. El periodo de incubación es de cinco días. La larva es de color verde y presentan una banda amarilla, longitudinal lateral, bordeada por otras dos muy delgadas y tenues de color verde azulado; la cabeza es amarilla. Cuando alcanzan su desarrollo máximo, miden entre 30 y 45 mm. Tienen hábito gregario en los primeros instares, luego se dispersan por toda la planta y se alimentan principalmente de las hojas exteriores.

Mildiu: Su agente causal es *Peronospora brassicae*; en el haz de la hoja se forman pequeñas manchas de color amarillo y forma angulosa, en correspondencia con esas manchas, por el envés se forma una especie de pelusilla de color blanco grisáceo. Aplicaciones de clorotalonil, metalaxil y oxiclورو de cobre son útiles para su control (Haro y Maldonado, 2009).

Damping-off: Es usualmente causada por *Rhizoctonia solani*, la fase más destructiva de esta enfermedad corresponde el denominado tallo de alambre que ocurre en plantas jóvenes y se caracteriza por un adelgazamiento del tallo sobre o bajo nivel del suelo. Benomyl resulta un eficaz controlador químico (Haro y Maldonado, 2009).

Alternaria (*Alternaria brassicae*) afecta plántulas y se transmite por semilla, se controla con productos a base de clorotalonil y metalaxil (Tamayo, 2001).

Hernia de las crucíferas o pata negra (*Plasmodiophora brassicae*). Se considera la enfermedad más importante y ocasiona pérdidas severas, inicialmente es difícil de distinguir las hojas se tornan de un verde pálido hasta amarillento, la enfermedad ataca a las raíces que se ven afectadas con abultamientos o protuberancias, como consecuencia del atrofiamiento que sufren los vasos conductores la parte aérea no desarrolla bien y las hojas se marchitan en los momentos de más sequedad en el ambiente para volver a recuperarse más tarde cuando aumenta la humedad (Haro y Maldonado, 2009).

El cultivo de kale es susceptible a un número importante de plagas y enfermedades, los métodos de control convencionales solo incluyen la aplicación de productos químicos en etapas críticas del sistema de producción. En contraparte el manejo agroecológico u orgánico incluye la adopción de prácticas que dan como resultado el restablecimiento gradual del agroecosistema, la regulación natural de las poblaciones y la producción de alimentos sanos libres de compuestos tóxicos.

4.7 Crecimiento y desarrollo de las plantas

El crecimiento y desarrollo son dos procesos interrelacionados que ocurren simultáneamente durante la ontogenia de cualquier ser vivo. El crecimiento representa una combinación de procesos fisiológicos y bioquímicos, mediante los cuales, se produce un incremento irreversible en el tamaño de la planta (incremento de volumen y de masa, causado por una expansión de las células, tejidos y órganos) (Taiz y Zeiger, 2006) que es acompañado de cambios en la forma. El patrón de crecimiento de una generación se describe por medio de la curva sigmoidea, la cual presenta tres fases: logarítmica, lineal y de senescencia (Salisbury y Ross, 2000).

Las plantas, a diferencia de los animales, pueden crecer durante toda su vida debido a que los tejidos meristemáticos (apical, lateral, intercalar, etc.) se mantienen activos en los centros de crecimiento hasta la senescencia. Sin embargo, este crecimiento se puede interrumpir por un cambio en las condiciones ambientales, como la duración del día, descensos de temperatura, por periodos de latencia o dormancia genéticamente programados (Smith, 2010).

El desarrollo de las plantas se caracteriza por la formación de nuevos órganos, que simultáneamente sufren cambios de tamaño, forma y estructura, a la vez que van adquiriendo nuevas funciones. Esos cambios se reflejan a nivel celular y molecular determinados por la transición entre diferentes programas genéticos, como por ejemplo la inducción floral después del crecimiento vegetativo. El desarrollo de las plantas es dividido en cuatro periodos: embriogénico (del cigoto a la semilla madura), juvenil (hasta la formación de los órganos vegetativos), reproductivo (periodo de formación de semillas y frutos), y el de senescencia (comienza cuando finaliza el crecimiento del fruto y finaliza con la muerte del órgano y/o la planta) (Jones 2013).

4.7.1 La nutrición y el crecimiento vegetal

Las plantas necesitan de materia y energía que obtienen a través de un conjunto de procesos que se llama nutrición vegetal. Las plantas transforman los nutrientes en biomasa, obteniendo la energía necesaria de la luz solar para el proceso llamado fotosíntesis (Srivastava, 2002).

Además de la fotosíntesis, las plantas intercambian gases (oxígeno y gas carbónico), absorben nutrientes a través de las raíces desde la solución del suelo y los transportan a través del sistema de la planta, llamado floema y xilema (Azcon-Bieto y Talón, 2008).

Los elementos que la planta necesita y se consideran esenciales son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre, calcio y micronutrientes como hierro, zinc, boro, molibdeno, cobre, manganeso cloro y níquel (Salbury y Ross, 2000).

El nitrógeno aporta en gran medida al crecimiento de la planta, el fósforo juega un importante papel en los procesos energéticos de las plantas siendo muy importante en el desarrollo de raíces, germinación de semillas y maduración de frutos (Buchanan et *al.*, 2015).

El potasio es imprescindible en la producción de clorofila necesaria para la fotosíntesis y en la síntesis de carbohidratos responsables del llenado de frutos entre otras de sus funciones.

Otros elementos como el calcio participan en el crecimiento celular, magnesio en llenado de frutos y coloración verde de hojas, azufre en la síntesis de proteínas y hormonas, boro en floración, hierro y magnesio en la síntesis de clorofila, zinc en síntesis de hormonas y almidón, molibdeno es componente de varias enzimas y el cobalto de coenzimas (Taiz y Zieger, 2006).

El carbono proviene del dióxido de carbono del aire, que es incorporado en la materia orgánica a través del proceso de fotosíntesis, mientras que el hidrogeno de la materia orgánica proviene del agua, la cual es absorbida del suelo o de los medios nutritivos por las raíces, y el oxígeno necesario para la formación de la sustancia vegetal es tomado tanto de la atmosfera como del agua y de sales de nitrato, sulfato, borato y carbonato. Todos los elementos son importantes en los procesos fisiológicos de las plantas para su correcto crecimiento y desarrollo (Davies, 2004).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Sitio experimental

La investigación tuvo lugar en dos sitios. La producción de plantas en almácigos se hizo en un invernadero tipo túnel con ventilación y cortinas laterales, con estructura de acero galvanizada y cubierta de polietileno UVII720 del Área de Nutrición Vegetal (Figura 1-a). Durante la primera etapa del experimento la temperatura promedio al interior del invernadero fue de 24.5 °C, con una máxima de 44.3 °C, y una mínima de 7.1 °C. El promedio de humedad relativa fue de 53.8% entre el día y la noche.

En la segunda etapa, las plantas producidas en el invernadero se trasplantaron en el módulo de producción del Postgrado Agroecología y Sustentabilidad (Figura 1-b) en una superficie de 130 m² ubicado a 150 metros al norte del invernadero. Predomina el clima templado semiseco, presenta una temperatura media anual de 15.9°C y una precipitación anual de 686 mm (SMN, 2020). Ambos sitios localizados en campus Montecillo del Colegio de Postgraduados ubicado en el km 36.5 de la carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, en el Estado de México.

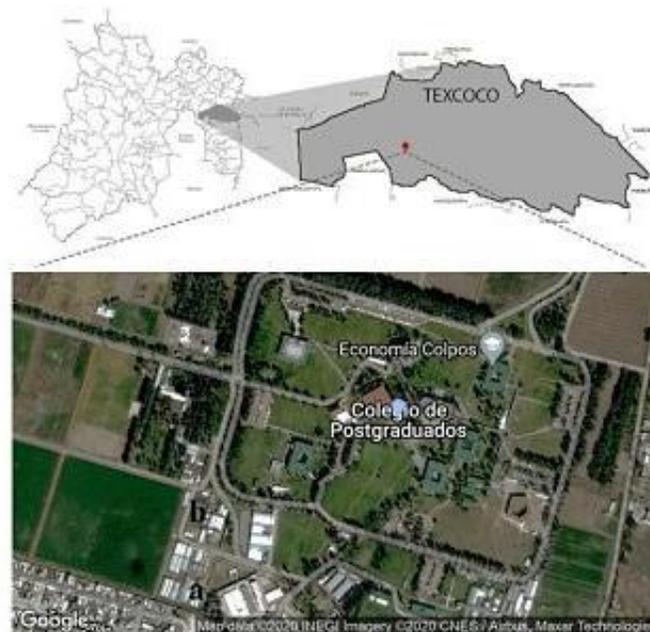


Figura 1. Croquis de ubicación del invernadero (a) y el módulo de producción de Agroecología (b)

5.2 Establecimiento de almácigos

5.2.1 Material Vegetal

Para realizar el experimento se utilizó semilla de *kale* cultivar dwarf blue curled, marca Itsco® importada de Estados Unidos, con una tasa de germinación del 85%, de color verde claro con tonalidades azules y bordes rizados, con 90 a 120 días a cosecha, de sabor un poco picante y amargo. Soporta cambios bruscos de temperatura y resistente a la mariposa de la col (*Pieris brassicae*).

5.2.2 Sustrato para almácigo

Con una mezcla a base de peat moss (Promix®), perlita (Agrolita®) y vermiculita (Termita®) a una relación de 1:1:1 (v/v/v) se llenaron las charolas de polietileno flexible en color negro de 50 cavidades (capacidad de 60 cm³ en cavidad). Las charolas germinadoras se desinfectaron previamente con cloro al 2% y agua para eliminar el exceso de desinfectante. Posteriormente fueron llenadas con la mezcla de sustratos humedecida.

5.2.3 Establecimiento del almácigo

La siembra se realizó el día tres de septiembre de 2019. Se colocaron dos semillas por cavidad para asegurar su germinación, una vez terminada la siembra las charolas se cubrieron con plástico negro hasta la emergencia para mantener temperatura constante en las semillas. La emergencia de plántulas ocurrió seis días después de la siembra. Antes de la emergencia se aplicó riego con agua destilada una vez por día para mantener la humedad en los almácigos. 15 días después de la emergencia se ralearon las plántulas dejando una planta por cavidad.

5.2.4 Solución nutritiva

Para la nutrición de las plántulas, se utilizó la solución nutritiva universal Steiner (1984), las concentraciones utilizadas fueron de 25% desde la emergencia por 15 días, 50% por 15 días y 75% por siete días hasta un día antes del trasplante. Se hicieron lavados con agua acidulada con ácido

sulfúrico (98%) 1N pH 5.5 en cada cambio de concentración para evitar la acumulación de sales. Las fuentes utilizadas para la formulación de macronutrientes se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Fuentes fertilizantes de macronutrientes para la preparación de Solución Steiner (1984).

Fuente	25%		50%		75%	
	meq L ⁻¹	g L ⁻¹	meq L ⁻¹	g L ⁻¹	meq L ⁻¹	g L ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	2.25	0.272	4.5	0.531	6.75	0.803
KNO ₃	0.75	0.075	1.5	0.151	2.25	0.226
K ₂ SO ₄	0.75	0.065	1.5	0.130	2.25	0.195
KH ₂ PO ₄	0.25	0.034	0.5	0.068	0.75	0.102
MgSO ₄ ·7H ₂ O	1	0.123	2	0.246	3	0.369

La preparación de la solución nutritiva fue con agua destilada y una vez hecha la solución se ajustó el pH a un intervalo de 5.5-6.5, ya que es considerado como el óptimo en donde están disponibles los elementos para ser absorbidos por la planta (Sandoval-Villa *et al.*, 2016), los ajustes se realizaron utilizando NaOH (1 N) o H₂SO₄ (98%) para subir o bajar el pH respectivamente, hasta alcanzar el pH óptimo. Como fuente de micronutrientes se utilizó el producto Tradecorp AZ[®] al 100%, agregando 0.04 g L⁻¹. La composición del fertilizante se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Composición del fertilizante Tradecorp AZ[®] (fuente de micronutrientes).

Fe-EDTA	Mn-EDTA	Zn-EDTA	B	Cu-EDTA	Mo
7.5%	3.5%	0.70%	0.65%	0.28%	0.30%

Fuente: Tradecorp, 2019.

Las plantas permanecieron en el invernadero por 38 días, se verificó una semana antes de trasplantar que tuvieran cuatro hojas verdaderas y diez centímetros de altura.

5.3 Producción de kale en campo

5.3.1 Preparación del terreno

Una semana antes del trasplante se preparó el terreno pasando un tractor con rastra para eliminar arvenses y de esta manera facilitar el trazado de las unidades experimentales y la aplicación de los tratamientos al momento de realizar el trasplante.

5.3.2 Suelo

La textura del suelo se determinó por el método de la probeta identificando una textura franca (29% arena, 45% limo, 26% arcilla) de acuerdo con triangulo de las texturas (FAO-ISRIC, 1990), esta determinación se realizó en el laboratorio de Génesis del Postgrado de Edafología. La determinación de las características químicas del suelo antes de establecer el experimento se realizó en el laboratorio de Fertilidad del Postgrado de Edafología (Cuadro 10). Materia Orgánica por el método de Walkley y Black, Nitrógeno por el método semimicro-Kjeldahl, fósforo por el método Olsen debido a que el suelo tenía un pH alcalino, bases intercambiables (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) por extracción con acetato de amonio (NH_4COOCH_3) y cuantificación por absorción atómica, pH relación suelo: solución 1:2 con agua determinado por el método potenciométrico (NOM-021-RECNAT-2000). En el sitio experimental no se habían incorporado fertilizantes ni agroquímicos en por al menos tres años. Solo se llegó a aplicar vermicompost en áreas pequeñas.

Cuadro 10. Características físicas y químicas del suelo en el sitio experimental

N (%)	P (ppm)	K (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	MO (%)	pH	Textura
0.33	0.52	8.18	7.79	2.01	2.48	8	Franco

Fuente: Propia investigación

5.3.3 Características de las plantas al trasplante

Se trasplantaron 400 plantas, de los almácigos de kale, con cuatro hojas verdaderas y diez centímetros de altura, vigorosas y de color verde intenso. El trasplante se realizó el 17 de octubre del 2019.

5.3.4 Tratamientos y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA) con un total de cinco tratamientos: fertilización orgánica al suelo, fertilización mineral al suelo; fertilización orgánica al suelo + fertilización orgánica foliar y fertilización mineral al suelo + fertilización mineral foliar y un testigo sin fertilización (Cuadro 11). Cada tratamiento con cinco repeticiones.

La ubicación de los tratamientos después de la aleatorización quedo como se muestra en la Figura 2. Cada parcela se integró por 16 plantas como se muestra en la Figura 3. La distancia entre las plantas fue de 0.60 m y entre líneas de 0.60 m en un arreglo a tresbolillo.

Cuadro 11. Tratamientos para evaluar el efecto de la fertilización orgánica y mineral en el desarrollo y producción de kale (*B. oleracea* var. *acephala* auct.) en campo.

Tratamiento	Descripción	Abreviación
1	Testigo	T
2	Fertilización orgánica al suelo	FO
3	Fertilización mineral al suelo	FM
4	Fertilización orgánica al suelo + fertilización orgánica foliar	FO+FFO
5	Fertilización mineral al suelo + fertilización mineral foliar	FM+FFM

Para eliminar los efectos de bordo al hacer los muestreos, del total de plantas que se desarrollaron en cada parcela (16 plantas), para los muestreos se tomaron las cuatro plantas del centro (unidad experimental) como se muestra en la Figura 3.

T3R1	T4R1	T2R1	T3R2	T2R2
T1R1	T4R2	T1R2	T5R1	T5R2
T5R3	T1R3	T1R4	T2R3	T5R4
T3R3	T4R3	T3R4	T2R4	T5R5
T3R5	T1R5	T4R4	T2R5	T4R5
MODULO DE PRODUCCION DEL POSTGRADO DE AGROECOLOGIA				



Figura 2. Croquis de la parcela y acomodo de los tratamientos en campo.



Figura 3. Plantas de kale que conforman la parcela y las que fueron utilizadas para los muestreos (cuadro rojo).

5.3.5 Fertilización

Como es un cultivo que se siembra poco en México y aun no hay recomendaciones generalizadas, para la fertilización mineral al suelo se usó la formula NPK 250-120-100 recomendada para brócoli (INIFAP, 2008). Las fuentes de fertilización mineral fueron Urea, DAP, (fosfato diamónico) y nitrato de potasio. Para la fertilización foliar mineral se aplicó el producto Bayfolan® de Bayer (Cuadro 12).

Cuadro 12. Composición del fertilizante foliar mineral Bayfolan de Bayer®

Nitrógeno total	11.47 %
Tiamina	0.004 %
Fosforo (P ₂ O ₅)	8 %
Azufre	0.230 %
Potasio (K ₂ O)	6 %
Calcio (CaO)	0.25 %
Boro	0.36 %
Cobalto	0.002 %
Cobre	0.040 %
Manganeso	0.036 %
Hierro	0.050 %
Magnesio (MgO)	0.025 %
Molibdeno	0.005 %
Zinc	0.08 %
Ácido Indol acético (AIA)	0.003 %

Fuente: Bayer Cropscience, 2020.

Como fuente de fertilización orgánica se utilizó vermicompost de borrego (relación C/N 13:1) con una maduración de 60 días obtenido del módulo de producción del Postgrado de Agroecología y Sustentabilidad en mezcla con harina de roca basáltica de la empresa BASAGRO® (Cuadro 13) en proporción 10:1 (vermicompost: harina de roca) a una dosis de 8.25 t ha⁻¹. Para la fertilización orgánica foliar se utilizó un producto agroecológico de elaboración casera de nombre MMA5 (microorganismos de montaña activados mejorados).

Para la elaboración de este producto se parte de los MM (microorganismos de montaña) en fase sólida. Castro (2014). Indica que, para hacer MM en fase sólida, es necesario contar con el siguiente material: 1 recipiente plástico de 100 L, 25 Kg suelo de montaña, 10 Kg de cascarilla de arroz, 1L de melaza, 90 L de agua sin clorar.

Cuadro 13. Composición de la harina de roca basáltica de BASAGRO® (SGN, 2019).

SiO ₂	60.53 %	Gd	3.6 ppm
Al	8.19 %	Ga	19 ppm
Ca	3.78 %	Ho	0.46 ppm
Na	3 %	Yb	1.33 ppm
Fe	3.43 %	Y	13.63 ppm
Mg	2.13 %	La	14.66 ppm
K	1.54 %	Lu	0.18 ppm
P	0.88 %	Mn	56 ppm
Sb	0.2 ppm	Mo	1.2 ppm
Cd	0.1 ppm	Nd	18.0 ppm
Ba	443 ppm	Nb	4.0 ppm
Be	0.9 ppm	Ni	68.5 ppm
Bi	2.7 ppm	Ag	0.3 ppm
Ce	32.98 ppm	Pb	52.6 ppm
Cs	2.24 ppm	Pr	4.11 ppm
Co	17.4 ppm	Rb	48.13 ppm
Cu	35 ppm	Sm	3.76 ppm
Cr	126 ppm	Tl	0.2 ppm
S	24.8 ppm	Ta	1.1 ppm
Dy	2.62 ppm	Tb	0.5 ppm
Er	1.37 ppm	Te	0.2 ppm
Sc	9.1 ppm	Ti	3967 ppm
Sn	4.2 ppm	Th	0.18 ppm
Sr	469 ppm	Tm	0.18 ppm
Eu	1.1 ppm	W	2.8 ppm
V	87.7 ppm		

En un piso limpio (de cemento o plástico), se mezclan bien el suelo de montaña y la cascarilla de arroz. Posteriormente se moja con la mezcla de agua y melaza, revolviendo constantemente hasta que quede húmeda (la mezcla no debe quedar muy mojada, apenas húmeda). Se coloca la mezcla preparada en el tambo y se compacta, esto con la finalidad de sacar todo el aire, pues de esa manera se crean condiciones anaerobias para la reproducción de los microorganismos benéficos. La tapa se cierra herméticamente y se deja el tambo bajo sombra. Después de 30 días, la fase sólida esta lista y se puede activar en fase líquida (MMA). Los microorganismos en fase sólida se pueden conservar durante 1 año, si se mantiene el recipiente bien tapado y a la sombra.

De acuerdo con Santacruz-Crespo (2019). Los MM (microorganismos de montaña) son un “concentrado” de microorganismos en estado latente que necesitan ser activados para su uso en la agricultura. Un litro de MM rinde 20 L de MMA (microorganismos de montaña activados). Para

la activación se utilizan para 100 litros de agua: 2 litros de melaza, 1 Kg de roca fosfórica y 5 Kg de MM sólidos. Se disuelve la roca fosfórica en 3 litros de agua a 30° C, se agrega la melaza disuelta en agua y se coloca en un recipiente de 100 L, se rellena con el agua restante, se agregan los microorganismos sólidos y se mezcla. Se cierra herméticamente el recipiente y se mantiene por 15 días a una temperatura entre 25 y 40 ° C. Es conveniente abrir el recipiente después de cinco días para que escapen los gases producidos por la fermentación. Al final de este período el producto deberá producir un olor agridulce y su pH debe ser menor a 3.8 (usar tiras reactivas). A partir de ese momento los MMA ya están activados y listo para ser utilizados. Antes de utilizarse en los cultivos el producto final deberá pasarse por una tela para colar y eliminar basura e impurezas. Los MMA se deben conservar en un lugar fresco y oscuro a temperatura ambiente y deberán utilizarse durante los primeros 60 días posteriores a su activación, de lo contrario disminuye su efectividad. De acuerdo con Collazos-Romo (2011), la activación de microorganismos se debe realizar 30 días después de la preparación de los MM sólidos y el envasado debe realizarse en botellas de plástico de 3 L para dejar fermentar durante 15 días, cuidando de sacar el gas excesivo. Cuando aparezcan pequeños copos de levadura blancos en la superficie del líquido y el olor agridulce característico de la mezcla, es signo de que ya están activados y listos para ser aplicados al suelo y follaje de las plantas.

Para los tratamientos con fertilización mineral, se hizo una mezcla física con los tres fertilizantes minerales antes mencionados y se aplicaron de acuerdo con la fórmula de fertilización (NPK 250-120-100) 32.5g de manera fraccionada a 5 cm de la zona de raíces que equivale a 1/3 (10.8g) del fertilizante al trasplante, 1/3 (10.8g) 30 días después del trasplante (ddt) y 1/3 (10.8g) 60 ddt. La primera fertilización foliar mineral se realizó 15 ddt y posteriormente en intervalos de 15 días a una dosis de 10 mL/L de agua con una aspersora manual de la marca Swissmex® de 5 L. La primera fertilización orgánica al suelo se realizó al momento del trasplante, se aplicaron 100 g de la mezcla de vermicompost + harina de roca y posteriormente se aplicaron dos veces más la misma proporción, 30 ddt y 60 ddt. Se aplicó el producto MMA5 al 5% (50 mL/L de agua) como fertilización orgánica foliar en los mismos intervalos que el foliar mineral hasta el término del experimento.

5.3.6 Manejo del cultivo

5.3.6.1 Riego

Se estableció un sistema de riego por aspersión, con un aspersor central con manguera de riego de 5/8". Los riegos fueron suministrados de acuerdo con el estado fenológico de las plantas, dejando el suelo a capacidad de campo. Durante los primeros 30 ddt los riegos se aplicaron cada tres días, posteriormente y hasta el final del experimento cada cinco días. Durante el desarrollo del cultivo hubo un periodo de lluvias suspendiéndose el riego.

5.3.6.2 Control fitosanitario

Durante la producción de kale en campo, se hicieron aplicaciones foliares con diferentes productos agroecológicos de manera preventiva y curativa, en función de las plagas y enfermedades que se presentaron durante el desarrollo del cultivo sin tener efecto sobre los tratamientos (Cuadro 14).

Biozyme de coco (Cocos nucifera). El agua de coco es una solución isotónica natural que contiene electrólitos (Na^+ , K^+ , Cl^-), vitaminas (A, B1, B2, B5, C) y minerales (Mg) (Adams, 1992). Este preparado se utiliza en los cultivos como un estimulante metabólico y activador enzimático.

Tencio 2017, señala que para la preparación de 1 L se utilizan los siguientes materiales e ingredientes: Envase de plástico 1 L, Agua de coco 1 L, Jugo de limón 10 mL, Sulfato de cobre 2 g, Tela "manta de cielo" 0.50 x 0.5 m.

Se coloca el agua de coco en un recipiente y se le agrega los 10 mL de jugo de limón y el sulfato de cobre, se agita de forma vigorosa y posteriormente se pasa por manta de cielo para eliminar impurezas. Se conserva en refrigeración hasta su aplicación. Se aplica al follaje a una concentración del 5% de preferencia realizar las aplicaciones por la mañana.

Caldo sulfocálcico. Una alternativa viable a los problemas ocasionados por el uso excesivo de plaguicidas sintéticos en los cultivos es la utilización de moléculas que deben priorizar la seguridad ambiental, social y que sean eficientes en el control de plagas y enfermedades. En la búsqueda de estas moléculas, productos alternativos a los plaguicidas convencionales como los caldos fitoprotectores han sido usados por productores de hortalizas para control de plagas y

enfermedades, especialmente en los sistemas de producción agroecológicos y orgánicos (Campanhola, 2013).

Cuadro 14. Manejo de plagas y enfermedades de kale (*B. oleracea* var. *acephala* auct.)

Producto	Dosis	Función	Fecha de aplicación
Biozyme de coco	50 mL L ⁻¹	Activador enzimático	31/10/2019
Caldo sulfocálcico	50 mL L ⁻¹	Control de ácaros, larvas de lepidópteros (mariposas), enfermedades fungosas	07/11/2019
Extracto de ruda	50 mL L ⁻¹	Repelente de pulga saltona	14/11/2019
Extracto de chile habanero	50 mL L ⁻¹	Repelente de mosca blanca, larvas de lepidópteros	30/11/2019
Extracto de ajo	5 mL L ⁻¹	Repelente de mosca blanca	30/11/2019
Aceite y jabón neutro	10 mL L ⁻¹	Control de pulgones y mosca blanca	14/01/2020

El caldo sulfocálcico, es obtenido por el tratamiento térmico del azufre y la cal. Ese producto es conocido, principalmente, debido a su acción fungicida (Smilanick, 2001), y también es utilizado como acaricida e insecticida (Jiménez 2016). El efecto tóxico del caldo sulfocálcico a los insectos y ácaros, se da por la reacción de los compuestos del producto aplicado sobre la planta con el agua y el gas carbónico, resultando en gas sulfhídrico y azufre coloidal.

De acuerdo con Tencio (2017) para elaborar 50 L se utilizan: Cazo metálico, pala de madera, Tela “manta de cielo” 2 x 2 m, agua 50 L, azufre elemental 10 kg, cal (CaOH) 5 kg, harina de roca 1 kg, ceniza 1 kg.

El cazo se coloca sobre una hoguera con leña, se le agrega el agua y los demás ingredientes moviendo constantemente hasta que la mezcla empiece a hervir, se deja hervir 40 minutos sin dejar de mover hasta lograr una coloración vino en la mezcla. Se enfría y se cuela con la “manta de cielo”. La pasta que sobra en el fondo del cazo se puede utilizar para enriquecer compostas o curar tallos y troncos de árboles. El caldo sulfocálcico se aplica al follaje a una concentración del 5%, y las aplicaciones deben realizarse en la mañana.

Extracto de ruda (Ruta graveolens L.). El uso de agrotóxicos para el control de plagas presenta ciertos inconvenientes, siendo los principales: la generación de resistencia de las plagas a los plaguicidas, la aparición de plagas secundarias (Fischbein, 2012). Generan además un impacto ambiental irreversible, con efectos negativos en los demás componentes del agroecosistema (Devine et al., 2008). Por estas razones se han considerado a las plantas como una fuente para la búsqueda de nuevas alternativas con potencial para el control de plagas agrícolas (Cortés, 2011), debido a su menor toxicidad en el ambiente. La ruda, (*Ruta graveolens L.*) (Rutaceae), es una planta herbácea perenne procedente de la región mediterránea (Asgarpanah, 2012). Es utilizada por sus propiedades espasmolíticas, venotónicas, antihistamínicas, antihelmínticas y antiparasitarias (Fresquet, 2001). El extracto de esta planta ha presentado un efecto insecticida en el coleóptero *Tribolium castaneum* (Ruiz, 2013), en adultos del hemíptero *Bemisia tabaci* (Romero et al., 2015) y en larvas del cuarto instar de *Anopheles albimanus* (Cárdenas et al., 2010). Además, esta especie botánica ha demostrado tener potencial antimicrobiano (Maita, 2015).

Tencio (2017) describe que para preparar cinco litros de extracto repelente de ruda se necesitan los siguientes materiales e ingredientes: 2 envases de plástico de 10 L, 500 g de follaje de ruda, Tela “manta de cielo” de 2 x 2 m.

Primero se corta el follaje en trozos pequeños, después se colocan en un envase de plástico limpio y se añaden seis litros de agua limpia. El preparado se debe revolver todos los días. Se deja macerar por diez días, posteriormente se filtra el macerado con la “manta de cielo” y el extracto de ruda se guarda en un envase limpio, en un lugar fresco y seco. Al final se obtienen cinco litros de concentrado. Se debe aplicar al follaje a una concentración de 5% de preferencia por las mañanas. El extracto tiene una duración de cuatro meses almacenado, después de ese tiempo, su poder repelente disminuye.

Extracto de chile habanero (Capsicum chinense). En las últimas tres décadas, los extractos de plantas han sido usados contra diversas especies de insectos fitófagos (Clemente et al., 2003), porque no afectan el ambiente y son menos dañinos con los enemigos naturales de insectos plaga (Iannacone y Lamas, 2003). Se ha encontrado que los insectos no crean resistencia a los extractos de plantas debido a que son una mezcla de metabolitos secundarios (Valladares et al., 2003).

Alrededor de 2000 especies vegetales tienen potencial de manejo para el control de insectos plaga. Las familias que destacan son Euphorbiaceae, Asteraceae, Labiatae, Fabaceae, Compositae y Solanaceae (Jermy, 1990). En general, los metabolitos secundarios se pueden clasificar en insecticidas, aquellos que causan la muerte de los insectos, y los insectistáticos, que se refieren a la inhibición del desarrollo y comportamiento de los insectos. Por ejemplo, los repelentes, que ahuyentan a los insectos de sus plantas hospederas (Celis *et al.*, 2008).

Las especies del género *Capsicum* sintetizan capsaicinoides, de los cuales, la capsaicina y la dihidrocapsaicina son responsables hasta del 90 % de la pungencia en los chiles (López, 2003). En los últimos años se ha demostrado que los capsaicinoides presentan actividad biológica contra insectos, como el efecto tóxico sobre pulgón (*Myzus persicae*) (Sulzer) (Edelson *et al.*, 2002) y efecto antialimentario sobre el barrenador del algodón (*Earias insulana*) (Boisduval) (Weissenberg *et al.*, 1986). Actualmente, en los Estados Unidos de América, existen patentes de insecticidas y agentes de control que contienen capsaicinoides (Eich, 2008). Además, se han introducido como repelentes para el manejo de plagas en la agricultura orgánica y se utilizan como sinergistas con insecticidas sintéticos (Liu y Lin, 2003).

Los capsaicinoides se sintetizan y acumulan en el tejido de la placenta adyacente a las semillas (Ben Chaim *et al.*, 2006), y su contenido depende del genotipo, la madurez del fruto y de las condiciones de cultivo (Zewdie y Bosland, 2000).

Tencio (2017) menciona que en la preparación de dos litros extracto de chile habanero se necesitan los siguientes materiales e ingredientes: 1 envase de plástico de 2 L, 1 kg de chile habanero maduro, agua limpia 2L, tela “manta de cielo” de 2 x 2 m.

Primero se corta el chile habanero en trozos pequeños, después se colocan en una licuadora con 300 mL de agua y se muelen hasta obtener una pasta. La pasta se cuela con la “manta de cielo”, se coloca en un recipiente de plástico de y se llena hasta su capacidad. Una vez en el envase se agita y se conserva en refrigeración hasta su aplicación. Se debe aplicar al follaje a una concentración de 5% de preferencia por las mañanas. El extracto tiene una duración un mes almacenado, después de ese tiempo, su poder repelente disminuye y se descompone.

Extracto de ajo (Allium sativum). Algunas investigaciones han revelado que el ajo puede usarse como repelente de algunas plagas y enfermedades de las plantas (Ramasasa, 1991). Se ha

encontrado que los cultivares de arroz transgénico que contienen proteína ASAL (a base de lectina de hoja de *A. sativum*) exhiben una mayor resistencia contra insectos chupadores de savia como el saltamontes. El ajo es una planta versátil que contiene numerosas vitaminas, minerales y oligoelementos. Los aceites volátiles presentes en el ajo poseen compuestos que contienen azufre tales como disulfuro de dialilo, trisulfuro de dialilo y trisulfato de metilalilo (Ariga, 1980). Se han encontrado que existen diferentes compuestos en el ajo que presentan efectos en la actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, antiasmática, fúngica y larvicida (Malkeja *et al.*, 1990).

Según Tencio (2017) para la preparación de 1 litro extracto de ajo se necesitan los siguientes materiales e ingredientes: 1 envase de plástico de 1 L, olla de aluminio, 100 g de ajo, agua limpia 1L, tela “manta de cielo” de 2 x 2 m.

Primero se corta el ajo en trozos pequeños, después de cortarlos se colocan en una olla y se agregan 500 mL de agua y se deja hervir por 5 minutos. Se deja enfriar y posteriormente se pasa por la “manta de cielo” para eliminar los residuos. Una vez colado se coloca en un envase de plástico y se afora a 1 L. Una vez en el envase se agita y se conserva en refrigeración hasta su aplicación. Se debe aplicar al follaje a una concentración de 5% de preferencia por las mañanas. El extracto tiene una duración 1 mes almacenado, después de ese tiempo, su poder repelente disminuye.

Insecticida a base de aceite y jabón. Existen productos de origen botánico, aplicables al control de plagas en agricultura agroecológica, son los aceites esenciales. Estos aceites, constituidos en su mayoría por una mezcla de terpenoides, tienen actividad biológica contra un amplio espectro de plagas de plantas, sobre las que pueden actuar como fumigantes, insecticidas de contacto, repelentes o afectar a la alimentación, velocidad de desarrollo, reproducción y comportamiento (Isman, 2000). Entre las plagas sobre las que se ha probado su actividad se citan algunas chinches (Hemiptera: Pentatomidae) (Werdin González *et al.*, 2011). Las sales de potasio de ácidos grasos, conocidas como “jabón de potasa” o “jabón suave”, constituyen otra de las herramientas disponibles para el control de plagas en agricultura agroecológica. El principal efecto de estos jabones es la alteración física de la cutícula del insecto, lo que da lugar a la muerte por deshidratación. Se suelen utilizar contra plagas de cuerpo blando (Butler *et al.*, 1993), principalmente moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) y pulgones (Hemiptera: Aphididae).

Tencio (2017) indica que en la preparación de 1 L de jabón y aceite mineral se necesitan los siguientes materiales e ingredientes: 1 envase de plástico de 1 L, 200 mL de jabón quirúrgico (Antibenzil[®]), 800 mL de aceite mineral.

Se colocan los ingredientes en el envase y se agita vigorosamente. Se aplica al follaje a una dosis de 10 mL/L de agua de preferencia por las mañanas.

5.3.7 Determinación de las etapas fenológicas en el cultivo de kale

Burd (1993) señala que la fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente. En este sentido, la realización de las observaciones de los cambios físicos que experimentan las plantas son la base para la implementación de todo sistema agrícola, permitiendo que los productores agrícolas obtengan con su aplicación una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diferentes actividades durante los ciclos de cultivo, las cuales tienen por objetivo incrementar la producción de los cultivos.

Una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de este evento se reflejan en el rendimiento del cultivo, estos periodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas. El comienzo y fin de las fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas (Claro, 1985).

La determinación de las etapas fenológicas en el kale se realizó por medio de la observación en los cambios físicos de la planta desde el momento de su germinación y hasta la aparición de las flores (etapa reproductiva) registrando las fechas en la que se observó el cambio, así como su duración hasta la aparición de una característica diferenciadora en la planta que indicara una nueva etapa. Se registraron características como: color, tamaño, número de hojas y aparición de flores tomando como referencia la fenología del cultivo del repollo (*B. oleracea* var. *capitata*) descrita por Fuentes y Pérez (2003).

5.3.8 Variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo de kale en condiciones de campo

5.3.8.1 Número de hojas

Para determinar la cinética de número de hojas, a partir del trasplante se realizaron conteos cada 15 días durante 95 días *in situ* hasta la etapa de mayor crecimiento del cultivo; Los valores se reportaron en las unidades respectivas.

5.3.8.2 Peso fresco de hojas

Para esta evaluación se realizaron muestreos a los 88, 102, 116 días después del trasplante. En cada ocasión se cortó una hoja por planta, de las cuatro plantas ubicadas en el centro de cada parcela, esto para eliminar el efecto de borde, obteniendo un total de cuatro hojas por repetición y 20 hojas por tratamiento.

Una vez cortadas las hojas en campo se colocaron en bolsas de polietileno transparente para evitar la pérdida de peso por deshidratación, posteriormente se llevaron a una superficie plana donde se colocó una báscula y se determinó el peso en gramos con una báscula de precisión, marca: Rhino 2000.

5.3.8.3 Largo y ancho de hoja

Las mismas hojas cortadas a los 88, 102, 112 ddt fueron utilizadas para determinar el largo de hoja, desde la base del peciolo hasta el ápice, y para el ancho se consideró la parte más ancha de la hoja, las medidas se registraron en centímetros con una cinta métrica.

5.3.8.4 Firmeza (resistencia a la penetración)

En las mismas fechas de muestreo, indicadas anteriormente, para la estimación de esta variable, se utilizó un penetrómetro para frutos marca: Grainger 5DPK3 para lo cual se introdujo el equipo en la parte posterior del peciolo en donde empezaban a salir las hojas. Los valores fueron reportados en Newtons.

5.3.8.5 Contenido de Calcio (Ca²⁺) y Potasio (K⁺) en extracto celular de peciolo

En cada uno de los tres muestreos ya indicados, se llevó a cabo la evaluación de las variables de concentración de los iones de potasio (K⁺) y calcio (Ca²⁺); para lo cual se cortaron finamente los peciolos, y se prensaron dentro de una jeringa de 20 mL para obtener extracto celular que fue utilizado para el análisis de cada ion, y se colocaron dos gotas en cada sensor de los medidores marca Horiba Scientific®.

1. Medidor Laquatwin ionómetro de calcio, con rango de medición de 4 a 9900 ppm y una precisión de $\pm 20\%$ del valor de lectura.
2. Medidor Laquatwin ionómetro de potasio, con rango de medición de 4 a 9900 ppm y una precisión de $\pm 10\%$ del valor de lectura.

5.3.8.6 Peso seco de hojas

Las mismas hojas cortadas en cada muestreo a los 88, 102, 116 ddt, se lavaron con agua destilada para eliminar residuos de suelo, se seccionaron y se colocaron en bolsas de papel con orificios para posteriormente ser colocadas en una estufa de secado a dos temperaturas hasta peso constante; dos hojas de cada repetición por tratamiento a 72°C durante 72 h y dos hojas de cada repetición por tratamiento a 30°C durante 168 h. Lo anterior para evitar la degradación de los metabolitos secundarios presentes en las hojas por altas temperaturas presentes en las hojas. Posteriormente se determinó el peso en gramos de cada hoja con una báscula de precisión marca: Digital scale, MH200/0.01.

5.3.9 Variables evaluadas en la etapa de mayor producción (90-120 ddt) de kale en campo durante el desarrollo del cultivo

5.3.9.1 Producción de hojas por planta

A los 116 días después del trasplante se hizo un muestreo destructivo, se arrancaron dos plantas por tratamiento, se contabilizó en cada planta el número de hojas y el dato se reportó en las unidades.

5.3.9.2 Lecturas de clorofila con el instrumento SPAD

Se realizaron lecturas con el equipo SPAD-502 Minolta®, para determinar el índice de verdor de las hojas y cuyas lecturas tienen una alta correlación con el contenido de nitrógeno y magnesio en la planta. Para hacer estas lecturas se escogió una planta del centro de cada parcela por tratamiento y se colocó el instrumento en hojas recientemente maduras, se hicieron cuatro lecturas en cada punto cardinal de la planta y se sacó un promedio para que los datos fueran representativos a toda la planta. Los datos se reportaron en unidades SPAD.

5.3.9.3 Número y longitud de hojas por intervalo

Con la finalidad de hacer un análisis más minucioso del efecto de los tratamientos, al contar las hojas se separaron del tallo de cada planta, y se midió su longitud con una cinta métrica, se colocaron en seis intervalos de longitud que fueron; 4-10 cm, 10.1-15 cm, 15.1-20, 20.1-25 cm, 25.1-30 cm y 30.1-35 cm, esto para determinar si había diferencias o similitudes en el número de hojas por tamaño y tratamiento.

5.3.9.4 Altura de planta

Para realizar esta evaluación se midió, con una cinta métrica, la altura desde la base del tallo de la planta hasta meristemo de crecimiento.

5.3.9.5 Peso fresco y seco de tallo

Los tallos fueron separados de cada una de las hojas de las plantas muestreadas y se procedió a pesarlos en fresco con una báscula de precisión, marca: Rhino 2000. Enseguida los tallos se lavaron con agua para eliminar residuos de suelo, se seccionaron en piezas de dos centímetros de grosor y se colocaron en bolsas de papel con orificios para posteriormente ser colocados en una estufa de secado a 72°C por 72 h. Posteriormente se determinó el peso de cada tallo con una báscula de precisión marca: Digital scale, MH200/0.01.

5.3.9.6 Lecturas del Índice normalizado de vegetación (INV) con el aparato GreenSeeker Trimble®

El sensor muestra en su pantalla LCD el valor medio, según la lectura del índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI por sus siglas en inglés), que varía entre 0.00 y 0.99. Estas lecturas se realizaron con el aparato portátil, el cual se colocó a 40 cm por encima de cada planta hasta lograr una lectura promedio en cada parcela. Mide la radiación incidente y la reflejada en el dosel y la transforma en un cociente de Unidades de INV. La intensidad de la luz detectada constituye un indicador directo de la salud del cultivo, es decir una planta será más sana cuando mayor sea el valor de la lectura NDVI.

5.3.9.7 Vitamina C

La determinación fue de acuerdo con el método 2,6-dicloroindofenol descrito por la AOAC (1998). Para la determinación de la curva estándar de vitamina C se realizó lo siguiente:

Preparación de la solución estándar:

1. Se pesaron 10 mg de ácido ascórbico (Vitamina C) y se disolvieron en 100 mL de ácido oxálico al 0.5%. Concentración final (0.1 mg/mL, 100µg/mL).
2. Posteriormente, se efectuó la titulación con 2,6- Dicloroindofenol hasta presentar un color rosa suave y prevaleció durante más de cinco segundos, para determinar el gasto de acuerdo con la cantidad de ácido ascórbico presente en la solución (Cuadro 15). Los datos obtenidos se graficaron y, mediante una regresión lineal, se obtuvo la ecuación lineal ($\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x$) que describe la línea de tendencia. La ecuación resultante fue:

$$y = 0.2497x + 0.0467 - pb$$

Donde;

y = mL de 2,6- Dicloroindofenol

x = µg de ácido ascórbico

pb = promedio de los blancos

Despejando la ecuación para obtener el contenido de ácido ascórbico, se obtiene la fórmula:

$$x = ((y - pb) - 0.0467) / 0.2497$$

$$\text{mg de ácido ascórbico} = (\text{mL de 2-6 Dicloroindofenol} - 0.0467) / 0.2497$$

Para el análisis se utilizó una solución de 0.1 g de muestra molida seca a 32° C de hojas de kale en diez mL de ácido Oxálico al 0.5%, se homogenizo y dejo reposar por cinco minutos, posteriormente se filtró la muestra con papel filtro de poro cerrado (Whatman No. 40), en matraz Erlenmeyer, del producto filtrado se tomaron cinco mL y se tituló con 2,6- Dicloroindofenol. Posteriormente los datos se convirtieron con la formula determinada. Los datos se expresaron como mg por 100g de biomasa seca de hojas de kale (mg 100g⁻¹ BS).

Cuadro 15. Gasto de 2,6- Dicloroindofenol y contenido de vitamina C (ácido ascórbico).

No.	Gasto de 2,6 Dicloroindofenol (mL)	Contenido total de ácido ascórbico presente en la muestra titulada (mg)	Contenido total de ácido ascórbico presente en la muestra titulada (µg)
1	0.3	0.01	10
2	0.5	0.02	20
3	0.8	0.03	30
4	1.1	0.04	40
5	1.3	0.05	50
6	1.5	0.06	60
7	1.8	0.07	70
8	2.1	0.08	80
9	2.3	0.09	90
10	2.5	0.1	100

Con los datos obtenidos se hizo la curva estándar para la determinación de vitamina C en las muestras (Figura 4).

Para el análisis se utilizó una solución de 0.1 g de muestra molida seca a 32° C de hojas de kale en diez mL de ácido Oxálico al 0.5%, se homogenizo y dejo reposar por cinco minutos, posteriormente se filtró la muestra con papel filtro de poro cerrado (Whatman No. 40), en matraz

Erlenmeyer, del producto filtrado se tomaron cinco mL y se tituló con 2,6- Dicloroindofenol. Posteriormente los datos se convirtieron con la formula determinada. Los datos se expresaron como mg por 100g de biomasa seca de hojas de kale ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ BS).

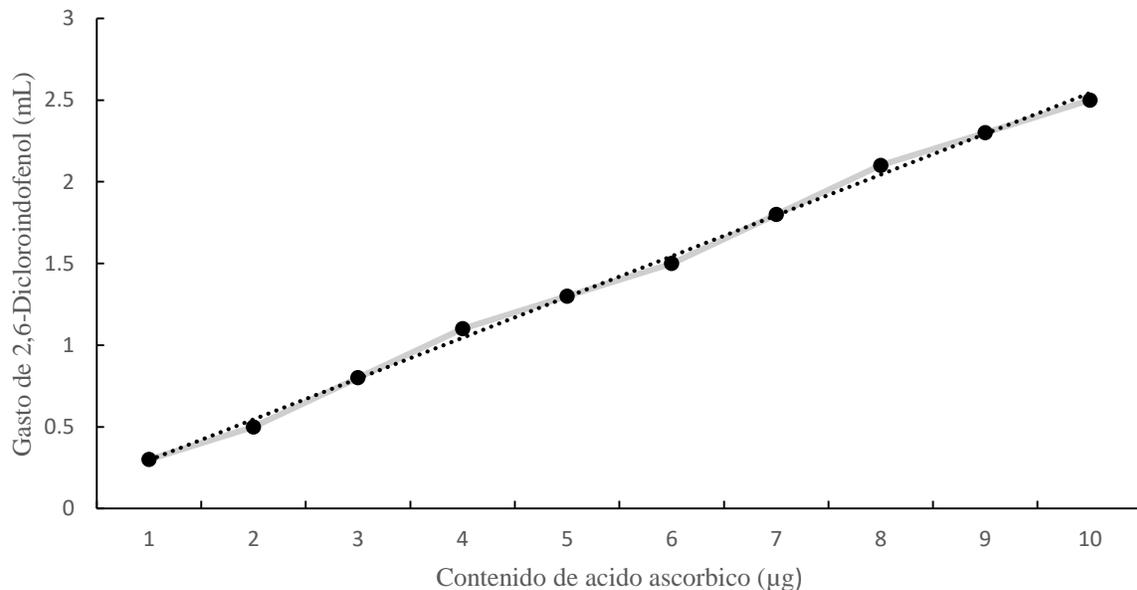


Figura 4. Curva estándar para determinación de Vitamina C (ácido ascórbico)

5.3.9.8 Contenido de nitratos, calcio, potasio y pH en extracto celular de peciolo en kale en muestreo realizado a los 260 ddt durante periodo COVID.

Con la finalidad de evaluar si se mantenía alguna tendencia por los tratamientos a través del tiempo. A los 260 días después del trasplante y 144 días después del último muestreo se determinó: contenido de nitratos, calcio, potasio y pH en extracto celular. Cabe indicar, que por huelga e inicio de la pandemia por Covid ya no se siguieron haciendo aplicaciones de los tratamientos, únicamente se pudo agregar a todo el terreno como emergencia, dos aplicaciones de vermicompost (4 t ha^{-1}) a los 150 y 180 ddt.

El proceso fue el mismo que ya se describió para la determinación de calcio y potasio; asimismo se utilizó el ionómetro de nitratos (NO_3^-) y para la determinación del pH se utilizaron tiras reactivas marca MQuant® en escala de 0 a 14. Los valores se reportaron en ppm y los de pH en sus unidades correspondientes.

5.3.9.9 Rendimiento.

Con número de total hojas que se obtuvieron por corte, por planta y considerando el tamaño comercial (20 a 30 cm) se calculó el número de manojos (seis hojas por manojos) y el peso fresco para calcular producción por kg. por tratamiento y por hectárea.

5.3.10 Muestreo de suelo

300 días después de establecido el experimento se realizó un muestreo de suelo en la parcela para realizar análisis químicos y comparar las concentraciones antes de instalar el experimento y después de haber sembrado cosechado y abandonado por el periodo de Covid.

5.3.11 Análisis estadístico para la etapa de producción del cultivo de kale en campo

Las variables evaluadas se sometieron a pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk ($\alpha=0.05$) para elegir pruebas paramétricas o no paramétricas. Las variables peso fresco, largo, ancho, peso seco, concentración de calcio y potasio y porcentaje de humedad presentaron un comportamiento normal y se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA). Después, se hicieron pruebas de normalidad de residuos en el modelo, independencia y pruebas de Levene para homogeneidad de varianza. Al cumplir con lo anterior, se procedió a aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) a cada variable.

Los datos de la variable firmeza (resistencia a la penetración) que no cumplió con la prueba de normalidad o con la de homogeneidad de varianza fue transformada a logaritmo natural (\ln). Después, se repitieron ambas pruebas con los datos modificados y no se observó normalidad y homocedasticidad. Por lo anterior, se decidió a realizar análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis con ($\alpha=0.05$).

Los cálculos de los datos se apoyaron del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) Versión 9.0 (SAS Institute Inc., 2010). (Apéndice).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Cinética de crecimiento de hojas

En el periodo en que se llevó a cabo el experimento en campo (octubre 2019-febrero 2020) el número máximo de hojas promedio por planta se obtuvo en el penúltimo corte (101 ddt) como se observa en la Figura 5. El Tratamiento con el mayor número de hojas fue el de fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica (T4) con 44.6 hojas comparado con el testigo (T1) que tuvo 38.5 hojas promedio y el tratamiento con fertilización mineral al suelo + fertilización foliar mineral (T5) que tuvo 41.2 hojas promedio.

Se observaron diferencias entre el tratamiento de fertilización orgánica con vermicompost al suelo + fertilización foliar orgánica, ya que este promovió un aumento del 13.7% en la producción de hojas en la etapa de mayor desarrollo de la planta en comparación con el tratamiento de fertilización mineral al suelo + fertilización foliar mineral.

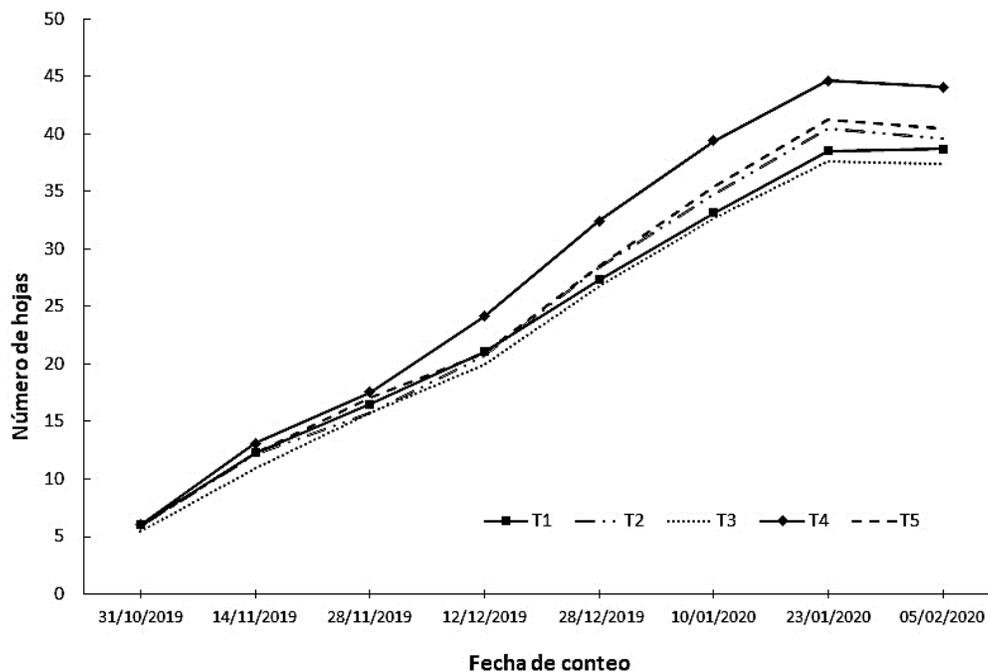


Figura 5. Cinética de crecimiento de hojas de kale por fechas de evaluación bajo cinco tratamientos. T1=Testigo; T2=Fertilización orgánica al suelo; T3= Fertilización mineral al suelo; T4=Fertilización orgánica al suelo + foliar; T5=Fertilización mineral al suelo + foliar.

Lisiewska *et al.* (2008) en un estudio sobre la influencia de la variedad en la fecha de cosecha de kale en agricultura convencional reportaron entre 25 y 30 hojas por planta 70 ddt. En Montecillo el promedio de hojas 70 ddt estuvo entre 33 y 39 que es mayor a lo reportado por los autores, lo que indica una respuesta de la planta a cualquier fuente de fertilización.

La aplicación de fertilizantes orgánicos al suelo ha demostrado aumentar la productividad como resultado de un mayor contenido de materia orgánica (Lazcano *et al.*, 2013). En este experimento la fertilización orgánica al suelo con vermicompost y foliar orgánica (tratamiento 4) aumento el número de hojas en kale (Figura 5) en comparación con la fertilización mineral. Estos resultados están relacionados con los beneficios del uso de vermicompost en la producción de hortalizas en campo. El vermicompost beneficia la producción debido al aporte de nutrientes, así como al conjunto de cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo para mejorar la rizosfera. Por lo tanto, existe una diferencia entre usar formulaciones minerales o compuestos orgánicos para la fertilización de las plantas; las minerales solo satisfacen las necesidades nutricionales de las plantas de acuerdo con su etapa fenológica. Los compuestos orgánicos también mejoran la estructura del suelo, aumentan la porosidad y la capacidad de retención de agua y aportan enzimas, sustancias húmicas y hormonas vegetales resultantes de la actividad biológica de organismos y microorganismos que actúan en la degradación de residuos orgánicos frescos y en la formación de materia orgánica humificada.

De acuerdo con Dinesh *et al.* (2010) el uso de fertilizantes orgánicos puede aumentar la actividad microbiana del suelo en más del 16% en comparación con los fertilizantes minerales y también puede conducir a un aumento de la actividad enzimática debido a la liberación de macronutrientes esenciales para las plantas. Aunado a esto la aplicación foliar de los MMA (microorganismos de montaña activados) favoreció el desarrollo y la cantidad de las hojas. Rodríguez *et al.* (2014). Señalan la importancia de aplicar los microorganismos de montaña activados (MMA) al follaje de los cultivos, durante los primeros 15 días posteriores a su activación, dado que en este periodo es posible encontrar una alta concentración de hongos y bacterias benéficas que controlan o suprimen las plagas y enfermedades, actividad que se hizo en nuestra investigación.

Otra utilidad de la aplicación de los MMA que se aplican al follaje es que ayudan al control de plagas y enfermedades. Se pueden realizar aplicaciones al 5% de MMA para este control, como por ejemplo mildiu y cenicilla. Para aplicaciones directas al suelo se debe aplicar al 100% de

concentración (Collazos-Romo, 2011; Gómez y Vásquez, 2011). Para aprovechar los beneficios de los MM sólidos, éstos se convierten a las fórmulas líquidas (MMA), y mejoradas (MMAM).

6.2 Determinación de las etapas fenológicas en el cultivo de kale

Tomando como referencia la fenología del repollo (*B. oleracea* var. capitata) descrita por Fuentes y Pérez (2003), se describieron las etapas fenológicas del kale en campo (Figura 6); asimismo, señalan que la fase vegetativa es la más importante para los productores hortícolas.

Etapas 1: Inicia desde la imbibición de la semilla hasta la emergencia de los cotiledones (plántula). Ocurre en los primeros siete días.

Etapas 2 (plántula): Se realiza entre los siete y diez días, inicia después de la emergencia de los cotiledones y termina cuando la planta tiene entre cuatro y cinco hojas verdaderas, corresponde al momento oportuno de trasplante. Durante esta etapa las plantas desarrollan su sistema radical y sus primeras hojas verdaderas. Hay una tonalidad verde opaco y las hojas empiezas a presentar el rizado característico del kale, hay presencia de cera en la cutícula de las hojas característica de las brassicas.

Etapas 3 (desarrollo vegetativo): Comienza desde el trasplante hasta que tiene de diez a 14 hojas. Después de recuperarse del estrés del trasplante, las plantas entran en un proceso de rápida ganancia de biomasa. El área foliar se incrementa rápidamente al igual que el sistema radical y el tallo de la planta. De los 30-90 ddt. Predomina una tonalidad verde limón intenso en las hojas y el rizado es más consistente.

Etapas 4 (máximo crecimiento): La planta continúa produciendo hojas hasta alcanzar su pico de producción que es de 30-45 hojas. Con una producción máxima de entre seis y ocho hojas por semana. En esta etapa se inicia la cosecha, desde los 90-120 ddt. La tonalidad de las hojas es de un verde azulado cenizo de acuerdo con la variedad y el rizado es intenso.

Etapas 5 (meseta): En esta etapa se estabiliza la producción de hojas, ya no hay crecimiento acelerado. Se puede seguir cosechando. Desde los 130-260 ddt. Las hojas viejas ubicadas en la base de la planta presentan amarillamiento. La planta presenta apariencia de palmera.

Etapa 6 (reproductiva): La planta requiere los estímulos de bajas temperaturas que activan los procesos fisiológicos que culminan con la producción de las inflorescencias que son de color amarillo típico de las brassicas. Desde los 260-280 ddt.

Desde el establecimiento de los almácigos, el trasplante y en cada etapa fenológica el cultivo estuvo libre de problemas ocasionados por plagas y enfermedades. Únicamente se presentó pulgón (*Myzus persicae*) después del último muestreo, ya que se eliminaron mecánicamente las plantas acompañantes de la parcela, las cuales cumplían la función de barrera viva contra plagas y enfermedades.



Figura 6. Etapas fenológicas del cultivo de kale en campo

6.3 Variables agronómicas durante el desarrollo del cultivo

En la evaluación del experimento en los tres muestreos, el análisis de varianza de algunas variables agronómicas exhibió que a los 88 ddt únicamente hubo diferencias estadísticas significativas en largo de hoja (LH), a los 102 ddt hubo diferencias estadísticas significativas en peso fresco de hoja (PFH), peso seco de hoja (PSH) y largo de hoja (LH) y es hasta el tercer muestreo (116 ddt) que

se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) en las cuatro variables de estudio (Cuadro 16).

A los 102 ddt (segundo muestreo) las variables peso fresco (PFH) y peso seco de hoja (PSH) presentaron diferencias entre los tratamientos según Tukey ($P < 0.05$) (Figura 7), y el tratamiento 3 (fertilización mineral al suelo) fue el que obtuvo la media más alta (73.45 g y 11.04 g respectivamente) superando en un 27.8% a el testigo (sin fertilización), Entre los tratamientos 2, 4 y 5 no hubo diferencias estadísticas sin embargo todos los tratamientos presentaron valores superiores al testigo, lo que hace notar que hubo una respuesta de la planta a la aplicación de fertilización proveniente de cualquiera de las fuentes.

Cuadro 16. ANOVA de variables agronómicas en kale (3 muestreos, 5 tratamientos).

Fuente de variación	PFH	PSH	LH	AH
Muestreo I (88 ddt)				
TRAT	NS	NS	*	NS
C.V. (%)	35.36	28.03	16.81	19.17
R ²	0.0489	0.0402	0.1077	0.0524
MEDIA	66.95	15.002	32.65	16.44
Muestreo II (102 ddt)				
TRAT	*	*	*	NS
C.V. (%)	32.37	31.02	15.32	15.69
R ²	0.1019	0.1265	0.1082	0.0878
MEDIA	63.57	9.62	32.69	15.14
Muestreo III (116 ddt)				
TRAT	**	**	**	**
C.V. (%)	29.74	29.67	15.71	15.32
R ²	0.1584	0.1541	0.2096	0.1940
MEDIA	76.15	10.53	33.48	15.36

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación. PFH= peso fresco de hoja; PSH=peso seco de hoja; LH= largo de hoja; AH=ancho de hoja; **= Altamente significativo ($P \leq 0.001$); *= significativo ($P \leq 0.05$); NS=no significativo ($P > 0.05$).

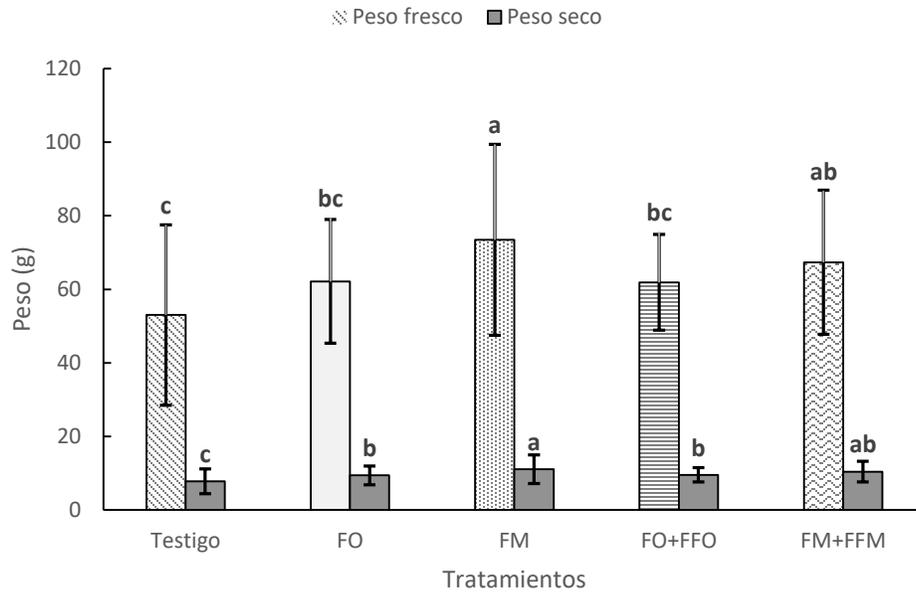


Figura 7. Peso fresco y peso seco de hoja en plantas de kale (muestreo 102 ddt bajo cinco tratamientos).

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.

Para el tercer muestreo (116 ddt) la Figura 8 muestra que el tratamiento 4 (fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica) registro la media más alta para peso fresco (PFH) y peso seco (PSH) de hojas, con 92.35g y 12.58g respectivamente, superando en un 32.6 % al testigo (sin fertilización). Entre los tratamientos 2, 3 y 5 no hubo diferencias estadísticas, sin embargo, todos los tratamientos tuvieron valores superiores a los del testigo.

La planta con fertilización mineral (tratamiento 3) tuvo un comportamiento diferente al presentado en el segundo muestreo, esto pudo deberse a que la fertilización mineral promueve una respuesta más rápida en la planta que la fertilización orgánica por los procesos de mineralización de la materia orgánica en el suelo, sin embargo, aunque la disposición de los elementos en la solución del suelo es más lenta con la fertilización orgánica también son más estables debido a la actividad microbiana, lo que corresponde con la respuesta de la planta al tratamiento 4 (fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica) en el tercer muestreo (Figura 8).

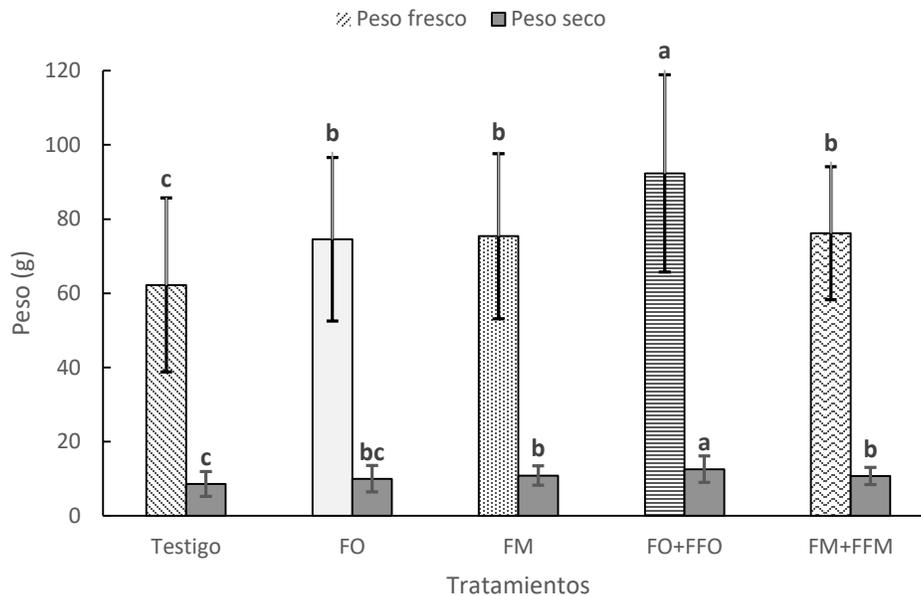


Figura 8. Peso fresco y peso seco de hoja en plantas de kale (muestreo 116 ddt bajo cinco tratamientos). Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.

Balkaya y Yanmaz (2005) reportaron para variedades tempranas de kale cosechadas a 102 ddt pesos frescos de hoja de hasta 31 g, y longitudes de hojas entre 15.9 y 21.9 cm estos resultados son inferiores a los intervalos de pesos frescos encontrados en el experimento.

Para la variable largo de hoja (LH) en los tres muestreos todos los tratamientos superaron los valores registrados para el testigo (sin fertilización). Fue hasta el segundo muestreo (102 ddt) que se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos según Tukey ($P < 0.05$) (Cuadro 17), el tratamiento 3 (fertilización mineral al suelo) fue el que obtuvo la media más alta (35.36 cm) superando a su testigo (sin fertilización) con un 15.2%, Entre los tratamientos 2, 4 y 5 no hubo diferencias estadísticas. En el tercer muestreo el comportamiento del T4 (fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica) fue el mejor teniendo una media de 37.95 cm (Cuadro 17), mostrando una respuesta similar a las variables de peso, lo que indica que la respuesta de la planta a la fertilización orgánica es lenta, pero se mantiene la tendencia.

Cuadro 17. Comparación de medias para la variable largo de hoja (cm) por muestreo.

Tratamiento	Muestreo I (88 ddt)	Muestreo II (102 ddt)	Muestreo III (112 ddt)
T1 (Testigo)	30.02 c	30.01 c	30.15 c
T2 (FO)	31.70 c	32.63 b	31.80 bc
T3 (FM)	34.90 a	35.36 a	33.10 b
T4 (FO+FFO)	34.65 ab	32.46 bc	37.95 a
T5 (FM+FFM)	32.00 bc	33.03 ab	34.40 b

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo+ foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.

Espinosa y Molina (2015) obtuvieron mayores longitudes de hoja en col china (*Brassica campestris*) fertilizada con vermicompost a los 60 ddt contra su testigo. Lo cual confirma el resultado obtenido en el experimento donde la respuesta de la planta a la fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica fue mejor que la mineral durante el periodo de evaluación del experimento (112 ddt). Estas hojas largas tienen un sabor más intenso que las hojas que tienen tamaños entre 20 a 30 cm.

En el tercer muestreo el tratamiento 4 (fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica) (Figura 9) presentó la media más alta para ancho de hoja con 16.9 cm (20% mayor que el testigo), comparado con el tratamiento 5 (fertilización mineral) que tuvo 16.05 cm y el testigo que tuvo la media más baja con 13.6 cm. La planta de kale tuvo una respuesta positiva a la aplicación de fertilización de cualquier tipo de fuente en cada tratamiento por sobre el testigo sin fertilización, sin embargo, la mejor respuesta la tuvo la fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica.

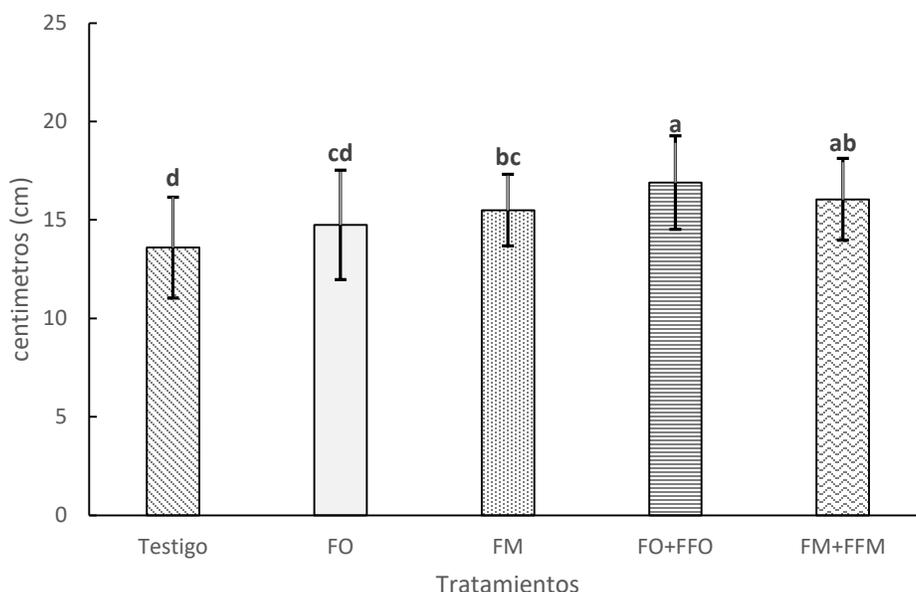


Figura 9. Ancho de hoja en plantas de kale en muestreo realizado 116 ddt bajo cinco tratamientos. Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

Los resultados obtenidos en el experimento para algunas variables agronómicas concuerdan con los reportados por Tessaro *et al.* (2012) quienes analizaron en un sistema agroecológico la producción y desarrollo de plántulas de col china (*B. campestris*) usando diferentes porcentajes de un compuesto a base de (estiércol bovino-maíz-soja-trigo), arena y polvo de roca basáltica, donde se observó una respuesta positiva de la planta a la fertilización orgánica.

El vermicompost utilizado como fuente de fertilizante tenía relación C:N de 13:1 siendo considerado óptimo por Schroder *et al.*, (2013). Con la incorporación del vermicompost al suelo el proceso de mineralización es activado por los microorganismos permitiendo la liberación de nutrientes en su forma mineral a la solución del suelo para ser tomados por la raíz de la planta y así aumentar la productividad del kale. Por lo tanto, la mineralización gradual del vermicompost y la solubilización de la harina de roca al suelo pudo haber permitido el suministro de nutrientes que estaban en niveles bajos en el suelo hasta niveles adecuados, generando así un aumento en productividad (Camargo *et al.*, 2012).

Camargo *et al.* (2012) aplicando dosis de estiércol bovino (0 a 100 t ha⁻¹) junto con dosis de harina de roca basáltica (0 a 6 t ha⁻¹) obtuvieron mejores resultados en producción de fresa que realizando aplicaciones por separado lo que indica que existe sinergia entre el fertilizante orgánico y la harina de roca.

Para el caso de las variables concentración de calcio (Ca²⁺), potasio (K⁺) y porcentaje de humedad en hoja (%H) el análisis de varianza durante los tres muestreos realizados en campo indico que a los 88 ddt (primer muestreo) y a los 116 ddt (tercer muestreo) no se presentaron diferencias estadísticas. únicamente hay diferencias estadísticas altamente significativas (P≤0.001) en el segundo muestreo para las variables concentración de Calcio (Ca²⁺) y potasio (K⁺). La variable porcentaje de humedad en hoja (%H) tampoco presento diferencias estadísticas en el segundo muestreo (Cuadro 18).

Para el segundo muestreo (102 ddt) las variables concentración de calcio (Ca²⁺) y potasio (K⁺) presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos según Tukey (P<0.05) (Figura 10), el tratamiento 5 (fertilización mineral al suelo + fertilización foliar mineral) fue el que obtuvo la media más alta de concentración de calcio (3430 ppm) superando en un 10.7% al testigo (sin fertilización), Entre los tratamientos 2, 3 y 4 no hubo diferencias estadísticas. La media más alta para concentración de potasio fue para el tratamiento 4 (FO+FFO) con 576.5 ppm comparado con el testigo (T1) que tuvo 533 ppm con una diferencia de 7.5%. Cada tratamiento mostró valores superiores al testigo, lo que infiere una respuesta de la planta de kale a las fuentes de fertilización. Es importante indicar que en este muestreo es donde se presenta también la máxima producción de hojas en el kale.

Cuadro 18. ANOVA de las variables Calcio (Ca²⁺) y Potasio (K⁺) en extracto celular de peciolo, y porcentaje humedad (%H) en plantas de kale por muestreo.

Fuente de variación	Ca ²⁺	K ⁺	% H
Muestreo I (88 ddt)			
TRAT	NS	NS	NS
C.V. (%)	21.48	11.07	8.75
R ²	0.0675	0.0465	0.0606
MEDIA	335.1	141.89	76.17
Muestreo II (102 ddt)			
TRAT	**	**	NS
C.V. (%)	24.31	15.67	1.65
R ²	0.1964	0.3017	0.0281
MEDIA	2893	514.9	84.73
Muestreo III (116 ddt)			
TRAT	NS	NS	NS
C.V. (%)	31.01	14.75	1.98
R ²	0.0425	0.0659	0.0659
MEDIA	44.30	808	86.07

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación. Ca=Calcio en extracto celular; K= Potasio en extracto celular; %H= porcentaje de humedad en hoja **= Altamente significativo (P≤0.001); *= Significativo (P≤0.05); NS=No significativo (P>0.05).

Para controlar las condiciones nutrimentales de los cultivos, el diagnóstico nutrimental en el extracto celular es una herramienta útil para identificar intervalos de concentración nutrimental asociados con deficiencias, toxicidades o desbalances nutrimentales en diferentes fases fenológicas de la planta y su relación con su potencial de rendimiento (Llanderal *et al.*, 2018).

El análisis de extracto celular permite identificar y prever, desde las primeras etapas de cultivo, alguna manifestación de alteración nutrimental que afecte el rendimiento del cultivo y resume no solamente la relación planta-suelo, sino también la acción de otros factores ambientales que influyen sobre el desarrollo de la planta. Por lo tanto, si se conoce una situación anormal en la nutrición de la planta, en etapas tempranas de la misma se puede buscar en el suelo y en los factores ambientales la causa que está produciendo esa anomalía. La mayoría de los trabajos reportan el análisis de savia que incluye todos los líquidos extraíbles en los tejidos conductores, tanto xilema como floema (Cadahia, 2008) y es más común para diagnosticar el contenido de N-NO₃⁻ que para determinar potasio y calcio (Constable *et al.*, 1991)

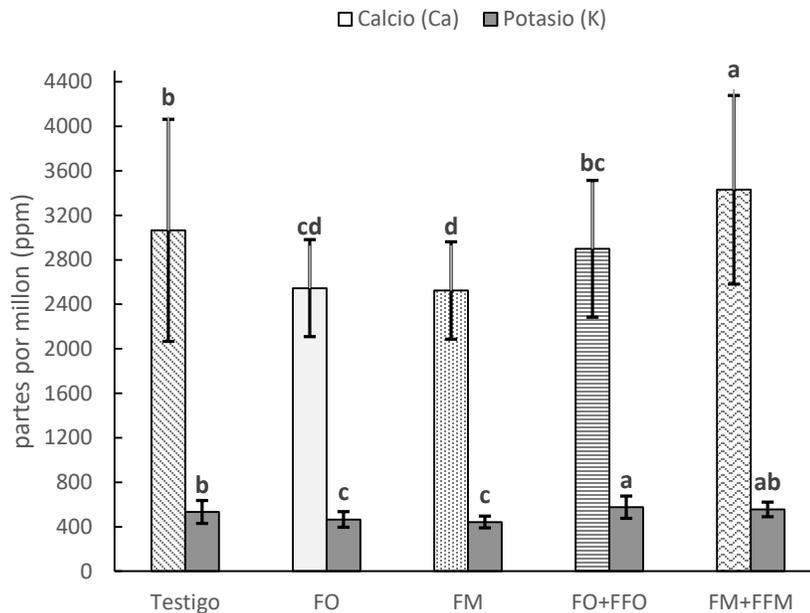


Figura 10. Contenido de Calcio (Ca^{2+}) y Potasio (K^+) en extracto celular de peciolo en plantas de kale en muestreo realizado 102 ddt bajo cinco tratamientos. Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

De acuerdo con Cadahia (2008) es importante el análisis foliar desde el inicio del ciclo de crecimiento del cultivo y relacionar con las condiciones ambientales que modifican los valores y a veces dificultan el conocimiento y entendimiento de las relaciones causa y efecto. Debido a que no hay suficiente información al respecto de los valores de calcio y potasio en extracto celular en kale, los resultados encontrados en el experimento pueden inferir que la planta se encuentra acumulando calcio en la lámina foliar para engrosar su tejido el cual le brinda mayor protección contra plagas, además de que le proporciona una textura crujiente que es un atributo de las hortalizas de hoja y está relacionado directamente con la firmeza.

Los datos de la variable firmeza (resistencia a la penetración) no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos según la prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$) En los tres muestreos (Figura 11) el tratamiento 4 (FO+FFO) registro las medias más altas con 76.2, 79.3 y 79.1 Newtons (N) en los tres muestreos comparado contra el testigo que tuvo 64.5, 67 y 75.1 N. Aunque estadísticamente no hay diferencias, el resultado infiere que en el tratamiento con

cualquier fuente de fertilización orgánica hay un engrosamiento de la pared celular por acción del calcio lo cual se corrobora con los resultados encontrados en el extracto celular de peciolo.

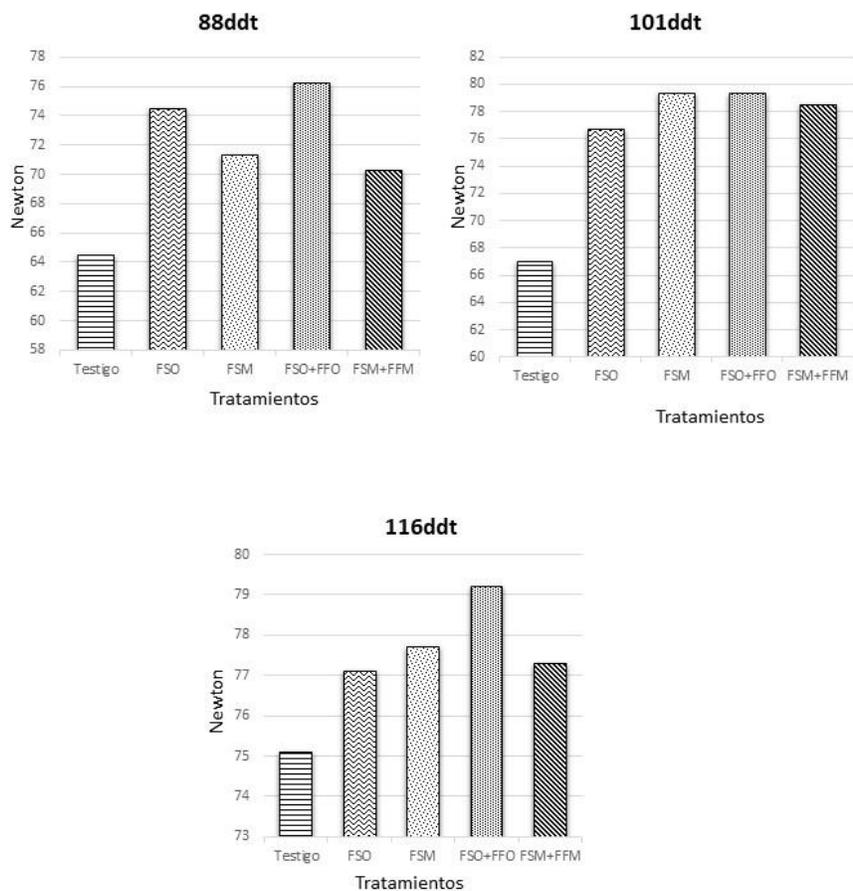


Figura 11. Firmeza de hoja (resistencia a la penetración) en plantas de kale en tres muestreos bajo cinco tratamientos. Testigo; FO=Fertilización orgánica al suelo; FM= Fertilización mineral al suelo; FO+FFO=Fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=Fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

El calcio juega un papel muy importante en la estabilización de la membrana celular manteniendo la permeabilidad selectiva y la integridad (Marschner, 2011), las sales de calcio cumplen la función de agentes reafirmantes, debido a que los iones de calcio actúan sobre las cadenas de pectina para formar puentes entre éstas, aumentando la fuerza de la pared celular tanto en tomates como en otras frutas y hortalizas (Contreras *et al.*, 2011). La firmeza es una propiedad de los vegetales que está relacionada con el punto de cosecha, y en la búsqueda de técnicas avanzadas para medir la calidad y seguridad de productos vegetales frescos mínimamente procesados esta variable es de

gran utilidad (Valerio, 2006). Este atributo está ligado con los cambios físico-químicos y estructurales del material biológico (Quipuscoa y Quipuscoa, 2011).

En el muestreo destructivo se registraron los seis intervalos de longitud de las hojas propuestos en materiales y métodos (Figura 12). De 4 a 10 cm incluyendo el tamaño comercial 20 a 30 cm y más largo (30.1 a 35 cm).

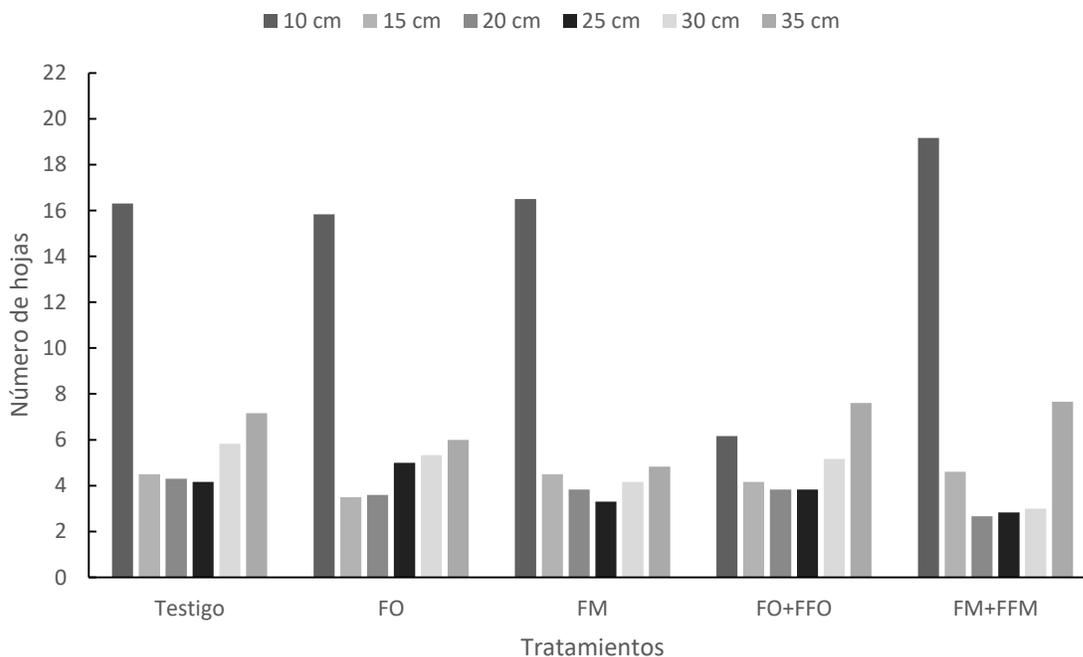


Figura 12. Número de hojas por intervalo de longitud producida por planta con diferentes fuentes de nutrición a los 116 ddt. Testigo; FO=Fertilización orgánica al suelo; FM= Fertilización mineral al suelo; FO+FFO=Fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=Fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

En esta variable (Figura 12) se observa un mayor número de hojas pequeñas en el testigo y los tratamientos con fertilización mineral y en menor cantidad las plantas con tratamientos orgánicos. En los otros intervalos hay un número similar de hojas por planta. La ventaja de estos diferentes tamaños es que más pequeñas tienen un sabor menos intenso y se pueden utilizar fácilmente para ensaladas, aunque el tamaño que se encuentra en el mercado es entre 20 y 30 cm.

Las hojas frescas del kale de tamaño comercial son muy pesadas, la mayoría de las veces se comercializan en manojos de seis hojas o por kilo. Esta hortaliza se encuentra por lo regular, en los mercados agroecológicos, orgánicos y algunos supermercados en el área de alimentos gourmet,

se puede consumir en crudo, en ensaladas, y cocinado como cualquier otra verdura de hoja, sin descartar también en zumo mezclado con frutas como una opción entre comidas. En ANEXO de este documento se integran algunas recetas fáciles para su consumo.

En la Figura se observa como las hojas entre 20 y 30 cm se encuentran en mayor cantidad en las plantas testigo y aquellas donde se aplicó fertilización orgánica al suelo y la combinación al suelo y foliar orgánico. En las plantas testigo y las que se aplicó al follaje cualquier fuente se incrementó el número de hojas más largas (30.1 a 35 cm). Al hacer un análisis del número por intervalo es posible dividir en hojas comerciales y no comerciales con la finalidad de hacer el cálculo del ingreso por la producción.

Para las variables peso fresco de planta (A), peso seco planta (B), peso fresco por hoja (C) y peso seco por hoja (D), (Figura 13) se observó un efecto positivo de la aplicación de fertilización orgánica al suelo como fuente de nutrición (FO) ya que este supera al tratamiento con fertilización mineral al suelo como fuente de nutrición (FM) lo cual está relacionado directamente con la producción de biomasa (rendimiento), solo cuando se hace aplicación al suelo y foliar de fertilizante mineral aumenta el peso fresco y seco (aunque no hay diferencias estadísticas significativas).

Según Filgueira (2013), los incrementos en número de hojas favorecen el desarrollo vegetativo y expanden el área fotosintéticamente activa de las plantas elevando el potencial productivo. Una respuesta que se tuvo en el experimento.

El peso promedio por hoja es muy similar entre todos los tratamientos y en peso seco es ligeramente mayor en aquellas que recibieron al suelo y foliar fertilizante mineral y más bajo las hojas testigo. Cunha *et al.* (2012) y Oliveira *et al.* (2014) demostraron que la aplicación de compuestos orgánicos al suelo genera un equilibrio en la disponibilidad de nutrientes para las plantas en función de los microorganismos benéficos presentes.

Un estudio de la producción de lechuga cultivar Vanda cultivada en ambientes protegidos y en campo abierto con fertilización orgánica y mineral utilizando dosis de 0, 1 y 2 veces la recomendación para abono orgánico (3.6 kg m^{-2} de NPK), fertilizante mineral: 0.02 kg m^{-2} de N (urea), 0.08 kg m^{-2} de P (superfosfato simple) y 0.008 kg m^{-2} K (KCl), indico que en campo abierto

se tuvieron los promedios más altos para peso fresco y peso seco de hojas con fertilización orgánica (Cavalheiro *et al.*, 2015). Resultados que concuerdan con los encontrados en el experimento.

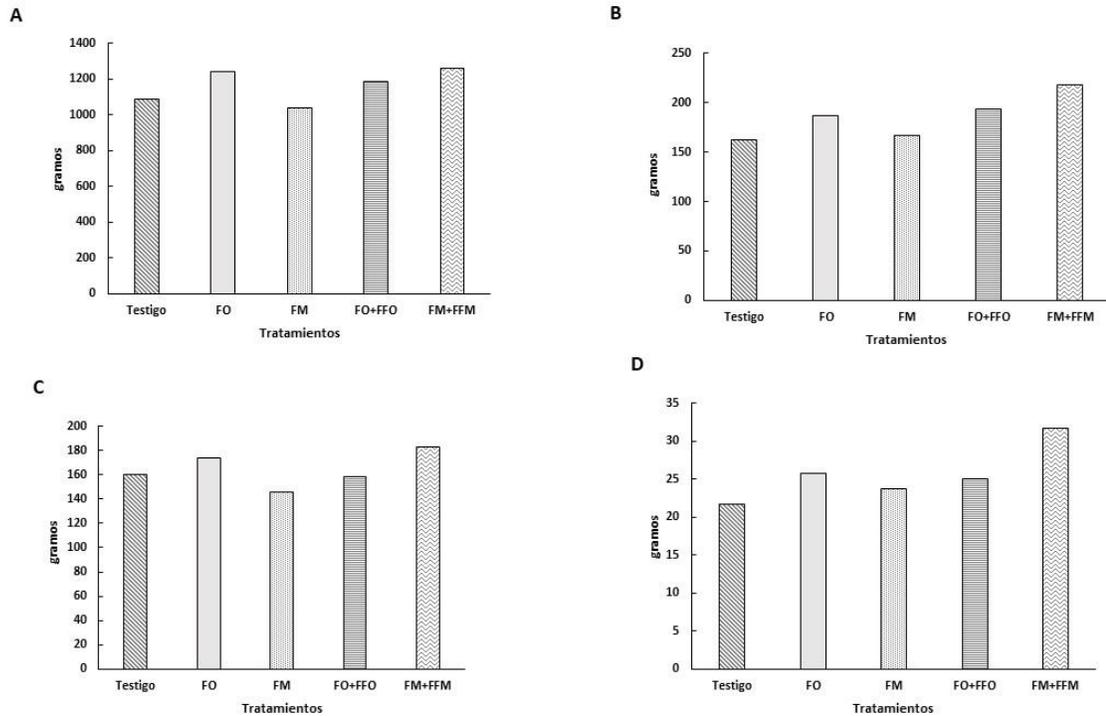


Figura 13. Peso fresco de planta (A), peso seco de planta (B), peso fresco promedio por hoja (C) y peso seco promedio por hoja (D) en plantas de kale con seis diferentes tamaños de hoja bajo cinco tratamientos. TRATAMIENTOS=Testigo; FO=Fertilización orgánica al suelo; FM= Fertilización mineral al suelo; FO+FFO=Fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=Fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

Los análisis de varianza para las variables agronómicas altura de planta (AP), número total de hojas (NTH) y lecturas SPAD no presentaron diferencias estadísticas. Únicamente la variable índice normalizado de vegetación (INV) presento diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.001$) (Cuadro 19).

Cuadro 19. ANOVA de las variables altura de planta (AP), Número total de hojas (NTH), lecturas SPAD e Índice Normalizado de vegetación (INV) en plantas de kale en tercer muestreo bajo cinco tratamientos

	AP	NTH	SPAD	INV
Muestreo III (116 ddt)				
TRAT	NS	NS	NS	**
C.V. (%)	28.77	31.02	4.32	4.02
R ²	0.2017	0.1171	0.0677	0.3588
MEDIA	14.61	37.93	66.65	0.7338

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación. NTH= número total hojas; SPAD= Lecturas SPAD en hoja; INV= Índice normalizado de vegetación; **= Altamente significativo (P≤0.001); *=significativo (P≤0.05); NS=no significativo (P>0.05).

Cuadro 20. Comparación de medias para las variables Altura de planta (AP), Número total de hojas (NTH), Peso fresco (PFP) y Peso seco de planta (PSP) y mediciones SPAD en el tercer muestreo

Tratamiento	AP	NTH	PFP	PSP	SPAD
T1 (Testigo)	11.48 a	42.33 a	1088.62 a	160.38 a	61.1 a
T2 (FO)	15.16 a	39.33 a	1241.59 a	174.11 a	66.72 a
T3 (FM)	16.65 a	37.16 a	1034.95 a	145.27 a	65.42 a
T4 (FO+FFO)	16.33 a	30.83 a	1182.46 a	158.25 a	66.56 a
T5 (FM+FFM)	13.42 a	40.00 a	1257.99 a	183.25 a	67.48 a

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey (P<0.05). Símbolo “T” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo+ foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.

Aunque en el experimento no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos para las variables altura de planta (AP), número total de hojas (NTH), y lecturas SPAD (Cuadro 19). Sin embargo, cuando el fertilizante orgánico se aplicó al suelo los valores fueron más altos (excepto AP) que cuando se aplicó al suelo fertilizante mineral (Cuadro 20). Oliveira *et al.* (2014) enfatizaron que las hortalizas de hoja responden bien a la fertilización orgánica y que el uso intensivo de fertilizantes minerales provoca reducciones en la actividad biológica del suelo lo que puede afectar el desempeño productivo de los cultivos. Vaz *et al.* (2019) enfatizan en su estudio que hay una relación directa entre el aumento en la dosis de fertilización mineral y la reducción en la productividad comercial de las hortalizas de hoja.

En el Índice Normalizado de Vegetación (INV) que se observa en la Figura 14 el tratamiento 5 (fertilización mineral al suelo + fertilización foliar mineral) fue el que obtuvo el valor más alto (0.77) comparado contra el testigo (sin fertilización) que registro 0.71, aunque estadísticamente son iguales. Entre los tratamientos 2, 3 y 4 no hubo diferencias estadísticas.

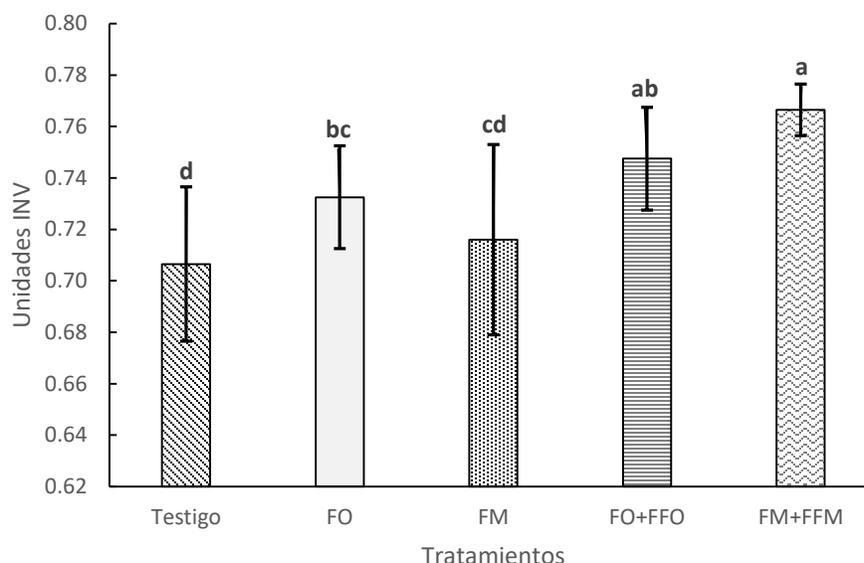


Figura 14. Unidades de INV (Índice normalizado de vegetación) en plantas de kale en muestreo realizado 116 ddt bajo cinco tratamientos. Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=Fertilización orgánica al suelo; FM= Fertilización mineral al suelo; FO+FFO=Fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=Fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

Los valores registrados para todos los tratamientos al momento del muestreo se encontraron dentro del intervalo 0.7-0.8 (Figura 13), señalado como adecuado para un buen desarrollo del cultivo, sin presentar estrés hídrico o por alguna plaga o enfermedad. El GreenSeeker permiten tener una noción del nivel de nitrógeno principalmente (Martin *et al.*, 2005), y evaluar las condiciones nutricionales y sanitarias óptimas, resto del área de cultivo. En la misma gráfica (Figura 14) se observa como la fuente de fertilización define la significancia de los valores; cuando solo se aplicó al suelo fertilizante orgánico o mineral (T2 y T3) son estadísticamente iguales y se aplicaron las dos fuentes de fertilización al suelo y al follaje (T4 y T5) también se presentan estadísticamente iguales. El GreenSeeker provee un INV, cuya interpretación puede contribuir al diagnóstico rápido

y dirigido de las condiciones nutricionales (especialmente de nitrógeno), el estado fisiológico, la incidencia de estrés de agua, y el rendimiento potencial de los cultivos (Inman *et al.* 2005; Verhulst *et al.* 2009). Este simple equipo ha sido utilizado con mucho éxito en los cultivos de arroz, maíz, trigo y algodón, y forman parte de las herramientas disponibles en la agricultura de precisión (Lawton, 2008). El GreenSeeker permite establecer diferencias en un simple índice numérico (que va de -1 a 1) que puede reflejar el estado fisiológico de los cultivos en campo. Las plantas sanas y vigorosas absorben más luz roja y reflejan más luz infrarroja (IRC) que aquellas con problemas fisiológicos. Por ejemplo, en comparación con plantas bien nutridas, los cultivos con deficiencias de nitrógeno muestran clorosis y cambios en las propiedades radiactivas del follaje, que pueden ser detectadas y medidas (Lawton, 2008). De acuerdo con lo reportado por los autores nuestras plantas de kale se encontraban en óptimas condiciones al momento de realizar las mediciones, por intervalos de INV encontrado en los tratamientos.

6.4 Vitamina C

El kale entre su composición que lo hace un alimento de vital importancia contiene ácido fólico, betacarotenos, minerales y ácido ascórbico (vitamina C). En el presente experimento el análisis de varianza (Cuadro 21) del contenido de vitamina C en hoja durante los tres muestreos, indico diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.001$).

Cuadro 21. ANOVA de la variable contenido de Vitamina de C (mg) en hojas secas a 30°C de plantas de kale en tres muestreos bajo cinco tratamientos

Fuente de variación	Muestreo I (88 ddt)	Muestreo II (102 ddt)	Muestreo III (116 ddt)
TRAT	**	**	**
C.V. (%)	10.16	6.58	6.27
R ²	0.9331	0.9322	0.9281
MEDIA	99	142	188

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación. **= Altamente significativo ($P \leq 0.001$); *= significativo ($P \leq 0.05$); NS=no significativo ($P > 0.05$).

La Figura 15 muestra una tendencia entre los tratamientos y las fechas de muestreo. Las plantas de kale testigo presentaron en los tres muestreos los valores más bajos de ácido ascórbico con relación a los tratamientos con cualquier fuente de fertilización. Por otro lado, el tratamiento 5 (fertilización mineral + fertilización foliar mineral) incremento el contenido de vitamina C en los tres muestreos.

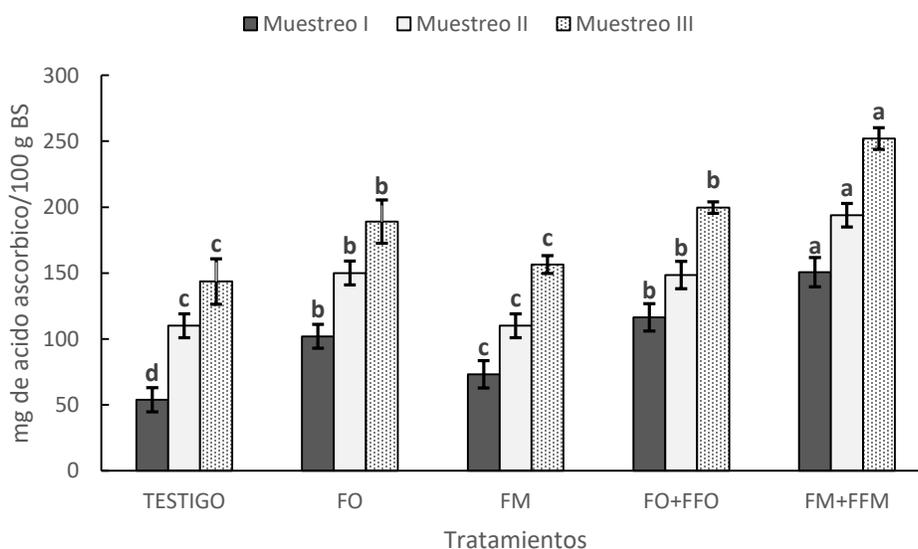


Figura 15. Contenido de vitamina C (mg/100 g) en hojas secadas a 30° C de plantas de kale en tres muestreos bajo cinco tratamientos. Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. TRATAMIENTOS=Testigo; FO=Fertilización orgánica al suelo; FM= Fertilización mineral al suelo; FO+FFO=Fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=Fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

Aquino et al., 2011 indican, que el ácido ascórbico en Brassicas se ve influenciado por condiciones edafoclimáticas y prácticas culturales.

Para el primer muestreo, a los 88 ddt el tratamiento 5 fue el que obtuvo la media más alta de contenido de vitamina C (150.57 mg) superando en un 200% al testigo (53.92 mg). Para el segundo y tercer muestreo la tendencia se mantuvo y el Tratamiento 5 fue el que presentó las medias más altas (193.82 y 252.02 mg respectivamente), sin embargo, como se observa en la Figura 15 los dos tratamientos con fertilización orgánica se mantuvieron constantes y superaron al tratamiento 3 (fertilización mineral al suelo), lo que indica que la planta respondió a la fertilización foliar mineral para aumentar el contenido de vitamina C. Contrario a lo que se reporta como una de las

propiedades que se incrementan en los cultivos con la fertilización orgánica (Brantsaeter, et al., 2017), la misma tendencia que en nuestro trabajo, encontraron Cantillano et al., 2012 en frutillas, las producidas en forma orgánica tenían menor cantidad de ácido ascórbico que las producidas en forma convencional.

Es importante mencionar que los dos tratamientos donde se incorporó materia orgánica al suelo y foliar presentaron cantidades similares del ácido ascórbico (Figura 14). Nepomuseno *et al*, 2020, indican que encontraron en promedio 96.7mg /100g peso fresco de kale. En el experimento se encontraron hasta 250mg /100g peso seco de kale.

La importancia de la vitamina C radica en el hecho de que más del 85% de la consumida en la dieta humana procede de frutas y hortalizas (Lee y Kader, 2000). La función biológica del ácido ascórbico puede ser definida como un cofactor enzimático que actúa evitando la oxidación celular (Davey *et al.*, 2000).

6.5 Rendimiento

Como se mencionó en la discusión de número de hojas por longitud, el rendimiento total es la sumatoria de todas las hojas y su peso, pero el rendimiento comercial es el número y peso de las hojas que están entre 20 y 30 cm (Cuadro 22).

Masabni (2011) menciona que para Texas la máxima producción de hojas en kale es a los 90 ddt momento en que se inicia la cosecha, con rendimientos de 5 Mg ha⁻¹. En el presente estudio realizado en la localidad de Montecillo con el cultivar “dwarf blue curled” marca Itesco® los resultados muestran que, el kale tuvo menor producción. El mayor rendimiento en peso se dio en el tratamiento con fertilización orgánica al suelo (2.8 Mg ha⁻¹) y el menor rendimiento comercial por hectárea (2.05 Mg ha⁻¹) se presentó en el tratamiento con fertilización mineral al suelo (Cuadro 22), considerando únicamente las hojas de los intervalos 20-30 cm de largo que comercialmente son las mejores. Los resultados concuerdan con lo reportado por Antonious *et al.*, 2014, quienes encontraron una respuesta favorable a cualquier fuente de fertilización, orgánica o mineral, incrementando el rendimiento por planta y hectárea en comparación con el testigo sin fertilización.

Del 12 al 15% de las hojas resultan ser no comerciales. Con las hojas comerciales cuantificadas se obtuvo un número de manojos de corte por planta (Cuadro 22), y se ajustó a una hectárea

considerando 27,500 plantas por ha (valor obtenido en función de la distancia que se sembró en el experimento). Hablando del número de manojos, la mayor cantidad (2.83) de obtuvo en las plantas testigo (aunque con menor peso) y el menor 1.82 (FM+FFM).

Cuadro 22. Rendimiento comercial y no comercial de kale en campo por planta y hectárea

Trat.	R E N D I M I E N T O			R E N D I M I E N T O		
	g planta ⁻¹		Mg ha ⁻¹	No. hojas comerciales/ planta/corte	Manojos/ planta/corte	Manojos / ha*/corte
Testigo	35.88	868.5	2.4	17	2.83	77,825
FO	124.88	1006.5	2.8	16.3	2.71	74,525
FM	152.66	746.32	2.05	13.2	2.2	60,500
FO+FFO	114.66	962.33	2.6	16.5	2.75	75,625
FM+FFM	122.49	1001.5	2.25	10.9	1.82	50,050

Fuente: propia * considerando 27,500 plantas ha⁻¹

Esta hortaliza se encuentra, por lo regular, en los mercados agroecológicos, orgánicos y algunos supermercados en el área de alimentos gourmet. Para el consumidor el costo del manajo se ubica entre 30 y 45 pesos y el kilo del kale entre 120 y 150 pesos. Sin embargo, a los productores los intermediarios les compran el manajo a cinco pesos y el kilo a 25 o 30 pesos. Solo cuando los productores venden directamente al consumidor pueden obtener un poco más por su producción.

6.6 Muestreo exploratorio a los 260 ddt (Tiempo de pandemia COVID)

Iniciado el periodo de la pandemia del COVID 19 a los 144 días después del último muestreo realizado para la evaluación del cultivo, se decidió hacer algunas evaluaciones para ver el estatus del cultivo. En la determinación de nitratos, potasio y calcio en extracto celular de peciolo se encontraron diferencias significativas para nitratos y potasio, mientras que la variable pH de savia fue altamente significativa ($P \leq 0.001$) con valores bajos de coeficiente de variación que dan la

confiabilidad de los análisis (Cuadro 23) En el caso de la concentración de Calcio no se presentaron diferencias estadísticas.

Cuadro 23. ANOVA de las variables contenido de Nitratos (NO_3^-), Calcio (Ca^{2+}), Potasio (K^+) en extracto celular de peciolo y pH en plantas de kale en muestreo realizado a los 260 ddt con aplicación de vermicompost en todos los tratamientos.

	NO_3^-	Ca^{2+}	K^+	pH
Muestreo (260 ddt)				
TRAT	*	NS	*	**
C.V. (%)	18.52	27.66	12.24	3.65
R^2	0.4486	0.1417	0.3720	0.7794
MEDIA	1572.75	445.40	786.80	6.32

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación. NO_3^- = nitratos en savia; Ca= Calcio en savia; K^+ =potasio en savia; pH= medición de pH en savia; **= Altamente significativo ($P \leq 0.001$); *=significativo ($P \leq 0.05$); NS=no significativo ($P > 0.05$).

El contenido de nitratos (NO_3^-) en todos los tratamientos fueron iguales estadísticamente, aunque la media más alta fue del tratamiento 3 (fertilización mineral al suelo) con 1851.8 ppm contra 1118.3 ppm del testigo (sin fertilización). Para el contenido de potasio (K^+) Los valores registrados no fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos (Figura 16). En la misma figura se observa como cualquier fuente de nutrición orgánica o mineral incremento el contenido de nitratos con relación a las plantas testigo.

La variable pH en extracto celular (pH) presento diferencias estadísticas entre los tratamientos según Tukey ($P < 0.05$), el Tratamiento 5 (FM+FFM) fue el que obtuvo la media más alta (7) comparado contra el testigo (sin fertilización) que tuvo 6, al igual que los tratamientos 3 y 4. El Tratamiento 2 tuvo una media de pH 6.6 (Figura 16).

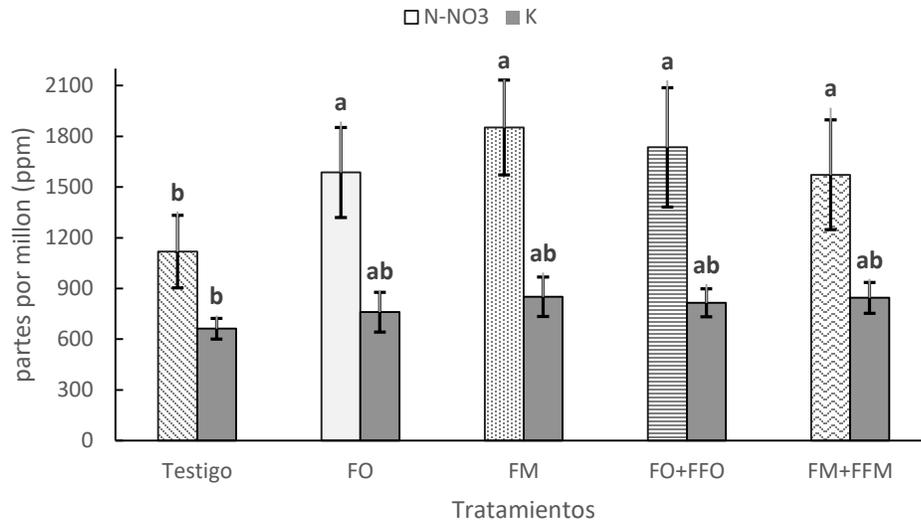


Figura 16. Contenido de Nitratos (NO_3^-) y Potasio (K^+) en extracto celular de peciolo en plantas de kale en muestreo realizado 260 ddt bajo fertilización con vermicompost en todos los tratamientos.

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. TRATAMIENTOS=Testigo; FO=Fertilización orgánica al suelo; FM= Fertilización mineral al suelo; FO+FFO=Fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=Fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

A diferencia del pH en savia, Reyes-Munguía et al, 2017 encontraron en extracto de hoja de kale un pH de 5.63 más ácido que la savia de los cinco tratamientos. Las plantas testigo presentaron un pH de 6 y las plantas donde se aplicó el fertilizante mineral al suelo y foliar tuvieron un pH neutro de 7 (Figura 17).

Sait (2003) determinó que la savia de la hoja para mango, melón o chícharo debe tener un pH de 6.4, Si el pH de la savia es menor a ese valor, la planta está expuesta a enfermedades fungosas, debido a la falta de calcio, magnesio o potasio. Si la savia de las hojas tiene un pH mayor a 6.4, entonces hay una deficiencia de nitrógeno, fósforo o azufre. Desafortunadamente en esta investigación por la pandemia no se pudo hacer análisis mineral de material vegetal.

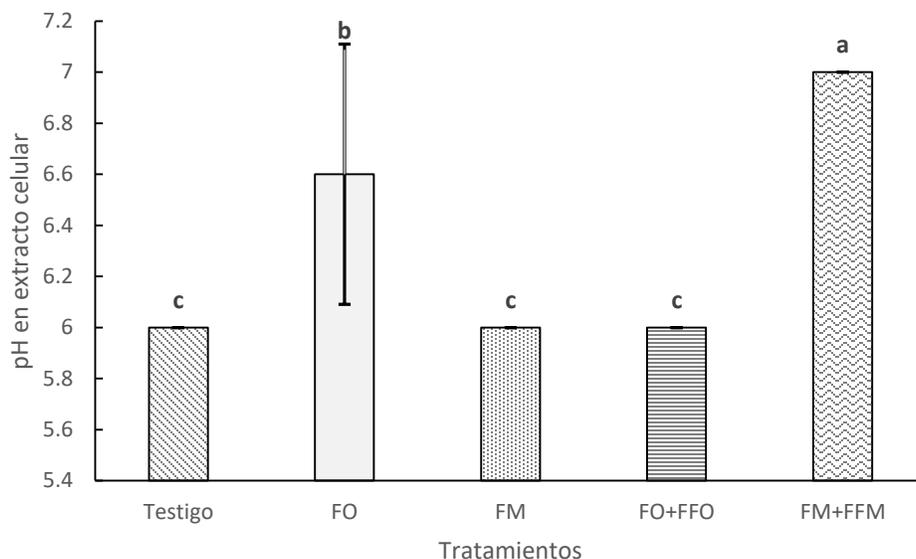


Figura 17. pH en extracto celular de peciolo en plantas de kale en muestreo realizado 260 ddt bajo fertilización con vermicompost en todos los tratamientos. Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. TRATAMIENTOS=Testigo; FO=Fertilización orgánica al suelo; FM= Fertilización mineral al suelo; FO+FFO=Fertilización orgánica al suelo + foliar orgánica; FM+FFM=Fertilización mineral al suelo + foliar mineral.

Dodd *et al.*, 2003, también indica que las lecturas de pH bajos se relacionan con un déficit de calcio, mientras que lecturas altas se relacionan con una deficiencia de fósforo. Un aumento en el pH de la savia indica una deficiencia de nitrógeno en la planta.

También a los 300 días después de establecidos el experimento se hizo un muestreo de suelo de los cinco tratamientos y del vermicompost que había sobrado y se almaceno. En los Cuadros 24 y 25 se indican los resultados.

Cuadro 24. Análisis de suelo del cultivo de kale después de 300 días de aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales.

Tratamiento	MO%	N%	P (ppm)	K	Ca	Mg	Na	CE (dS/m)	pH
TESTIGO	10.7	0.58	121.97	10.83	30.03	16.93	1.80	0.8	7.6
FO	9.73	0.55	158.31	11.38	41.25	18.39	2.15	0.8	7.9
FM	8.13	0.51	154.08	16.01	43.37	17.09	2.55	0.85	7.8
FO+FFO	9.73	0.57	132.11	11.51	46.98	17.59	2.30	0.8	7.8
FM+FFM	8.07	0.47	140.28	10.18	37.99	13.06	1.48	0.68	8

Se observó en los resultados de los análisis que el contenido de materia orgánica aumento considerablemente comparado con los análisis realizados antes del establecimiento (Cuadro 10 en materiales y métodos) del experimento donde el contenido era de 2.48%, esto indica que hubo un efecto positivo con la adición de vermicompost en toda la parcela el cual tenía un contenido de materia orgánica de 18.33%, En los demás elementos analizados también se observó incremento lo cual señala el efecto positivo de la materia orgánica en la dinámica de los elementos en la solución del suelo.

El contenido total de elementos en el vermicompost utilizado en el experimento (Cuadro 25), se consideran dentro de los parámetros aceptables para este tipo de material según diversos autores (Schweizer *et al.* 2003, Soto y Meléndez 2003, Sullivan y Miller 2001).

Cuadro 25. Análisis de vermicompost (un año de almacenamiento) usado en experimento.

Tratamiento	MO%	N%	P (ppm)	K	Ca (meq/ 100g)	Mg	Na	CE (dS/m)	pH
Vermicompost	18.33	3.30	1.27	0.83	4.69	1.22	0.15	2.5	7.5

Fuente: Propia investigación

El pH fue de 7.5, lo cual está documentado como un valor esperable en abonos orgánicos estabilizados y maduros. En particular los contenidos de N y P fueron mayores que el promedio en comparación a otros tipos de abonos orgánicos (Wu y Martínez 2000). Los resultados observados indican que aun después de un año el vermicompost se mantiene estable.

En ese sentido, Barber *et al.* (1992) señalaron en un estudio para evaluar el efecto de los abonos orgánicos (estiércol bovino, ovino, gallinaza y compost) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo sembrado con maíz, señalaron que los estiércoles se mineralizan en 70% a partir del primer año de aplicación y con efecto residual en el suelo hasta por 2 años y el resto se transforma en humus, que se incorpora al suelo y produce un efecto benéfico en la estructura del suelo durante el primer año.

7. CONTRASTE DE HIPÓTESIS CON RESULTADOS

Después de realizar la investigación con los análisis correspondientes no se rechaza la hipótesis de investigación debido a que los tratamientos donde se aplicó fertilización orgánica como fuente de nutrición favorece el crecimiento y producción en el cultivo de *kale* en campo.

La primera hipótesis no se rechaza debido a que la cinética de crecimiento foliar aumento con la aplicación de fertilización orgánica como fuente de nutrición.

La segunda hipótesis particular no se rechaza ya que la producción de hojas para corte se incrementó con la aplicación de vermicompost y fertilización orgánica foliar como fuente de nutrición.

La tercera hipótesis particular se rechaza debido a que el contenido de vitamina C en hojas de kale es mayor cuando se utiliza fertilización mineral como fuente de nutrición.

8. CONCLUSIONES

- El uso de fertilización orgánica al suelo + fertilización foliar orgánica como fuentes de nutrición genera una respuesta positiva en la planta lo que se refleja en una mayor producción de hojas en el *kale* durante su desarrollo comparado con las fuentes de nutrición mineral al suelo + foliar mineral lo cual incide directamente en el rendimiento.
- Se observó que la respuesta de la planta a la fuentes de nutrición orgánica es lenta en sus primeras etapas, sin embargo, se mantiene a través del ciclo de cultivo.
- El aporte de fuentes de nutrición orgánica al suelo promueve la disponibilidad de nutrientes en el suelo debido a que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- La observación de los cambios físicos a través del desarrollo del cultivo permitió identificar seis etapas fenológicas en el cultivo de *kale*.
- La combinación de fuentes minerales de nutrición al suelo + foliar incrementa el contenido de vitamina C en hoja de *kale* en comparación con las fuentes de nutrición orgánicas, sin embargo, el contenido de vitamina C con la combinación de las fuentes orgánicas al suelo + foliar supera al del uso de una sola fuente de nutrición mineral.
- El manejo agroecológico del *kale* es una alternativa viable para la producción de hortalizas, con rendimientos redituables para los pequeños productores.

9. RECOMENDACIONES

9.1 Para futuras investigaciones

- Continuar con ensayos para evaluar la producción en *kale* y comparar si hay diferencias en otro ciclo de cultivo, ya que los niveles de materia orgánica y macroelementos presentes en el suelo aun después de un año son aceptables.
- Realizar investigaciones en diferentes condiciones de producción para identificar su relación con el contenido nutrimental y propiedades nutraceuticas del cultivo y poder transferir la mejor tecnología para los productores.
- Comparar las características organolépticas en *kale* producido en un sistema agroecológico contra el producido en un sistema convencional, se pueden llevar a cabo pruebas de degustación y relacionar si la aceptación del consumidor por el *kale* está en función del sistema de producción.

9.2 Para productores

- Se recomienda el cultivo de *kale* como una alternativa de producción de hortalizas en un sistema agroecológico, ya que es un cultivo que puede desarrollarse bien haciendo uso de fuentes de nutrición orgánica al suelo. El manejo del cultivo es sencillo desde la producción de plantas en almacigo hasta su establecimiento en campo, el control de plagas y enfermedades se puede realizar con preparados agroecológicos de fabricación casera y de esta manera ayudar a disminuir el uso de agroquímicos.
- Al ser el *kale* un cultivo relativamente nuevo y que está ganando aceptación en los consumidores por sus beneficios a la salud, producirlo de forma agroecológica incluso en pequeñas áreas es una alternativa viable al productor en forma constante porque se hacen varios cortes a la planta y el cultivo es bianual. Esto es redituable por el precio que puede alcanzar en los mercados alternativos.

10. LITERATURA CITADA

- Adams, W., Bratt, E. (1992) Young coconut water for home rehydration in children with mild gastroenteritis. *Trop Geogr Med*, 44:149-55.
- Altieri, M. (1999). Agroecología: Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Montevideo, Uruguay: Nordan-Comunidad.
- Antonious, F. G, Turley T. E., Hill R. R., & Snyder C. J. (2013). Chicken manure enhanced yield and quality of field-grown kale and collard greens. *Journal Enviroment Science and Health*, Part. B 49:299-304. doi:10.1080/03601234.2014.868681
- Antonious, G., Snyder, J. (2005). Repellency of hot pepper extracts to spider mites. En: Rowell, B., J, Snyder., C, Smigell (eds.). *Fruit and Vegetables Report*. Agricultural Experiment Station. University of Kentucky-College of Agriculture, 76-78.
- Aquino, A. C. M. S., Silva, M. H. M., Rocha, A. K. S., Castro, A. A. (2011). Estudo da influência de diferentes tempos e métodos de cocção na estabilidade dos teores de clorofila e ácido ascórbico em brócolis (*Brassica oleraceae*). *Scientia Plena*, 7:1-6.
- Ares, A.M., Nozal, M.J., Bernal, J. (2013). Extraction, chemical characterization and biological activity determination of broccoli health promoting compounds. *Journal of Chromatography A*, 1313 78-95.
- Ariga T, Oshiba S, Tamada T. (1980) Platelets aggregation inhibition in garlic. *Lancet*, 1(8218) 150-1. doi: 10.1016 / s0140-6736 (81) 90729-7.
- Arim, J., Kioko, S. Otieno, C., Efukho, C., Mbuthia, G., Mangoli, F., Oirere, Z., Mbuthia, E., Malenge, F., Aikawa, J., Kita, K., Kitajima, H., Takashina, Y., Seo, T. (2009). Kale production. Smallholder Horticulture Empowerment & Promotion Project for Local and Up-Scaling (SHEP PLUS). Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries State Department for Crop Development & Agricultural Research. Nairobi, Kenia, p. 54 .
- Asgarpanah, J., Khoshkam, R. (2012). Phytochemistry and pharmacological properties of *Ruta graveolens* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6: 3942-3949
- Association of Official Analytical Chemists- AOAC. (1998). Official Methods of Analysis of AOAC International II. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Ávila, C. (2000). Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Bogotá D.C, p. 68.
- Azcon-Bieto, J., Talón, M. (2008). Fundamentos de Fisiología Vegetal (2a ed). Ed. Interamericana. MacGraw-Hill. New York.
- Balkaya, A., Yanmaz, R. (2005). Promising kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) populations from Black Sea region, Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33:1-7 .
- Barber. K.L., Maddux, L.D., Kissel, D.E., Pierzynski, G.M., Bock, B.R, (1992). Corn responses to ammonium and nitrate-nitrogen fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1166-1171.

- Bayer de Mexico S.A. de C.V. mi cultivo bayer. Sitio web: <https://www.micultivo.bayer.com.mx/docbase/archivosProducto/Bayfolan-Forte> Ficha-tecnica.pdf.
- Benbi, D.K. (2013). Greenhouse gas emissions from agricultural soils: Sources and mitigation potential. *J. Crop. Improv.* 27: 752-772.
- Becerra-Moreno, A., Alanis-Garza, P., Mora-Nieves, J.L., Mora-Mora, J.P., Jacobo-Velazquez, D.A. (2014). Kale: An excellent source of vitamin C, pro-vitamin A, lutein and glucosinolates. *CyTA-Journal of Food*, 12:298-303.
- Ben-Chaim, A., Borovsky, Y., Falise, M., Mazourek, M., Kang, B., Paran, I., Jahn, M. (2006). QTL Analysis for capsaicinoid content in Capsicum. *Theoretical and Applied Genetics*, 113: 1481-1490.
- Bobadilla, M., Zavala, F., Sisniegas, M., Zavaleta, G., Mostacero, J., Taramona, L. (2005). Evaluación larvicida de suspensiones acuosas de *Annona muricata* Linnaeus (guanábana) sobre *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera, Culicidae). *Revista Peruana de Biología*, 12:15-152.
- Borges, J., M. Barrios, A. Chavez y R. Avendano. (2014). Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera (*Morus alba* L.). *Bioagro* 26:159-164.
- Brantsaeter L. A., Ydersbond T. A., Hoppin J. A., Haugen M and Meltzer M. H. 2017. Organic Food in the Diet: Exposure and Health Implications. *Annu. Rev. Public Health* 38:295-313.
- Burd, P. (1993). Apuntes de Fenología para curso Internacional de Postgraduados en Meteorología Agrícola. Bet Dagan, Israel.
- Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones, R.L. (Eds.). Wiley. (2015). (2^{da} ed). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. USA.
- Butler G., Henneberry, T.J., Stansly, P.A., Schuster, D.J. (1993). Insecticidal effects of selected soaps, oils and detergents on the sweetpotato whitefly: (Homoptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist*, 76:161-167.
- Cadahía, C.L. (2008). La Savia como índice de fertilización. Cultivos agroenergéticos, hortícolas, frutales y ornamentales, 256. Mundi-Prensa, Madrid
- Camargo, C. K., Resende, J. T. V., Camargo, L. K. P., Figueiredo, A. S. T., Zanin, D. S. (2012). Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio. *Semina: Ciênc. Agr.* 33:2985-2993.
- Campanhola, C., Bettiol, W. (2013). Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil. En: Campanhola, C. y Bettiol, W. (eds.), Métodos alternativos de controle fitossanitário. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, pp.13- 51.
- Cantillano, F. R. R., Avila M. J. M., Peralta R. M. C., Pizzolato T. M., Torrales P. R. 2012. Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Horticultura Brasileira* 30: 620-626.

- Cárdenas, E., Lugo, L., Rozo, A. (2010). Efecto tóxico del extracto acuoso de *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) sobre larvas de *Anopheles albimanus* Wiedemann, 1820 y *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae), en condiciones experimentales. *Entomotropica*, 25: 11-18.
- Casseres, E. (1980). Cap II. Producción de hortalizas. (3ª ed). San José, Costa Rica, p.387.
- Castro, B. L. (2014) ¿Cómo hacer microorganismos de montaña MM? Receta para productores. Lab. Microbiología Agrícola, Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 12 de noviembre 2020. Sitio web: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Brochure-MicroCIA-VF-2017web.pdf>
- Cavalheiro, D.B., Klosowski, E.S., Henkemeier, N.P., Gonçalves Junior, A.C., Vasconcelos, E.S., Chibiaqui, E. (2015). Produção de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Vanda, cultivada sob diferentes ambientes e níveis de adubação mineral e orgânica. *Cult. Saber* 8:109-124.
- Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., Cuca, L., (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperácea. Una Revisión. *Agronomía Colombiana*, 26:97–106.
- Cerqueira, R.C., Silva, S., Valduque, M.M. (2002). Características pós-colheita de frutos de genótipos de bananeira (*Musa* spp.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(3), 654-657. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000300020>
- Cervantes-Paz, B., Yahia, E.M., Ornelas-Pa, J.J., Gardea-Bejar, A.A., Ibarra-Junquera, V., Perez-Martinez, J.D. (2012). Effect of heat processing on the profile of pigments and antioxidant capacity of Green and red jalapeno peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 10822-10833.
- Claro, R. F. (1985). Apuntes de Fenología. Instituto Colombiano de Hidrología y Adecuación de Tierras (HIMAT). Bogotá, Colombia
- Clemente, S., Mareggiani, G., Broussalis, A., Martino, V., Ferraro, G. (2003). Insecticidal effects of *Lamia-ceae* species against stored products insects. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 29: 1–8.
- Collazos-Romo, A.L. (2011). Proceso de certificación de la unidad productiva la sultana de la Universidad del Cauca, Municipio de Timbío. (Tesis Ingeniero Agropecuario) Popayán, Colombia. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 85 p. Sitio web: <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/760/PROCESO%20D E%20CERTIFICACI%C3%93N%20DE%20LA%20UNIDAD%20PRODUCTIVA%20LA %20SULTANA%20DE%20LA%20UNIVERSIDAD%20DEL%20CAUCA%2C%20MUN ICIPIO%20DE%20TIMBIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Constable G.A., I.J. Rochester J.H. Betts y Herridge D.F. (1991). Prediction of nitrogen fertilizer requirement in cotton using petiole and sap nitrate. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, 22: 1315-1324.
- Contreras, L. A., Heredia, J. B., Sánchez-Álvarez, C. E., Angulo-Escalante, M. Á., Villarreal-Romero, M. (2011). Efecto del genotipo y sales de calcio en la calidad de tomates frescos cortados. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(SPE1): 39-45.

- Cortés, H. (2011). Ventajas y desventajas de los insecticidas químicos y naturales. Monografía para presentar el examen demostrativo de la experiencia educativa de la experiencia recepcional del programa educativo de ingeniería ambiental. Veracruz, México: Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas.
- Cunha, E.Q., Stone, L.F., Ferreira, E.P.B., Didonet, A.D., Moreira, J.A.A. (2012). Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 16:56-63. doi: 10.1590/S1415-43662012000100008
- Davey, M., Van Montagu, M., Inze, D., San Martin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N. (2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 825-860.
- Davies, P.J. (2004) Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action Ed. Kluwer Academic Publishers.
- Devine, G. J.; Eza, D.; Ogusuku, E., Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25: 74-100.
- Dinesh, R., Srinivasan, V., Hamza, S., Manjusha, A. (2010) Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop Turmeric (*Curcuma longa* L.). *Bioresour Technol* 101:4697–4702.
- Dodd, I. C., Tan, L. P., He, J. (2003). Do increases in xylem sap pH and/or ABA concentration mediate stomatal closure following nitrate deprivation? *Journal of Experimental Botany.* 54: 1281-1288.
- Edelson, J., Dutie, J., Roberts, W. (2002). Toxicity of biorational insecticides activity against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Pest Management Science*, 58:255–260.
- Eich, E. (2008). Solanaceae and Convolvulaceae: Secondary Metabolites. Springer–Verlag Berlin Heidelberg. Germany, p 637 .
- Espinosa, K., Molina, M. (2015). Evaluación agronómica de hortalizas de hoja, col china (*Brassica campestris*) y perejil (*Petroselinum crispum*) con fertilizantes orgánicos. *UTCiencia.* 2:29-34.
- FAO (2018) Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Producción agrícola. Recuperado el 8 de agosto 2020, de <http://www.fao.org/faosta/es/#data/QC>
- FAO (2011). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Los fertilizantes en cuanto a contaminantes de agua. Recuperado 06 noviembre 2020, de <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s05.html>.
- FAO–ISRIC. (1990) Guidelines for profile description. 3rd Edition. Roma
- Filgueira, F.A.R. (2013). Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3th ed. UFV, Viçosa, Brazil.
- Fischbein, D. (2012). Introducción a la teoría del control biológico de plagas. Villacide, J. & Corley, J. Serie técnica: “*Manejo Integrado de Plagas Forestales*”, 15:1-21.
- Fresquet, J. L. (2001). Uso popular de plantas medicinales en el medio urbano: la ciudad de Valencia. *Medicina y Ciencias Sociales*, 13: 2-15.

- Fuentes F., Pérez, J. (2003). Cultivo del repollo. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). La libertad, El Salvador. p 36 .
- García-Mateos, R., Pérez, P. R., Rodríguez, H. C. & Soto H. M. (2004). Toxicidad de alcaloides de *Eythrina americana* en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus*. *Fitotecnia Mexicana*, 27: 297- 303.
- Giese, J. (2015). Oportunidades de exportación para México, Mexico. Hortalizas. Recuperado el 26 de julio de 2020, de <https://www.hortalizas.com/cultivos/oportunidades-de-exportacion-para-mexico/> .
- Giri R., Sharma M., Shakya S., Gc Y., Kandel, T. (2013). Growth and yield responses of broccoli cultivars to different rates of nitrogen in western Chitwan, Nepal. *Agricultural Sciences*, 4: 8–12 .
- Gómez, D., Vásquez, M. (2011). Importancia de los microorganismos eficaces (EM). Serie: Producción Orgánica de Hortalizas de Clima Templado. Abonos Orgánicos. Cooperación Suiza en América Central. Tegucigalpa, Honduras. Sitio web: <https://metrocert.com/files/abonos%20organicos%2024-05-2011.pdf>
- González, A., Larrosa, M., García, M., Tomás, A., Espín, J.C. (2013). Nutraceuticals for older people: Facts, fictions and gaps in knowledge. *Maturitas*, 75: 313-34 .
- Guerra, M.S. (1985). Receituário caseiro: alternativa para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e seus produtos. Brasília: EMATER. p 166.
- Haro y Maldonado. (2009). Presentación sobre el cultivo de brócoli para los agricultores y procesadores del Ecuador. California, USA. AsgrowVegetables Seeds.
- Iannacone, J., Lamas, G. (2003). Efectos toxicológicos de molle (*Schinus molle*) y lantana (*Lantana camara*) sobre *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Trichogramma pintoi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae) en el Perú. *Agricultura Técnica*, 63: 347–360.
- INIFAP (2008). Brócoli. Recomendaciones de fertilización para mejorar la producción. Desplegable para productores No. 2. Campo Experimental Bajío. Km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende. C.P. 38110 Celaya Gto. México.
- Inman, D., Khosla, R., Mayfied, T. (2005). On-the-go active remote sensing for efficient crop nitrogen management. *Sensor Review* 25:209-214.
- IPES/FAO. (2010). Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana, Primera Edición, Perú. Sitio web: <http://www.fao.org/3/as435s.pdf>
- Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51: 45-66.
- Jermey, T. (1990). Prospects of antifeedant approach to pest control. A critical review. *Journal of Chemical Ecology*, 16: 3151–3166.
- Jiménez, M. E. 2016. Preparación y uso de bioplaguicidas para el manejo de plagas y enfermedades agrícolas en Nicaragua. Manual Técnico. UNA Managua, Nicaragua.

- Jones, R., Oughan, H., Waaland, T. (2013) *The Molecular Life of Plants*. ed. WileR. Wayne. (2009). Plant Cell Biology Ed. Elsevier. New York.
- Kadey, M. (2013). Little Green Giants. *The Environmental Magazine*, 24 :36-37 .
- Karitonas, R. (2001). Effect of nitrogen supply on yield and quality of broccoli. *Plant Nutrition Food security and sustainability of agro-ecosystems*. pp 298-299 .
- Kim, S.Y., Yoon, S., Kwon, S.M., Park, K.S., Lee-Kim, Y.C. (2008) Apr. Kale juice improves coronary artery disease risk factors in hypercholesterolemic men. *Biomed Environ Sci*. 21: 91-7.
- Krarup, C. (1992). Seminario sobre la producción de brócoli. Quito, Ecuador: PROEXANT, p. 25.
- Lattuca, A., Mariatti, A., Cerilli, S., Rapallo, L. (2019). Guía Básica para la planificación y Manejo agroecológico de cultivos. Ministerio de la Producción. Provincia de Santa Fe, Argentina. [Guía para el manejo agroec. de cultivos.pdf \(santafe.gov.ar\)](http://santafe.gov.ar/Guia%20para%20el%20manejo%20agroec.%20de%20cultivos.pdf)
- Lawton, K. (2008). Crop sensors come of age. *The Progressive Farmer* 2008:1-4.
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Revilla, P. (2012-2013). Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function: A field study with sweet corn. *Biology and Fertility of Soils*. 49. 10.1007/s00374-012-0761-7.
- Lee, S.K., Kader, A.A. (2000). Preharvest and postharvest factor influencing vitamin C content of horticultural crops. *Post-harvest Biol. Technol.* 20(3): 207-220.
- Lemos, M., Santin, J.R., Júnior, L.C., Niero, R., Andrade, S.F. (2011). Gastroprotective activity of hydroalcoholic extract obtained from the leaves of *Brassica oleracea* var. acephala DC in different animal models. *J Ethnopharmacol*, 138: 503-7.
- Lisiewska, Z., Kmiecik, W., Korus, A. (2008). The amino acid composition of kale (*Brassica oleracea* L. var. acephala), fresh and after culinary and technological processing. *Food Chemistry*, 108: 642-648.
- López, G. (2003). Chilli: La especia del Nuevo Mundo. *Ciencias*, 69: 66-75.
- Liu, X., Lin, Y. (2003). Biological activity of capsaicin and its joint action with other pesticides. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 5: 94-96.
- Llanderal, A., García-Caparrós, P., Contreras, J. I., Segura, M. L. y Lao M. T. (2018). Evaluation of the Nutrients Variability in Sap of Different Petiole Samples in Tomato Plant, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49: 745-750.
- Maiani, G., Castón, M.J., Catasta, G., Toti, E., Cambrodón, I.G., Bysted, A., Granado-Lorencio, F., Olmedilla-Alonso, B., Knuthsen, P., Valoti, M., Böhm, V., Mayer-Miebach, E., Behnsilian, D., Schlemmer, U. (2009). Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Mol Nutr Food Res*, 53: 194-218.

- Maita, J.J., Guerra, P.J. (2015). Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de las hojas de *Ruta graveolens* (Ruda), mediante el método de macrodilución frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Tesis para optar el Título de Químico Farmacéutico. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos.
- Malkeja A, N., Bailey J, M.(1990). Antiplatelet constituents of garlic and onions. *Agent Actions*, 29:360-363.
- Marschner, H. (2011). Mineral Nutrition of Higher Plants. Marschner P (ed). Academic Press.
- Martin, K.L., Hodgen, P.J., Freeman, K.W., Melchiori, R., Arnall, D.B., Teal, R.K., Mullen, K., Desta, K., Phillips, S.B., Solei, J.B., Caviglia, O., Solari, F., Bianchini, A., Francis, D.D., Schepers, J.S., Hatfield, J.L., Raun, W.R. (2005). Plant-to plant variability in corn production. *Agronomy Journal* 97:1603-1611.
- Masabni, J. (2011). Collards/Kale. Department of Horticulture. Texas AgriLife Extension Service. Recuperado el 15 de noviembre de 2020, de <https://www.aggie-horticulture.tamu.edu/vegetable/files/2011/10/collardskale.pdf>
- Mejía, M. (2002). Agricultura sin Agro tóxicos. (2a ed). Cali, Colombia: Corporación Mi Nuevo Mundo.
- Mungia, A., Rosas, L., Campos, R.G., Quintero, A., Carrillo, M.L. (2017). Propiedades antioxidantes del extracto acuoso de *Brassica oleracea* var. sabellica. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* 3: 30-34 .
- Naidu, K.A. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal*, 2-7 .
- Nepomuseno, T. A., Moraes, E. M., Ribeiro, C.P.W., Macedo, J.E.K., Klosowski. E.S., Boes, S. G.A., Vinicius, B.A. (2020). Efeitos dos consórcios com quiabeiro nas características físicoquímicas da couve de folha sob manejo orgânico. *Braz. J. of Develop., Curitiba*. 6:79987-80001.
- Nilsson, J., Olsson, K., Engqvist, G., Ekvall, J., Olsson, M., Nyman, M. A., Kesson, B. (2014). Variation in the content of glucosinolates, hydroxycinnamic acids, carotenoids, total antioxidant capacity and lowmolecular-weight carbohydrates in Brassica vegetables. *J. Sci. Food Agric*, 86:528–538.
- NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana (2000). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 73 p.
- Oliveira, L.B., Accioly, A.M.A, Santos, C.L.R., Flores, R.A., Barbosa, F.S. (2014). Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 18(2), 157-164. Doi: 10.1590/S1415-43662014000200005
- Oxford Dictionary of Current English. (2009). Recuperado el 01 agosto de 2020, de <http://www.oxforddictionaries.com>.
- Palmer, S. (2010). Microgreens Become a Macro Trend to Follow. *Environmental Nutrition* 33, 8.

- Paz-Lago, D., A. Borges, Jr., A. Gutiérrez, A. Borges, Ramirez, M., A. (2000). Tomato *Fusarium oxysporum* interactions: II Chitosan and MSB induced resistance against FOL in young tomato plants. *Cult. Trop*, 21:17-20.
- Pereira, J.V., Santos, H.B., Agra, M.F., Guedes, D.N., Modesto-Filho, J. (2006). Use of cabbage leaves (*Brassica oleracea* var. acephala) in the stabilization of bone mass after menopause. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16: 345-349.
- Puenayan, A., Córdoba, F., Unigarro, A. (2010). Respuesta del brócoli *Brassica oleracea* var. Italica L. Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Nariño. *Revista de Agronomía*, 27:49-57.
- Quipuscoa, V.T.P., Quipuscoa, V.R.C. (2011). Determinación de algunas propiedades mecánicas de la lechuga fresca (*Lactuca sativa* L). Tesis Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Peru.
- Ramasasa, C. Garlic used as an effective insecticide, World Health Organization 1991. Guidelines for the assessment of herbal medicine. (2009) Geneva: World Health Organization.
- Reyes G., Cortéz, D. (2017). Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012). *Bioagro* 29: 45-52.
- Reyes-Munguía, A., Rosas-Trejo, L., Campos-Montiel, R.G., Quintero-Lira, A. y Carrillo-Inungaray, M. L. 2017. Propiedades antioxidantes del extracto acuoso de *Brassica oleracea* var. sabellica. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* 3-8: 30-34
- Rodríguez-Calampa, N.Y., Tafur-Torres, Z.K.L. (2014). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica. Centro de investigación de ingeniería ambiental, IV CONACIN, Perú.
- Romero, R., Morales, P., Pino, O., Cermeli, M., González, E. (2015). Actividad insecticida de seis extractos etanólicos de plantas sobre mosca blanca. *Revista de Protección Vegetal*, 30: 11-16.
- Rosales, P., González, P., Ramírez, J., Arzola, J. (2017). Selección de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares para el pasto guinea (*Megathyrsus maximus* cv. likoni). *Cult. Trop*. 38:24-30.
- Ruiz, J.I. (2013). Efecto Insecticida del extracto de ruda (*Ruta graveolens*) y albahaca (*Ocimum basilicum*) para el control de *Tribolium castaneum* bajo condiciones de laboratorio. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. División de Agronomía. Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Salisbury, F.B., Ross. C.W. (2000). Fisiología de las plantas. Thomson Editores Spain, Paraninfo S.S., Madrid.
- Sandoval-Villa, M., Sánchez-García, P., Alcántar-González, G. (2016). Principios de la hidroponía y el fertirriego. En Alcántar-Gonzalez et al. (2a ed), Nutricion de cultivos, México, D. F: Colegio de Posgraduados y Mundi–Prensa, pp. 321-367.
- Sait, G. (2003). Nutrition Rules. *Queensland, Australia: Soil Therapy Pty Ltd*. 313 p.
- Santacruz-Crespo, C. A. (2019). Elaboración de Biofertilizante a base de microorganismos de montaña activado, en estado sólido (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2019).

- SAS Institute Inc. (2010). STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS), version 9.0. SAS Institute Inc Cary NC., USA.
- StatSoft Inc. 2011. Statistica. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.
- Schröder, J. J., De Visser, W., Assinck, F. B. T., Velthof, G. L. (2013). Effects of short-term nitrogen supply from livestock manures and cover crops on silage maize production and nitrate leaching. *Soil Use and Manag.* 9:151-160. doi:10.1111/sum.12027
- Schweizer, S, Vargas, A. Salas, E. (2003). Caracterización de diferentes compost utilizando técnicas físicas, químicas y biológicas. *In: Soto, G; Descamps, P. eds. Memoria del I Encuentro Mesoamericano y del Caribe y II Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e investigadores en producción orgánica.* Editorial del Norte, Costa Rica. p. 66-67.
- Seaman, A. (2016). *Production Guide for Organic Cole Crops: Cabbage, Cauliflower, Broccoli, and Brussels Sprouts.* Publisher: New York State Integrated Pest Management Program, Cornell University (New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY). 73 pages. <https://hdl.handle.net/1813/42893>
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019). Datos abiertos. Estadística de producción agrícola. Recuperado el 15 de julio de 2020, de <http://www.infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
- SMN Servicio Meteorológico Nacional (2020). información estadística climatológica. <https://smn.cna.gob.mx/es/>
- SGN Servicio Geológico Nacional (2010). Banco de datos, consulta de información geológica. <https://www.sgm.gob.mx/geoinfoMexGobMx/>.
- Smilanick, J.L. & Sorenson, D. (2001). Control of postharvest decay of citrus fruit with calcium polysulfide. *Postharvest Biology and Technology*, 21: 157-168.
- Smith A.M. *et al.*, (2010). *Plant Biology.* Ed. Garland Science
- Srivastava, Lalit M. (2002). *Plant growth and development: hormones and environment* Ed. Academic Press.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture International Soc. For Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands, pp 633-649 .
- Soilless Culture International Soc. For Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp 633-649.
- Soto, G., Meléndez, G. (2003). Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. *In: Soto, G; Meléndez, G; Uribe, L. eds. Abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la Agricultura.* Centro de Investigaciones Agronómicas, Costa Rica. p. 59.
- Sullivan, D., Miller, R. (2001). Compost quality attributes, measurements and variability. *In: Stofella, P; Kahn, B. eds. Compost utilization in horticultural cropping systems.* Lewis, USA. p. 108-112.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal* Ed. Universitat Jaume-I.

- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., Murphy, A. (2014). *Plant Physiology* Ed. Sinauer.
- Tamayo, P. J., Becerra, D. C., Jaramillo, J. E. (2001). *Alternaria brassicae*, agente causal de la pudrición de la cabeza en coliflor (*Brassica oleraceae* L.var. botrytis L.). *ASCOLF Informa*, 27, 10-11.
- Tencio, R. (2017) Guía de elaboración y aplicación de bioinsumos para una producción agrícola sostenible. INTA, Costa Rica. 12 de noviembre 2020. Sitio web: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F08-10924.pdf>
- Tessaro, D., Matter, J. M., Kuczman, O., Furtado, L., Costa, L. A. D. M., Costa, M. S. S. M. (2012). Produção agroecológica de mudas e desenvolvimento a campo de couve-chinesa. *Ciênc. Rur.* 43:831-837. doi:10.1590/S0103-84782013005000036.
- Toledo, V. (2012), “Diez tesis sobre la crisis de la modernidad”, en *Polis*, N° 33, *PolisRevista Latinoamericana de Ciencias Sociales*, Santiago de Chile. doi : [10.4067/S0718-65682012000300014](https://doi.org/10.4067/S0718-65682012000300014)
- USDA United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, National Plant Germplasm System. (2020). Germplasm Resources Information Network (GRIN-Taxonomy). National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Recuperado el 23 de agosto de 2020, de <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysimple>.
- USDA United States Department of Agriculture (2016). National Nutrient Database for Standard Reference. Release 28. sitio web: <https://www.data.nal.usda.gov/search/type/dataset>
- Valladares, G., Garbin, L., Defago, M., Carpinella, C., Palacios, S. (2003). Actividad antialimentaria e insecticida de un extracto de hojas senescentes de *Melia azedarach* (Meliaceae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 62: 53–61.
- Vaz, J.C., Tavares, A.T., Haesbaert, F.M., Reyes, I.D.P., Rosa, P.H.L., Ferreira, T.A., Nascimento, I.R. (2019). Adubação NPK como promotor de crescimento em alface. *Rev. Agri-Environ. Sci.* 5, e019003. doi: 10.36725/agries.v5i0.1215
- Venegas, V. C. (1996). Fundamentos básicos de nutrición vegetal aplicados en producción de brócoli. *In: Seminario en tecnologías para producir altos rendimientos y buena calidad de brócoli y coliflor. SQM-Nitratos Chilenos, Irapuato, Gto. Ed. Año 2000, S.A. p 214.*
- Verhulst, N., Govaerts, B., Sayre, K.D., Deckers, J., Francois, I.M., Dendooven, L. (2009). Using NDVI and soil quality analysis to assess influence of agronomic management on within-plot spatial variability and factors limiting production. *Plant & Soil* 317:41-59.
- Vilar, M., Cartea, M. E., Padilla, G., Soengas, P., & Velasco, P. (2008). The potential of kales as a promising vegetable crop. *Euphytica*, 159: 153–165. doi.org/10.1007/s10681-007-9468-5
- Villarreal, J., B. Name y R. Garcia. (2012). Monitoreo de cambios en la fertilidad de suelos por medio de análisis de laboratorio. *Agron. Mesoam*, 23:301-309.
- Weissenberg, M., Klein, M., Meisner, J., Ascher, K. (1986). Larval growth inhibition of the spiny bollworm, *Earias insulana*, by some steroidal secondary plant compounds. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 42: 213–217.

- Werdin González, J.O., Gutiérrez M, M., Murray A, P., y Ferrero A, A., (2011). Composition and biological activity of essential oils from Labiatae against *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) soybean pest. *Pest Management Science*, 67: 948-955.
- Williamson , D.J., Edwards, D., Hamernig, I., Jian, L., James, A.P., Johnson, S.K., Tapsell, L.C. (2013). Vegetables containing phytochemicals with potential anti-obesity properties: a review. *Food Research International*, 52: 323-333.
- Wu, L., Martínez, C. (2000). Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality* 29:424-429.
- Zapata, L.M., Malleret, A., Quinteros, C.F., Lesa, C., Vuarant, C.O., Rivadeneira, M.F., & Gerard, J. (2010). Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 21: 159-171.
- Zewdie, Y., Bosland, P. (2000). Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica*, 111:185–190.

ANEXOS

Anexo 1. Opciones de consumo del kale

En las redes sociales se menciona al kale como un superalimento de moda. Dentro de las características nutrimentales más importantes es que tiene 45 kcal por 100g, un alto nivel de proteína y fibra, así como niveles altos de Ca, K, Mg, Fe y Zn y vitaminas A, C, E, y K.

Motivo por el cual se integran como una estrategia de vinculación algunas recetas para aprender a consumir esta hortaliza de hoja, que debería consumirse más entre la población mexicana. Su producción tiene varias ventajas, es un cultivo que resiste altas y bajas temperaturas, el cultivo en producción comercial dura hasta dos años, pero en un hogar puede dejarse en el jardín y de ahí cortar las hojas que se requieran y dura hasta cinco años. Es un cultivo poco demandante de nutrimentos y es posible cultivarlo en macetas o directo en suelo en un jardín. Por sus características también puede ser utilizada como planta de ornato.

Recetas

Kale salteado con ajo

Ingredientes:

10 hojas de kale limpio

1 cebolla mediana

2 dientes de ajo

Jugo de 1 limón

Aceite de oliva virgen

1 taza de pan molido

Sal al gusto

Preparación: Lavar las hojas y cortarlas en tiras. En un recipiente colocar el kale y agregar el jugo de limón y una pizca de sal para que las hojas se ablanden y tomen el sabor del limón. Dejar reposar unos minutos posteriormente cortar los ajos en láminas, picar la cebolla finamente. En un sartén con un poco de aceite de oliva, agregar los ajos y la cebolla y sofreír. A continuación, añadir la taza de pan molido que dará consistencia al plato. Sazonar con sal y remover para que se integre con la cebolla y el ajo. Por último, incorporar las hojas de kale maceradas en limón y saltear todo junto durante 7 minutos hasta que las hojas se ablanden y servir.

<https://okdiario.com/recetas/kale-salteado-ajo-3101056>

Smoothie de kale y piña

Ingredientes:

3 hojas de kale

1 rebanada de piña

hielo

100 ml de agua

Preparación: Lavar y desinfectar el kale, posteriormente colocar todos los ingredientes en la licuadora, licuar por dos minutos, servir.

Chips de kale

Ingredientes:

10 hojas de kale
una cucharada de aceite de oliva
sal al gusto
guacamole

Preparación: Lavar y desinfectar las hojas, secarlas con papel absorbente para eliminar el exceso de agua. Colocar en una charola para hornear y añadir el aceite, mezclar. Llevar al horno precalentado a 175°C durante 8 minutos, voltearlos y hornear 4 minutos más, servir como botana.

<https://www.pequerecetas.com/receta/recetas-con-kale-berza-col-rizada-faciles-saludables/>

Kale con salsa de soya y almendras

Ingredientes:

4 dientes de ajo
8 hojas de kale
30 gramos de almendras rebanadas
4 cucharadas de salsa de soya
1 cucharada de aceite de oliva extra virgen
sal y pimienta al gusto
100 gramos de granada

Preparación: Lavar y desinfectar las hojas de kale, cocerlas a vapor hasta que estén un poco tiernas (10 minutos aproximadamente) y dejarlas en un colador para que escurran el agua. Pelar los ajos y picarlos finamente. Poner un sartén a calentar y añadir el aceite de oliva. Una vez caliente el sartén, añadir los ajos y dejar que aromaticen el aceite. Añadir el kale y las almendras antes de que los ajos tomen color, sofreír unos minutos a temperatura media, hasta que el kale esté tierno y las almendras empiecen a dorarse. En ese momento añadir la salsa de soya y saltar unos minutos más. Servir decorando con la granada.

<https://www.telam.com.ar/notas/201708/197909-kale-recetas-gastronomia-tendencias.html>

Anexo 2. ANOVA de variables agronómicas en plantas de kale en muestreo 102 ddt bajo cinco tratamientos.

Fuente de variación	PFH	PSH	Ca ²⁺	K ⁺
TRAT	*	*	**	**
C.V. (%)	32.37	31.02	24.31	15.67
R ²	0.1019	0.1265	0.1964	0.3017
MEDIA	63.57	9.62	2893	514.9
DMS	10.09	2.62	618.5	70.97

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación; R²= Coeficiente de determinación; DMS= Diferencia mínima significativa PFH= peso fresco de hoja; PSH= peso seco de hoja; Ca²⁺= Contenido de calcio en extracto celular; K⁺= Contenido de potasio en extracto celular; **= Altamente significativo (P≤0.001); *= significativo (P≤0.05); NS=no significativo (P>0.05).

Anexo 3. Comparación de medias para las variables PFH (peso fresco de hojas), PSH (peso seco de hojas), contenido de potasio y calcio en extracto celular de hojas de kale en muestreo a los 102 ddt

Tratamiento	PFH	PSH	Ca ²⁺	K ⁺
T1 (Testigo)	53.00 b	7.76 b	3065 ab	533 ab
T2 (FO)	62.15 ab	9.39 ab	2545 b	466 bc
T3 (FM)	73.45 a	11.04 a	2525 b	443 c
T4 (FO+FFO)	61.90 ab	9.53 ab	2900 ab	576.5 a
T5 (FM+FFM)	67.35 ab	10.40 a	3430 a	556 a

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey (P<0.05). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo+ foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.

Anexo 4. ANOVA de variables agronómicas en plantas de kale en muestreo 116 ddt bajo cinco tratamientos.

Fuente de variación	PFH	PSH	AH
TRAT	**	**	**
C.V. (%)	29.74	29.67	15.32
R ²	0.15	0.15	0.19
MEDIA	76.15	10.53	15.36
DMS	19.91	2.74	2.06

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación; R²= Coeficiente de determinación; DMS= Diferencia mínima significativa PFH= peso fresco de hoja; PSH= peso seco de hoja; AH= ancho de hoja; **= Altamente significativo (P≤0.001); *= significativo (P≤0.05); NS=no significativo (P>0.05).

Anexo 5. Comparación de medias para las variables PFH (peso fresco de hojas), PSH (peso seco de hojas), AH (ancho de hoja) en muestreo 116 ddt

Tratamiento	PFH	PSH	AH
T1 (Testigo)	62.25 b	8.57 b	13.60 c
T2 (FO)	74.55 ab	9.97 ab	14.75 bc
T3 (FM)	75.40 ab	10.83 ab	15.50 abc
T4 (FO+FFO)	92.35 a	12.58 a	16.90 a
T5 (FM+FFM)	76.20 ab	10.71 ab	16.05 ab

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo+ foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.

Anexo 6. ANOVA de la variable largo de hoja (LH) de kale en tres muestreos bajo cinco tratamientos

Fuente de variación	Muestreo I (88 ddt)	Muestreo II (102 ddt)	Muestreo III (116 ddt)
TRAT	*	*	**
C.V. (%)	16.81	15.69	15.71
R ²	0.10	0.08	0.20
MEDIA	32.65	15.14	33.48
DMS	4.82	4.40	4.62

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación. **= Altamente significativo ($P \leq 0.001$); *= significativo ($P \leq 0.05$); NS=no significativo ($P > 0.05$).

Anexo 7. Comparación de medias para la variable largo de hoja (cm) en los tres muestreos realizados

Tratamiento	Muestreo I (88 ddt)	Muestreo II (102 ddt)	Muestreo III (112 ddt)
T1 (Testigo)	30.02 c	30.01 c	30.15 c
T2 (FO)	31.70 c	32.63 b	31.80 bc
T3 (FM)	34.90 a	35.36 a	33.10 b
T4 (FO+FFO)	34.65 ab	32.46 bc	37.95 a
T5 (FM+FFM)	32.00 bc	33.03 ab	34.40 b

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo+ foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.

Anexo 8. Rangos promedio (Wilcoxon) y prueba de Kruskal-Wallis para la variable firmeza de hoja de kale en los tres muestreos realizados

Tratamiento	Muestreo I (88 ddt)	Muestreo II (102 ddt)	Muestreo III (112 ddt)
T1 (Testigo)	37.55	57.95	55.37
T2 (FO)	56.90	50.95	57.17
T3 (FM)	50.72	55.42	38.90
T4 (FO+FFO)	58.52	42.70	55.47
T5 (FM+FFM)	48.80	45.47	45.57
χ^2	6.62	3.94	5.98
Pr > χ^2	0.15	0.41	0.20
Significancia	ns	ns	ns

ns= No significativo ($P > 0.05$).

Anexo 9. ANOVA de variables fisiológicas en plantas de kale en muestreo realizado 260 ddt

Fuente de variación	INV	NO ₃ -	K ⁺	pH
TRAT	**	*	*	**
C.V. (%)	4.02	18.52	12.24	3.65
R ²	0.35	0.44	0.37	0.77
MEDIA	0.73	1572.75	786.80	6.32
DMS	0.02	370.26	122.39	0.29

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación; R²= Coeficiente de determinación; DMS= Diferencia mínima significativa INV= Índice normalizado de vegetación; NO₃-= Contenido de nitratos en extracto celular; K⁺= Contenido de potasio e extracto celular; pH= pH en extracto celular **= Altamente significativo (P≤0.001); *= significativo (P≤0.05); NS=no significativo (P>0.05).

Anexo 10. Comparación de medias para las variables INV (índice normalizado de vegetación), contenido de nitratos y potasio en extracto celular y pH en hojas de kale en muestreo a los 260 ddt

Tratamiento	INV	NO ₃ -	K ⁺	pH
T1 (Testigo)	0.70 d	1118.3 b	662 b	6 c
T2 (FO)	0.73 bc	1586.3 a	760 ab	6.6 b
T3 (FM)	0.71 cd	1851.8 a	852 a	6 c
T4 (FO+FFO)	0.74 ab	1734.8 a	815 a	6 c
T5 (FM+FFM)	0.76 a	1572.8 a	845 a	7 a

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey (P<0.05). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo+ foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.

Anexo 11. ANOVA de la variable contenido de Vitamina de C (mg) en hojas secas a 30°C de plantas de kale en tres muestreos bajo cinco tratamientos

Fuente de variación	Muestreo I (88 ddt)	Muestreo II (102 ddt)	Muestreo III (116 ddt)
TRAT	**	**	**
C.V. (%)	10.16	6.58	6.27
R ²	0.9331	0.9322	0.9281
MEDIA	99.19	142.44	188.15
DMS	19.07	17.74	22.33

TRAT= tratamiento; C.V.= coeficiente de variación. **= Altamente significativo (P≤0.001); *= significativo (P≤0.05); NS=no significativo (P>0.05).

Anexo 12. Comparación de medias para la variable contenido de Vitamina C (mg) en los tres muestreos realizados

Tratamiento	Muestreo I (88 ddt)	Muestreo II (102 ddt)	Muestreo III (112 ddt)
T1 (Testigo)	53.91 d	109.98 c	143.62 c
T2 (FO)	101.94 b	150.03 b	189.01 b
T3 (FM)	73.13 c	109.98 c	156.44 c
T4 (FO+FFO)	116.39 b	148.43 b	199.69 b
T5 (FM+FFM)	150.56 a	193.81 a	252.02 a

Valores con diferente letra dentro de la gráfica, son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Símbolo “I” dentro de la gráfica indica la desviación estándar. Testigo; FO=fertilización orgánica al suelo; FM= fertilización mineral al suelo; FO+FFO=fertilización orgánica al suelo+ foliar orgánica; FM+FFM=fertilización mineral al suelo y foliar mineral.