

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de la Harina de Rocas Sobre la Producción de Col China (*Brassica campestris*
L. sp. pekinensis)

Por:

ITZEL PAOLA TEJEDA GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de la Harina de Rocas Sobre la Producción de Col China (*Brassica campestris*
L. sp. pekinensis)

Por:

ITZEL PAOLA TEJEDA GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el comité de Asesoría:

Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor Principal

Dr. José Refugio Méndez Vázquez
Asesor Principal Externo

Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor

Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Coasesor

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Noviembre, 2022

Declaración de no plagio.

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Agradecer al Dr. Armando Hernández Pérez por sus enseñanzas y por permitir que
pase en mí y aprovechar o usaré toda mi estancia en la universidad



Pasante

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida, al **universo** por ser y estar. Por reconfortarme cada vez que caigo, por dejarme crecer como persona.

Agradezco a mi **ALMA MATER** por ser lo mejor de mi vida, por las oportunidades y mostrarme de lo que soy capaz.

Agradezco a mis maestros, por brindarme sus conocimientos, por su paciencia los admiro mucho.

Agradezco al **Dr. Armando Hernández Pérez**, por sus enseñanzas y aprendizaje, por creer en mi y apoyarme durante toda mi estancia en la universidad.

DEDICATORIA.

Agradezco eternamente a mis padres **Georgina García Mancilla** y **Miguel Tejada López**, por su infinita bondad y paciencia. Por dejarme ser y encontrar mi camino, y compartir esta experiencia, los quiero mucho siempre.

A **Refu** por estar conmigo apoyándome y guiándome durante este proceso de experimentación, por escucharme, creer en mí y motivarme para ser una mejor persona cada día. Eres una increíble persona te admiro mucho, eres lo mejor que la vida pudo darme.

A mis compañeros y amigos que conocí durante mi estancia en la universidad. Gracias por las risas y los buenos días. por escucharme y estar cuando los necesito. Por siempre en mi corazón.

INDICE DE CONTENIDO.

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	VII
Objetivos generales.....	2
Objetivos específicos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Origen e historia.....	3
Descripción Botánica.....	3
Características organolépticas.....	3
Importancia económica.....	4
Etapas de fenológicas.....	5
Densidad de siembra.....	5
Fertilización y características edafológicas.....	5
Disponibilidad de Fosforo en el suelo.....	6
Disponibilidad de Potasio en el suelo.....	7
Enmiendas minerales y orgánicas.....	7
Abonos orgánicos.....	8
Lombricomposta.....	8
Harina de rocas.....	8
Harina de rocas basálticas.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Material genético.....	10
Siembra en charola.....	10
Instalación del experimento.....	11
Trasplante.....	11

Tratamientos.....	11
Manejo del cultivo.	12
Riego y nutrición.....	12
Control de plagas y enfermedades.....	13
Aspectos a evaluar.	13
Diseño del experimento y análisis estadístico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSION	15
CONCLUSION	23
BIBLIOGRAFÍA	24

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Efecto de la Harina de rocas sobre el peso fresco en col china (B. sp Pekinensis).....	15
Figura 2. Efecto de la Harina de rocas sobre la altura en col china (B. sp Pekinensis).	16
Figura 3. Efecto de la harina de rocas sobre el número de hojas en col china (B. sp Pekinensis).....	17
Figura 4. Efecto de la harina de roca sobre el diámetro en col china (B. sp Pekinensis)	17
Figura 5. Efecto de la harina de rocas sobre la concentración de NO_3^- en el tejido foliar en col china (B. sp Pekinensis)..	18
Figura 6 Efecto de la harina de rocas sobre la concentración de Potasio en el tejido foliar en col china (B. sp Pekinensis)..	19
Figura 7. Efecto de la harina de rocas sobre los grados Brix° en el tejido foliar en col china (B. sp Pekinensis).....	20
Figura 8 Efecto de la aplicación de harina de rocas y el pH del tejido foliar en col china (B. sp Pekinensis).....	20
Figura 9 Efecto de la harina de rocas sobre la conductividad eléctrica en tejido foliar en col china (B. sp Pekinensis)..	21
Figura 10 Efecto de la harina de rocas sobre la concentración de clorofila a, b y clorofila total en col china (B. sp. Pekinensis).	22

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutritiva de las coles chinas por	4
Cuadro 2. Etapas de crecimiento de col china (<i>Brassica campestris</i> L. sp. <i>pekinensis</i>)	5
Cuadro 3. Cuadro de tratamientos.	11
Cuadro 4. Composición química de la harina de rocas	12

RESUMEN

El aumento de la población sugiere el alza en la producción y utilización de fertilizantes químicos para abastecer la demanda alimenticia, entre los problemas que causa son: pérdida de suelos, contaminación de mantos acuíferos, disminución de microorganismos entre otros, ya que los minerales son fundamentales para el desarrollo de las plantas, la disminución de estos podría afectar en el rendimiento. El uso de enmiendas minerales como la harina de rocas es una estrategia para producir una agricultura sostenible. La presente investigación se desarrolló con la finalidad de evaluar diferentes dosis de harina de rocas en los parámetros morfológicos del crecimiento de col china (*B. Sp pekinensis*). Se establecieron 3 dosis de harina de rocas (1, 2 y 3 t ha⁻¹) con una fertilización de nitrógeno (N) al 100%, fósforo 50% (P) y potasio al 50% (K) y un testigo convencional al 100% de NPK. Se evaluó: Peso fresco, Número de hojas, Diámetro, Altura, concentración K⁺ y NO₃⁻, C.E, °Brix, Clorofila a, b y total. De los parámetros evaluados, dosis de 1, 2 y 3 t ha⁻¹ de harina de roca mostraron efectos significativos en peso fresco, número de hojas, NO₃⁻, C.E y clorofilas a b y totales en comparación al testigo. Por lo que el suministrar dosis de harina de roca, mejora parámetros sin la pérdida de rendimientos, siendo una alternativa sostenible para sustituir parte de la fertilización química y seguir produciendo alimentos.

Palabras clave: crecimiento, sostenible, rendimiento, fertilización química

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la agricultura produce una gran cantidad de alimentos, y una inmensurable producción de fertilizantes químicos (Eissa, 2017). Se extraen al año aproximadamente 39 millones de toneladas de P_2O_5 y 220 millones de toneladas de K_2O (Jasinski, 2016). El aumento en la producción de los fertilizantes fue incrementando al elevar la productividad de plantas agrícolas, aumentando también el uso de agua y la alteración en el ecosistema del suelo. Se espera que la población de 8 000 millones alcance los 8 300 millones para el 2030 y hacia el 2050 alcance 9 300 millones de personas FAO (2022). La producción de alimentos tendrá que subastar al alza de la población y el aumento en la producción de fertilizantes (Franz *et al.*, 2016; Wangga, 2015). La aplicación en grandes cantidades provoca problemas como: la pérdida de la textura y fertilidad de suelos, la disminuíble cantidad de microorganismos, la contaminación de mantos freáticos y el alza en costos de producción; nos ha llevado a la búsqueda de acciones que pretendan nutrir a los cultivos de una manera más sostenible, y producir alimentos que puedan proveer a la población.

Por otra parte, hay nutrientes esenciales que no pueden dejar de suministrarse al suelo por la demanda que requieren los cultivos durante su ciclo, que su disponibilidad se verá afectada en el rendimiento de los cultivos (Wang *et al.*, 2021). Existen enmiendas minerales como la harina de rocas, con un contenido alto de minerales que la planta al igual que el N son muy importantes, las plantas los necesita en cantidades mayores como el fosforo y potasio (da Silva *et al.*, 2017), para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y que es utilizado en la agricultura orgánica (Maliszewski, 2021), pudiendo estos ser adecuados para su uso como fertilizantes (Manning y Theodoro, 2020). La col china es una hortaliza aprovechable por sus hojas rica en vitaminas y minerales, con buena fuente de antioxidantes, México produce 214 mil toneladas durante el ciclo de verano e invierno aun que no se sabe específicamente cuanto se produce del género sp. *Pekinensis*, es una hortaliza con un alto potencial económico (SADER, 2019)

Objetivos generales.

Evaluar el efecto de la harina de rocas sobre el crecimiento y rendimiento de la col china (*Brassica campestris* L. sp. *pekinensis*).

Objetivos específicos.

Evaluar el efecto de la aplicación de harina de rocas en las concentraciones de iones nitrato y potasio en tejido foliar de la col china.

Determinar el efecto de la aplicación de harina de rocas en el crecimiento y de la concentración de clorofila a, b y total en hojas de col china.

Evaluar el efecto de la aplicación de harina de rocas en el rendimiento de col china.

Hipótesis.

Al menos una dosis de harina de rocas mejorará el crecimiento, concentración de iones y rendimiento de la col china. (*B. campestris* sp. *pekinensis*).

II.

REVISIÓN DE LITERATURA.

Origen e historia.

La col china (*B. Pekinensis*) pertenece a la familia *cruciferae*, es una planta con origen en el extremo oriente y cultivada en china hace 1500 años, llegaron a Japón a mediados del siglo XIX, y es caracterizada por formar cogollos apretados. Fue expandiendo su consumo y cultivo en Europa a mediados de 1970 (Maroto, 2002).

Descripción Botánica.

Es una hortaliza que se divide en dos taxones distintos. *Brassica pekinensis* (Lour) Rupr con características como un limbo y nerviaciones pronunciadas que llega a la base del peciolo, con aspecto blanquecino, grandes hojas dentadas y alargadas como la lechuga, puede formar cogollos y puede llegar a medir entre 50 y 60 cm. *Brassica chinensis* L. aprovechada por la roseta que forma, tiene hojas con un peciolo ancho y de color blanquecino, muy parecida a la acelga (Maroto, 2002)

Características organolépticas.

La col china (*B. sp Pekinensis*) es un importante cultivo vegetal herbáceo de hojas ricas en el contenido de proteínas, vitaminas como las vitaminas (C, B9, K) así como minerales, además es baja en calorías, grasas y carbohidratos, pero es una buena fuente de compuestos antioxidantes (Singh *et al.*, 2004; Narayan *et al.*, 2018).

Cuadro 1. Composición nutritiva de las coles chinas por cada 100 g de materia fresca.

Propiedad	Concentración
Agua	95 %
Proteína	1.2 %
Grasas	0.8 %
Hidratos de Carbono Totales	3 %
Fibras	0.6 g
Calcio	43 mg
Fósforo	40 mg
Hierro	0.6 mg
Sodio	23 mg
Potasio	253 mg
Vitamina A	150 mg
Tiamina	0.05 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.26 mg
Ácido Ascórbico	25 mg
Valor Energético	14 cal.

Maroto, 2002.

Importancia económica

La Col china es una de las hortalizas más importantes del este de Asia, China presentan más de una cuarta parte del consumo anual, también se cultivan alrededor del mundo y en los últimos años se ha establecido como un importante cultivo vegetal. La col china es un cultivo con un rendimiento promedio de 100 t ha⁻¹ (Magnusson, 2002).

México se encuentra entre los 10 principales países importadores de col con 20 t ha⁻¹ esto engloba todas las Brassicas oleraceas salvo el brócoli y la coliflor (FAO, 2000).

Etapas de fenológicas.

El desarrollo de las plantas de col china esta divididas en las siguientes fases (Maroto, 2002):

Cuadro 2. Etapas de crecimiento de col china (*B. campestris* L. sp. pekinensis)

Estadio I	Crecimiento
Estadio II	Incremento máximo del número de hojas
Estadio III	Incremento máximo del peso de hojas
Estadio IV	Incremento en la formación del cogollo
Estadio V	Período de recolección

La época clásica de siembra puede ser desde el fin de julio a fin de agosto, siembras tempranas originan un crecimiento irregular, ya que las temperaturas adecuadas para los estadios I y II son de entre 18-20 °C, mientras que para el estadio III son de 15 - 16 °C, y por ultimo los estadios IV y V con temperaturas entre 10 y 13 °C.

Densidad de siembra.

La siembra recomendada por autores como Maroto (2002), es que deben contar con una distancia de 30 cm de separación entre planta y planta y distancia entre surco de 70 cm.

Fertilización y características edafológicas.

Se trata de un cultivo exigente en nitrógeno, de desarrollo muy rápido y gran crecimiento activo, de forma que requiere que el suelo esté bien provisto de elementos,

las cantidades recomendadas de N son de 100 Kg ha⁻¹ y 60 Kg ha⁻¹ de fosforo, así como de potasio (Tripathi *et al.*, 2018)

La col china requiere una cantidad considerable de nutrientes para un rápido crecimiento en un corto período de tiempo y prospera bien en un suelo franco arcilloso, se recomienda aplicar materia orgánica para mejorar las características del suelo.

El suelo ideal para el cultivo de la col china sería aquel de textura media además de contar con una buena porosidad, buena retención de humedad y el pH adecuado para la planta es entre 6,5 y 7 (SIAP, 2022)

Disponibilidad de Fosforo en el suelo.

El fosforo (P) es un macroelemento indispensable para la planta ya que forma parte de enzimas, ácidos nucleicos y proteínas, es parte primordial en los procesos de transferencia de energía; la forma soluble y disponible para las plantas se encuentra en forma de (HPO₄²⁻) y (H₂PO₄⁻), la forma de suministrar el P es de mucha importancia, ya que el fosforo en las plantas es necesario para la respiración, fotosíntesis, funcionamiento celular y en la transferencia y reproducción de genes (Quiroga y Bono, 2012).

El P tiene muy poca movilidad en la solución del suelo, por lo que la residualidad de este puede ser aprovechada por cultivos posteriores, las plantas no acumulan fosforo por eso la importancia en el suministro de fertilizante para un buen desarrollo. Los Síntomas de deficiencia de fosforo son notables en el retardo del crecimiento, viéndose afectada la producción de rendimiento en cultivos intensivos (Quiroga y Bono, 2012).

Disponibilidad de Potasio en el suelo.

El potasio (K) es un mineral indispensable en el crecimiento y desarrollo de la planta, es parte de los macronutrientes y es muy importante ya que actúa en varios procesos metabólicos, como activador de enzimas, fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos. Del 2% al 10% del potasio se encuentra en el peso seco de las plantas ya que es el catión más abundante en las células vegetales (Leigh y Jones, 1984).

Las formas en que el K está en el suelo son potasio estructural que se encuentra entre un 90 a un 99% de los iones en el suelo, K soluble se encuentra en la solución del suelo y es aprovechado por las plantas, el K intercambiable actúa en el complejo de intercambio con otros iones y el K fijado que se ubica en las Inter láminas de las arcillas que puede ser luego disponible para las plantas (Conti, 2000).

Enmiendas minerales y orgánicas.

El uso de enmiendas minerales y orgánicas en la agricultura puede desempeñar un papel importante ya que su labor fundamental es el aporte de nutrientes. Los suelos carecen de minerales por lo que la aportación debe realizarse con un análisis de este, ya que el uso inadecuado y excesivo puede llegar a ser altamente tóxico para el suelo que puede causar acidificación o salinización, contaminación de aguas subterráneas y la inmovilización de nutrientes esenciales (Pampuro, *et al*, 2017).

La agricultura actual ha optado por incorporar a sus prácticas la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales, ya que por su composición incluso pueden llegar a reemplazar fertilizantes químicos gracias a su gran aporte mineral esto dependerá de su composición (Guzmán, 2021). En la actualidad optan por incorporar al suelo diversas enmiendas ya que se plantea una alternativa rentable y sostenible.

Abonos orgánicos.

Los abonos Orgánicos implican la conversión de desechos orgánicos mediante la descomposición dada por microorganismos y lombrices a un producto llamado humus como el compost, estiércol de animal, purines, residuos de cultivos etc (Abbott *et al.*, 2018) aplicados al suelo de maneja correcta este puede mejorar significativamente el suelo, mejorando la estructura, nutrición del suelo y rendimiento (Ramos *et al.*,2019).

Lombricomposta.

El humus de lombriz es el resultado de la descomposición de digerir de las lombrices usado en la agricultura, beneficioso para el crecimiento de las plantas (Lara-Capistrán *et al.*, 2021) entre algunas mejoras físicas y químicas que la aplicación de vermicompost da al suelo son mejora la estructura, aireación, porosidad, densidad aparente y retención de agua, pudiendo disminuir el uso de fertilizantes químicos por el aporte de minerales (Olivares-Campos *et al.*, 2012; Lim *et al.*, 2015).

Harina de rocas.

El proceso para obtener la harina de roca se basa en someter la roca en un molino para lograr una molienda y así agilizar la meteorización el resultado será un polvo con una menor granulometría (Kleiv y Thornhill, 2007) están compuestas por minerales que forman moléculas en las células necesarias para el crecimiento y desarrollo de la planta, algunos diferentes microelementos encontrados son: Aluminio, Silicio, Azufre, Hierro, Cobre, Manganeseo, Zinc y Molibdeno entre otros. Mejora la respiración de microorganismos (Bennike *et al.*, 2019). Entre las harinas de rocas más comunes son la roca fosfórica, diferentes tipos de zeolita, micaxistos, serpentinita,

fosforita, marmolita, apatita, granito, basalto, yeso agrícola, cal dolomita, cal magnésica, silicatos, entre otras (Zhang *et al.*, 2017). Los beneficios del uso de harina de rocas son:

- En algunos casos son productos más baratos que los fertilizantes de síntesis química.
- No contaminan el suelo.
- Se favorece rápidamente la disponibilidad de nutrientes mayores y menores para las plantas.

Algunos diferentes tipos de roca incorporadas al suelo pueden seguir proporcionando nutrientes por un periodo de hasta cinco años después (Theodoro *et al.*, 2013).

Harina de rocas basálticas.

La formación de esta roca ígnea se produce cuando el magma del interior de la tierra sale a la superficie y se solidifica, son ricas en elementos importantes necesarios para el desarrollo vegetal como el silicio, hierro, aluminio, calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, cobre, cobalto, zinc, fósforo, y azufre, entre otros. El proceso de transformación de rocas a harina consiste en la molienda de estas hasta un producto pulverizado agilizando la meteorización. En la agricultura se ha encontrado un efecto positivo en cuanto a que mejora la formación de los órganos reproductivos, aumenta el desarrollo y el vigor de la raíz, promueve la maduración homogénea de los cultivos, mejora la tolerancia de la sequía e incrementa la resistencia de ataques de hongos patógenos, por su composición de oligoelementos que estimula el sistema de defensa de las plantas, así como el contenido nutraceútico, son algunos de sus beneficios (Maliszewski, 2021)

III.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo del 10 de julio al 27 de septiembre del 2020, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, en un macro túnel de 5.30 m por 12.10 m ubicado en el Departamento de Horticultura con una localización geográfica de 25° 23' 42" de latitud norte, 100° 50' 57" de longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm. En el área se encuentra un suelo de texturas Migajón Arcilloso, por lo que es considerado un suelo medianamente rico.

Material genético.

Se utilizó semilla de col china de variedad pekinensis, temprana, que se caracteriza por sembrarse en primavera y verano y suele cubrir su ciclo en menos de 70 días, con nerviaciones y peciolo pronunciados con un aspecto color blanco formando cogollos apretados.

Siembra en charola.

Las semillas de col china fueron sembradas en una charola de germinación de poliestireno de 200 cavidades, utilizando un sustrato de peat-moss y perlita 2:1 posteriormente fueron humedecidas y tapadas con plástico negro para mantener la humedad y temperatura deseables para su germinación.

Instalación del experimento.

Los surcos se les incorporó lombricomposta a una dosis de 5 t ha⁻¹ y aplicando los tratamientos de harina de roca. Se puso doble cintilla en cada surco con emisores a 20 cm, conectadas a una tubería secundaria de distribución, los riegos se suministraron cuando planta lo requería, aproximadamente cada 2 días por 6 horas.

Trasplante.

El trasplante se realizó el 17 de agosto del 2020 en surcos de 2 m² con una distancia de 30cm entre planta teniendo 4 tratamientos con un total de 128 unidades experimentales.

Tratamientos.

Los tratamientos aplicados fueron 1, 2 y 3 t ha⁻¹ de harina de rocas por Garay et. Al (2016) con una nutrición de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 60 kg ha⁻¹ de fosforo y 60 kg ha⁻¹ potasio. En el tratamiento testigo se fertilizó de manera convencional y la dosificación fue basada por el análisis de tejido de peciolo.

Cuadro 3. Cuadro de tratamientos.

Tratamiento.	Harina de roca (t ha ⁻¹)	Fertilización
Testigo	0	N (100%) P (100%) K (100%)
T1	1	N (100%) P (50%) K (50%)
T2	2	N (100%) P (50%) K (50%)
T3	3	N (100%) P (50%) K (50%)

Cuadro 4. Composición química de la harina de rocas.

Nutrientes	Concentración (ppm)
Calcio	222,300
Fosforo	45,600
Magnesio	78,300
Azufre	113,900
Potasio	15,900
Silicio	193,300
Hierro	18,200
Cobre	7.13
Manganeso	17.2
Zinc	42.6
Boro	43.4
Níquel	42.6

Manejo del cultivo.

Riego y nutrición.

La nutrición fue basada en el extracto de peciolo para la distribución de nitrógeno 100 kg ha⁻¹ y 60 kg ha⁻¹ de fosforo y potasio (Tripathi *et al.*, 2018), disminuyendo la dosis de fosforo y potasio al 50% y manteniendo el nitrógeno en 100%, y se suministró la dosis de fertilizante a cada tratamiento vía fertirriego.

Control de plagas y enfermedades.

Durante el ciclo del cultivo se presentó la plaga de gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) controlándose con dosis recomendadas de cipermetrina, y un monitoreo constante de plagas.

Aspectos a evaluar.

- **Peso fresco:** Fue determinado en la cosecha con una báscula de 5kg marca Zantul®.
- **Altura:** Se determinó la longitud de la planta al transcurrir 50 ddt en la cosecha con un flexómetro marca Pretul con escala de 0 a 5m.
- **Diámetro:** Los datos se obtuvieron utilizando una cinta métrica de 100cm.
- **Número de hojas:** El conteo de hojas fue de forma manual, al momento de la cosecha.

VARIABLES OBTENIDAS CON MUESTRAS DE TEJIDO VEGETAL:

- **Iones:** Fueron tomados con medidores de iones NO_3^+ y K^+ marca LAQUATWIN con escala de 4 a 9900 ppm (Mg/L).
- **Grados Brix:** Se tomaron las muestras y se maceraron en un mortero y analizadas con un refractómetro Sper científico modelo 300002.
- **C.E:** Tomada con un medidor de C.E marca LAQUATWIN con un rango de 2 a 19.99 MC/CM.
- **pH:** Determinada por un medidor LAQUATWIN de PH.
- **Clorofila:** Fue analizada en laboratorio con un espectrofotómetro UV-Vis Thermo Fisher Scientific, modelo G10S, MA, USA, se tomó tejido de hoja en fresco, el método con el cual se estimó fue propuesto por Arnon (1949) modificado por Munira *et al.*, 2015 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

Diseño del experimento y análisis estadístico.

El experimento fue establecido bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos, 32 repeticiones y 128 unidades experimentales, se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias LSD Fisher ($p \leq 0.05$) con el software estadístico INFOSTAT versión 2018.

IV.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el peso fresco de las plantas de col china desarrolladas en diferentes dosis de harina de rocas se obtuvo diferencia significativa (Figura 1). El mayor peso fresco se registró en aquellas plantas crecidas con una dosis de 1 t ha⁻¹ y 3 t ha⁻¹ de harina de rocas, este aumentó fue en promedio 36 % con respecto a las plantas testigo. Este incremento del peso de col china puede ser debido a la composición y la solubilidad de la harina de rocas. Puesto que, Gunnarsen *et al.* (2022) señalan que el incremento del peso en plantas de trigo posiblemente pudo haber sido por la composición mineral y solubilidad de la harina de rocas. También como lo muestra Paula De Souza *et al.* (2018) que la harina de rocas y la vermicompost mejoran el pH y las concentraciones de fósforo, potasio y calcio en el suelo.

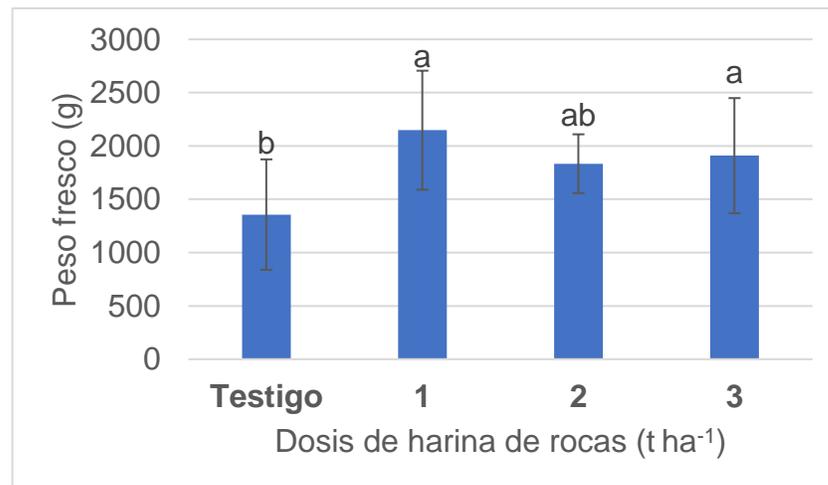


Figura 1. Efecto de la harina de rocas sobre el peso fresco en col china (*B. sp Pekinensis*). ANOVA= $P \leq 0.004$. Las letras a y b son obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD Fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

Las plantas crecidas en un suelo que contenía diferentes dosis de harina de rocas mostraron diferencias significativas en la altura de la planta (Figura 2). La aplicación de 1 t ha⁻¹ de harina de rocas incrementó un 4% la altura de la col china respecto a las plantas testigo (Figura 2). Nuestros resultados concuerdan con lo

reportado por Souza *et al.* (2013) y Ramos *et al.* (2022) quienes señalan que, las propiedades de la harina de rocas enriquecido con vermicomposta mejoran el crecimiento de las plantas, debido a la optimización de la liberación de nutrientes y por el aumento de la capacidad de intercambio catiónico. Además, los minerales de los cuales está compuesta la harina de rocas son: Ca, K, Mg y P y micronutrientes como Cu y Zn principalmente, lo anterior, mejoran el crecimiento de las plantas. (Korchagin *et al.*, 2019; Ramos *et al.*, 2015).

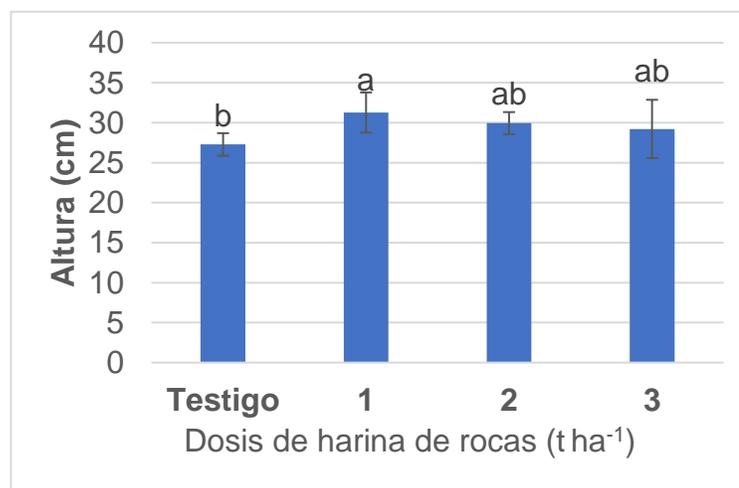


Figura 2. Efecto de la Harina de rocas sobre la altura en col china (*B. sp Pekinensis*). ANOVA= $P \leq 0.004$. Las letras a y b son obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD Fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

La incorporación de harina de rocas al suelo afectó significativamente el número de hojas por planta (Figura 3). El incremento de la dosis de harina de rocas aumentó el número de hojas con respecto al testigo, aunque con la dosis 3 t ha⁻¹ este incremento fue aún mayor. De acuerdo con Pereira *et al.* (2020) indican que, la mezcla de harina de rocas y materia orgánica fue mayor número de hojas de col rizada debido a la mineralización y liberación de los minerales, por consiguiente, mejora la estructura de las hojas, siendo estas, más verdes y exuberantes, similares efectos se han observado en los cultivos de maíz, frijol, caña de azúcar y yuca (De Souza *et al.*, 2013; Paula De Souza *et al.*, 2018). En la variable diámetro de col china, no se encontraron diferencias

significativas en las diferentes dosis de 1, 2 y 3 t ha⁻¹ y testigo, esto indica que la aplicación de harina de rocas no influye en esta variable (Figura 4).

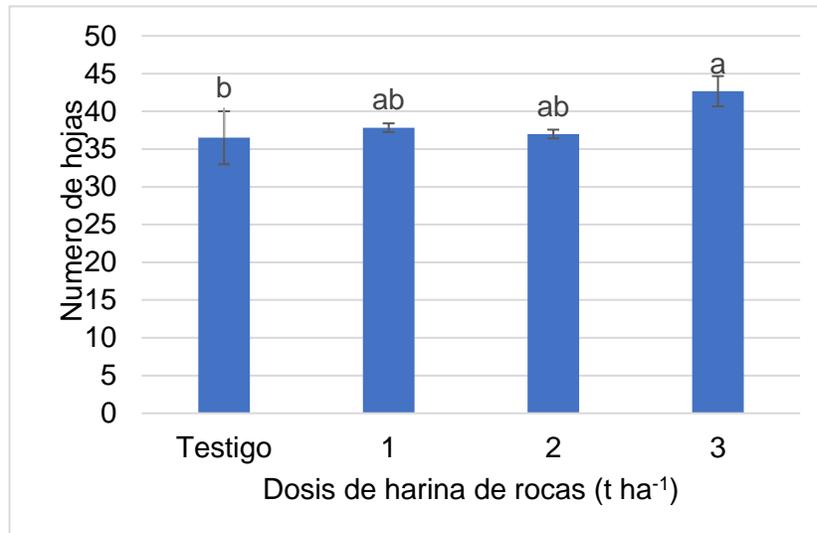


Figura 3. Efecto de la harina de rocas sobre el número de hojas en col china (*B. sp Pekinensis*). ANOVA= $p \leq 0.03$. Las letras a y b son obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD Fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

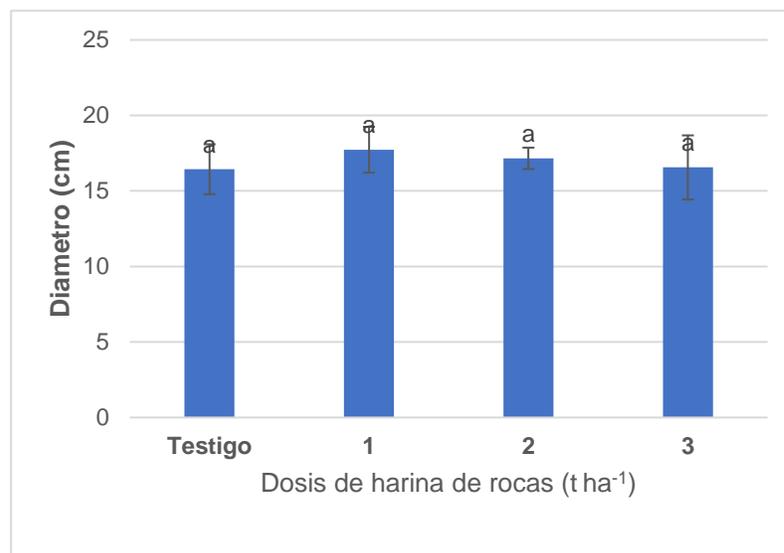


Figura 4. Efecto de la harina de roca sobre el diámetro en col china (*B. sp Pekinensis*). ANOVA= $p \leq 0.3946$. Las letras a y b son obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD Fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

La concentración de nitratos en el tejido foliar mostró diferencias significativas entre las diferentes dosis de harina de rocas (Figura 5). La aplicación de la dosis de 1 t ha⁻¹ de harina de rocas promovió una disminución de un 9% de nitratos en el tejido comparado con la dosis mayor de 2 t ha⁻¹ y/o plantas testigo. De acuerdo, con Colla et al. (2018) reportan que, el nitrato es transportado por la xilema con dirección de la transpiración por lo que, las hortalizas de hojas tienden a acumular más nitratos. Por otra parte, cuando la absorción de nitratos excede a la asimilación se pueden acumular en las vacuolas de las células de las hortalizas (Cuellas, 2017). La disminución de la concentración de NO₃⁻ en tejido vegetal posiblemente pudo haber sido por el contenido de minerales existentes en la harina de rocas, lo que sugiere una disminución de la absorción de nitrato (Cakmak y Marschner, 1990). Los niveles de acumulación de nitrato en plantas tratadas con harina de rocas y con fertilización convencional están dentro de los parámetros permisibles para la dieta alimenticia (Comisión Europea, 2011).

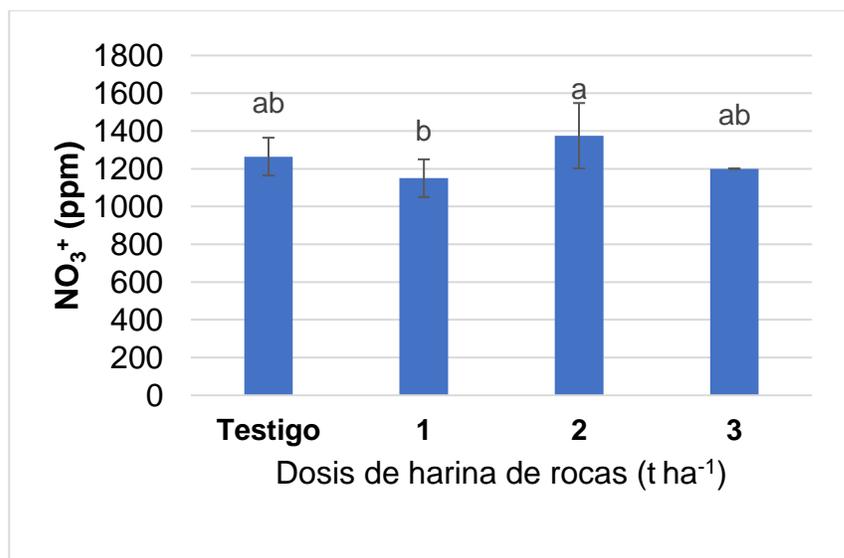


Figura 5. Efecto de la harina de rocas sobre la concentración de NO₃⁻ en el tejido foliar en col china (*B. sp Pekinensis*). ANOVA= $p \leq 0.0292$. Las letras a y b son obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD Fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

Plantas tratadas con dosis de harina de rocas muestran diferencias significativas en la concentración de potasio en tejido foliar (Figura 6), en plantas tratadas con 3 t ha⁻¹ de harina de rocas comparado con dosis de 1 t ha⁻¹ la concentración de potasio se incrementó, se observa que cuando se aumentó la cantidad de aplicación de harina de rocas la disponibilidad del potasio también acrecentó viéndose reflejado en las plantas con dosis de 3 t ha⁻¹, esto podría deberse a que al aumentar la cantidad de harina de rocas esta ocupa más área del suelo e incrementa las áreas de intercambio (Basak, et al. 2021). Dicho también por Pereira et, al;(2020). La adición de materia orgánica también aumenta la capacidad de intercambio catiónico y mejora la estructura del suelo manteniendo el potasio en la zona de absorción radicular (Pereira et al., 2020).

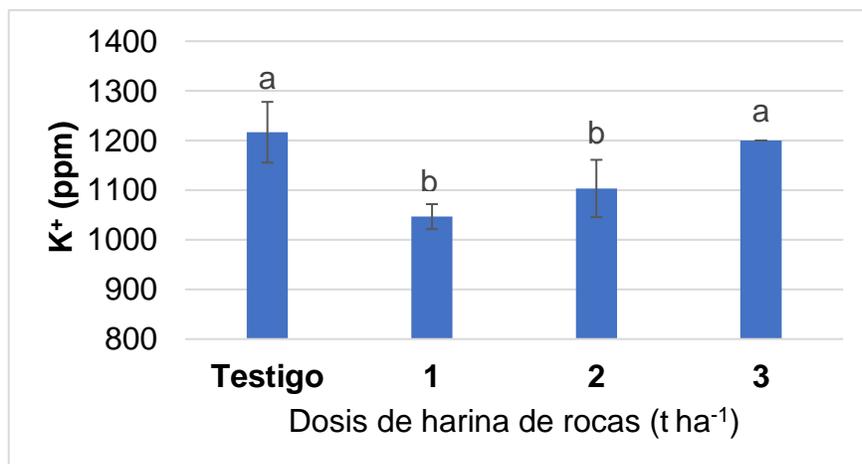


Figura 6 Efecto de la harina de rocas sobre la concentración de Potasio en el tejido foliar en col china (*B. sp Pekinensis*). ANOVA= ≤ 0.0001 . Las letras a y b son las letras obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

Como se muestra en los resultados de Grados Brix (Figura 7) y pH (Figura 8) no presentaron diferencias significativas, en las muestras obtenidas del tejido foliar de col china. Por lo que la harina de rocas no interactuó en estos valores.

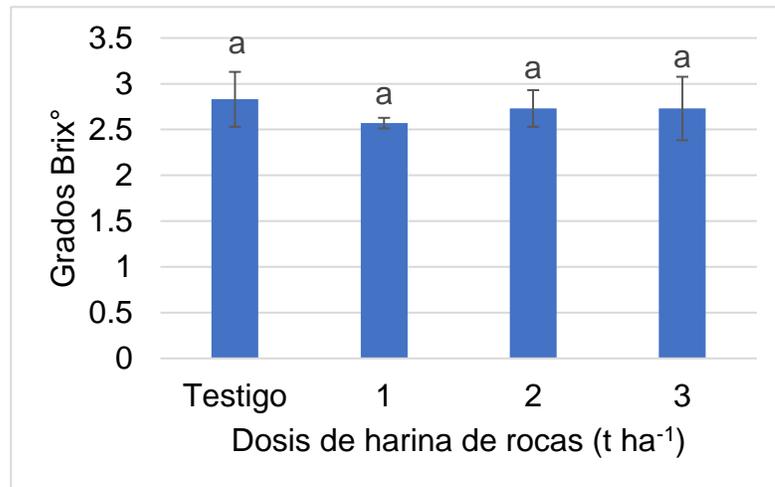


Figura 7. Efecto de la harina de rocas sobre los grados Brix° en el tejido foliar en col china (*B. sp Pekinensis*) ANOVA= $p \leq 0.1765$. Las letras a y b son las letras obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

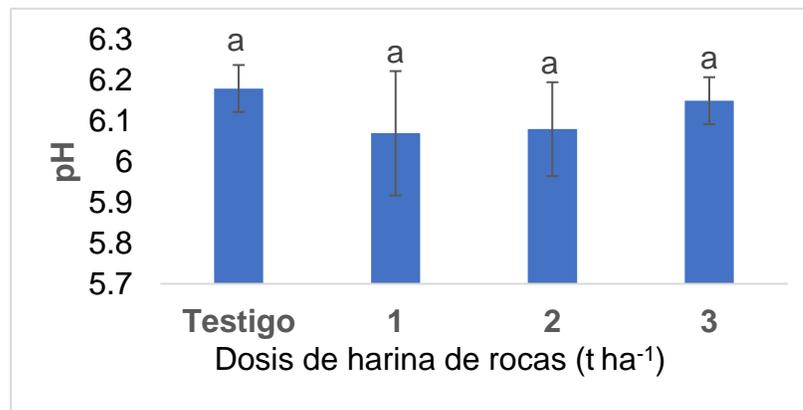


Figura 8. Efecto de la aplicación de harina de rocas y el pH del tejido foliar en col china (*B. sp Pekinensis*). ANOVA= $p \leq 0.3739$. Las letras a y b son las letras obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

Las plantas tratadas con dosis de harina de roca muestran diferencias significativas en la conductividad eléctrica (CE) del tejido foliar, el flujo de carga eléctrica en el tejido

vegetal en plantas desarrolladas con harina de roca de 1 y 2 t ha⁻¹ aumentan la CE y una disminución en aplicaciones de 3 t ha⁻¹, las diferencias pudieron ser causa de la aplicación de harina de rocas, ya que el crecimiento de las plantas influye con el medio de donde se desarrollan (Bodale, 2021), entre mayor fue la aplicación de harina de rocas, disminuyo la Conductividad Eléctrica.

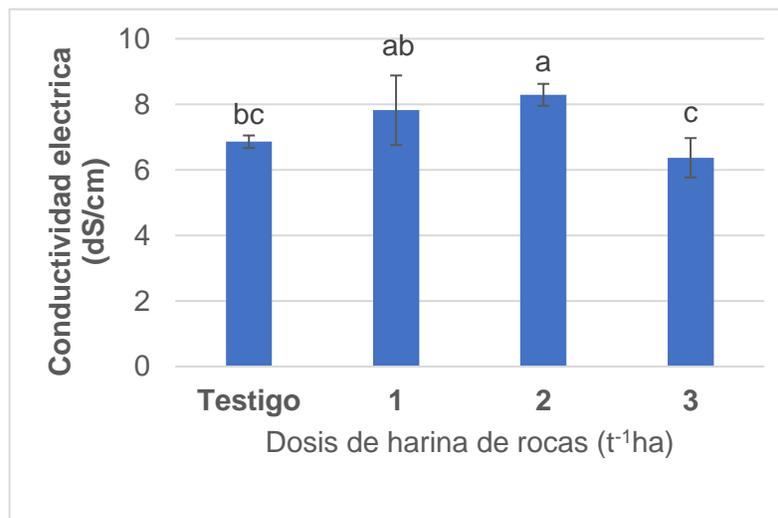


Figura 9. Efecto de la harina de rocas sobre la conductividad eléctrica en tejido foliar en col china (*B. sp Pekinensis*) ANOVA= $p \leq 0.004$. Las letras a y b son las letras obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD fisher ($p \leq 0.05$). Las barras indican el error estándar de la media.

Los resultados de las concentraciones de clorofila a, b y clorofila total desarrolladas a dosis de harina de rocas presentan diferencias significativas (Figura 10), se indica que cuando la dosis de harina de rocas fue igual a 3 t ha⁻¹ disminuye la concentración de clorofila, mientras que, el aumento de la concentración de clorofila a, b y totales, se observa en plantas desarrolladas con dosis de 1 y 2 t ha⁻¹, esto indica que son dosis sobresalientes en la producción de clorofila. Mencionado por Kalaji *et al.* (2017) la concentración de clorofila es proporcional con la energía que se está generando en las plantas para su crecimiento. La clorofila es necesaria para absorber energía lumínica y transformarla en energía química, y es usada para formar compuestos orgánicos que la planta necesita para su crecimiento. La clorofila juega

un papel importante en la fisiología de las plantas y actúa como nutrición en la disminución de azúcar en la sangre, desintoxicación excreción y disminución de alergenicos (Srichaikul *et al.*, 2011).

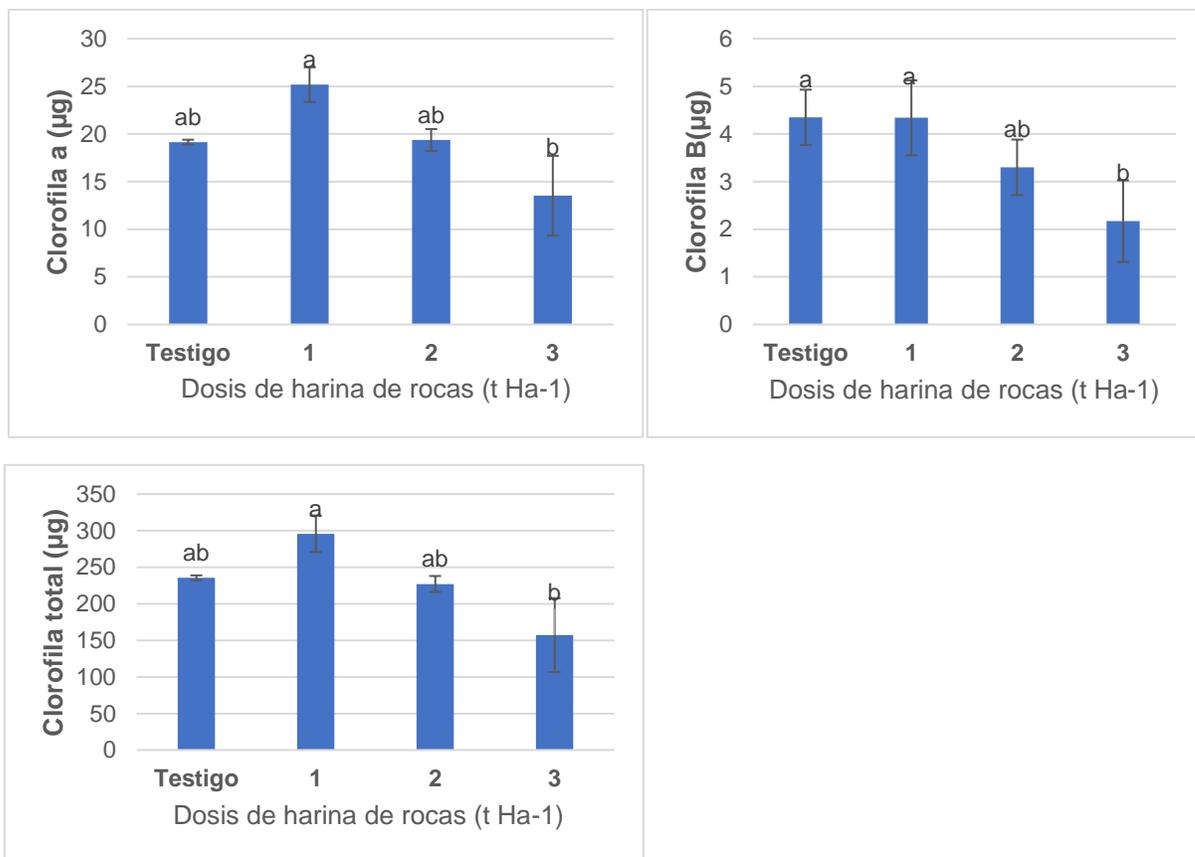


Figura 10 Efecto de la harina de rocas sobre la concentración de clorofila a, b y clorofila total en el tejido foliar en col china (*B. sp Pekinensis*). Clorofila a ANOVA ($p \leq 0.0062$), clorofila b ANOVA ($p \leq 0.0002$) y clorofila total ANOVA ($p \leq 0.0024$). Las letras a y b son las letras obtenidas a partir de la comparación de medias con LSD fisher ($p \leq 0.05$), las barras indican el error estándar de la media.

V.

CONCLUSION

Las plantas de col china (*B.sp. Pekinensis*) desarrolladas con dosis de 1 y 3 t ha⁻¹ de harina de rocas mejoraron el peso y número de hojas aumentando el rendimiento comparado con el testigo. Dosis de 1 y 2 t ha⁻¹ mejoraron la concentración de clorofilas a, b y totales, así como la conductividad eléctrica en el tejido foliar. La disponibilidad de minerales provenientes de la harina de rocas pueden ser una estrategia ante la problemática al uso vasto de fertilizantes químicos

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L. K., Macdonald, L. M., Wong, M. T. F., Webb, M. J., Jenkins, S. N., & Farrell, M. (2018).** Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 34–50. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2017.12.021>
- Basak, B. B., Sarkar, B., & Naidu, R. (2021).** Environmentally safe release of plant available potassium and micronutrients from organically amended rock mineral powder. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(9), 3273–3286. <https://doi.org/10.1007/S10653-020-00677-1/TABLES/6>
- Bender, S. F., Wagg, C., & van der Heijden, M. G. A. (2016).** An Underground Revolution: Biodiversity and Soil Ecological Engineering for Agricultural Sustainability. In *Trends in Ecology and Evolution* (Vol. 31, Issue 6, pp. 440–452). <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.016>
- Bennike, O., Jensen, J. B., Sukstorf, F. N., & Rosing, M. T. (2019).** Mapping glacial rock flour deposits in Tasersuaq, Southern West Greenland. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 43. <https://doi.org/10.34194/GEUSB-201943-02-06>
- Bodale, I., Mihalache, G., Achiței, V., Teliban, G. C., Cazacu, A., & Stoleru, V. (2021).** Evaluation of the nutrients uptake by tomato plants in different phenological stages using an electrical conductivity technique. *Agriculture (Switzerland)*, 11(4), 292. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040292>
- Cakmak, I., & Marschner, H. (1990).** Decrease in nitrate uptake and increase in proton release in zinc deficient cotton, sunflower and buckwheat plants. *Plant and Soil* 1990 129:2, 129(2), 261–268. <https://doi.org/10.1007/BF00032421>
- Colla, G., Kim, H. J., Kyriacou, M. C., & Rouphael, Y. (2018).** Nitrate in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 237, 221–238.
- Comision Europea. (2010).** Statement on possible public health risks for infants and young children from the presence of nitrates in leafy vegetables. *EFSA Journal*, 8(12), 1–3. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1935>
- Conti, M. E. (2000).** Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. *Informaciones Agronómicas Del Cono Sur*, 8, 25–37. <http://lacs.ipni.net/beagle/LACS-1090&f=AA4.pdf>
- Cuellas, V. M. (2017, May 24).** Nitratos en cultivos de hoja: Su importancia en la calidad de los productos | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://inta.gob.ar/noticias/nitratos-en-cultivos-de-hoja-su-importancia-en-la-calidad-de-los-productos>

- da Silva, V. N., de Souza Fernandes da Silva, L. E., da Silva, A. J. N., Stamford, N. P., & de Macedo, G. R. (2017).** Solubility curve of rock powder inoculated with microorganisms in the production of biofertilizers. *Agriculture and Natural Resources*, 51(3), 142–147. <https://doi.org/10.1016/J.ANRES.2017.01.001>
- da Silva, V., da Silva, A., Stamford, N., & de Macedo, G. (2017).** Solubility curve of rock powder inoculated with microorganisms in the production of biofertilizers. *Agriculture and Natural Resources*, 142-147.
- DAC Manning, SH Theodoro(2020).** Habilitación de la seguridad alimentaria mediante el uso de rocas y minerales locales. *extr.Soc. Ind.*, 480 - 487
- de Souza, M. E., de Carvalho, A. M., de Cássia Deliberali, D., Jucksch, I., Brown, G. G., Mendonça, E. S., & Cardoso, I. M. (2013).** Vermicomposting with rock powder increases plant growth. *Applied soil ecology*, 56-60.
- Eissa, M. Y. (2017).** Comparison between organic and inorganic nutrition for tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 1900-1907.
- Enciso Garay, C. R., Duarte Alvares, O., Abraham Bogado, G., & Rossmory, S. O. (2016).** Dosis de polvo de roca y sus efectos sobre el rendimiento del tomate. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 37-42.
- Franz Bender, S., Wagg, C., & GA van der Heijden, M. (2016).** An Underground Revolution: Biodiversity and Soil Ecological Engineering for Agricultural Sustainability. *Trends in Ecology & Evolution*, 440-452.
- Galán, J. M. (2016).** HARINA DE ROCA DE BASALTO. *Agroviva Ecominerales S.L.*, 20-21.
- Guillén, J. M. S. (2016).** Harina de roca de basalto otro tipo de agricultura es posible. *AE. Revista Agroecológica de Divulgación*, (24), 20-21.
- Gunnarsen, K. C., Schjoerring, J. K., Gómez-Muñoz, B., de Neergaard, A., & Jensen, L. S. (2022).** Can silicon in glacial rock flour enhance phosphorus availability in acidic tropical soil? *Plant and Soil*, 477(1–2), 241–258. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05399-0>
- Guzmán, E. E. P., Nulfa, M. G., & Villanueva, E. J. R. (2021).** DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ROCAS MINERALES EN LAS PROVINCIAS O'CONNOR Y GRAN CHACO. *Odontología Actual*, 2(3). <http://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/odontologia/article/view/92>
- Jasinski, S. M. (2016).** Potash. *United States Geological Survey Minerals Yearbook*. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash>. Accessed 10 January 2017.

- Kalaji, M. H., Goltsev, V. N., Żuk-Gołaszewska, K., Zivcak, M., & Brestic, M. (2017).** Chlorophyll fluorescence: understanding crop performance—basics and applications. CRC Press.
- Kleiv, R. A., & Thornhill, M. (2007).** Production of mechanically activated rock flour fertilizer by high intensive ultrafine grinding. *Minerals Engineering*, 20(4), 334–341. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2006.08.017>
- Korchagin, J., Caner, L., & Bortoluzzi, E. C. (2019).** Variability of amethyst mining waste: A mineralogical and geochemical approach to evaluate the potential use in agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 210, 749–758. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.039>
- Lara-Capistrán, L., Ledea-Rodríguez, J. L., Zulueta-Rodríguez, R., Ávila-Quezada, G. D., Gómez-Meriño, F. C., & Hernandez-Montiel, L. G. (2021).** EFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO Y LOMBRICOMPOSTA SOBRE LA EFICIENCIA DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN Cucurbita pepo L. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(1). <https://doi.org/10.56369/tsaes.3835>
- LEIGH, R. A., & WYN JONES, R. G. (1984).** A HYPOTHESIS RELATING CRITICAL POTASSIUM CONCENTRATIONS FOR GROWTH TO THE DISTRIBUTION AND FUNCTIONS OF THIS ION IN THE PLANT CELL. *New Phytologist*, 97(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1984.tb04103.x>
- Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., & Shak, K. P. Y. (2015).** The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1143–1156. <https://doi.org/10.1002/JSFA.6849>
- Magnusson, M. (2002).** Mineral fertilizers and green mulch in Chinese cabbage [*Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr.]: Effect on nutrient uptake, yield and internal tipburn. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 52(1), 25–35. <https://doi.org/10.1080/090647102320260017>
- Maliszewski, M. (2021).** Preliminary studies of the physico-chemical properties of basalt rock flour from the Męcinka mine in Lower Silesia. *Mining Science*, 28.
- Maroto, J. (2002).** *Horticultura Herbácea Especial*. México: Ediciones Mundi-prensa.
- Mtz, J. D. (2001).** Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana*, 293-299.
- Narayan, S., Ibrahim, A., Khan, F. A., Hussain, K., Malik, A. A., Mir, S. A., & Narayan, R. (2018).** Organic Nutrient Management for Improved Plant Growth and Head Yield of Chinese Cabbage (*Brassica rapa* L. var *pekinensis*). *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 7(9), 3049–3059. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.709.380>
- Olivares-Campos, M. A., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J. L., & Ojeda-Barrios, D. (2012).** Lombricomposta y composta de

estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia*, 28(1), 27–37. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792012000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Agricultura mundial hacia 2050* (2022)

Pampuro, N., Bisaglia, C., Romano, E., Brambilla, M., Pedretti, E. F., & Cavallo, E. (2017). Phytotoxicity and Chemical Characterization of Compost Derived from Pig Slurry Solid Fraction for Organic Pellet Production. *Agriculture* 2017, Vol. 7, Page 94, 7(11), 94. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE7110094>

Paula De Souza, M. E., Cardoso, I. M., De Carvalho, A. M. X., Lopes, A. P., Jucksch, I., & Janssen, A. (2018). Rock Powder Can Improve Vermicompost Chemical Properties and Plant Nutrition: an On-farm Experiment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1418372>

Paula De Souza, M. E., De Carvalho, X., Lopes, A., Jucksch, I., & Janssen, A. (2018). Rock powder can improve vermicompost chemical properties and plant nutrition: an on-farm experiment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1-12.

Pereira, M. B., Dias, T. J., Lima, N. R., Justino, E. S., Oliveira, D. S., & Martins-Veras, M. L. (2020). Plant growth and yield of butter kale (*Brassica oleracea* L. Var. *Acephala*), as influenced by the combined application of bovine manure and rock powder. *Acta Agronomica*, 69(1), 38–45. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.75174>

Quiroga, A., & Bono, A. (2012). *Manual de fertilidas y evaluación de suelos*. Argentina: Ediciones INTA.

Quiroga, M., Agüero, D., Zapata, R., Busilacchi, H., & Bueno, M. (2020). Activadores de crecimiento y biofertilizante como alternativa al uso de fertilizantes químicos en cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.). *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 35, 31–40. <http://eprints.natura.unsa.edu.ar/847/>

Ramos Oseguera, C. A., Castro Ramírez, A. E., León Martínez, N. S., Álvarez Solís, J. D., Huerta Lwanga, E., Ramos Oseguera, C. A., Castro Ramírez, A. E., León Martínez, N. S., Álvarez Solís, J. D., & Huerta Lwanga, E. (2019). Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.). *Terra Latinoamericana*, 37(1), 45–55. <https://doi.org/10.28940/TL.V3711.331>

Ramos, Claudete G, Querol, X., Oliveira, M. L. S., Pires, K., Kautzmann, R. M., & Silva, L. F. O. (2015). A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. *Science of the Total Environment*, 512–513, 371–380. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.070>

- Rivera, J. R., & Hensel, J. (2007).** Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Manuaga, Nicaragua: SIMAS.
- SADER.2019.** Siete datos sobre la col que tal vez no conocias. Secretaria De Agricultura y Desarrollo Rural.
- S.H., T., & O.H., L. (2006).** Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. *Anais Acad. Bras. Ciências.*, 715-720.
- Singh, J., Upadhyay, A. K., Bahadur, A., & Singh, K. P. (2004).** Dietary Antioxidants and Minerals in Crucifers. *Journal of Vegetable Crop Production*, 10(2), 33–41. https://doi.org/10.1300/J068V10N02_04
- Srichaikul, B., Bunsang, R., Samappito, S., Butkhup, L., & Bakker, G. (2011).** Comparative Study of Chlorophyll Content in Leaves of Thai *Morus alba* Linn. Species. *Plant Sciences Research*, 3(2), 17–20. <https://doi.org/10.3923/psres.2011.17.20>
- Stonemeal of amazon soils with sediments from reservoirs: a case study of remineralization of the tucuruí degraded land for agroforest reclamation
- Theodoro, S. H., Leonardos, O. H., Rocha, E., Macedo, I., & Rego, K. G. (2013).** Stonemeal of amazon soils with sediments from reservoirs: A case study of remineralization of the tucuruí degraded land for agroforest reclamation. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 85(1), 23–34. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000100003>
- Tripathi, K. M., Dhakal, D. D., Sah, S. C., Baral, D. R., & Sharma, M. D. (2018).** Evaluation of vermicompost and chemical fertilizers on performance of Pak choi (*Brassica rapa* cv. Hong Tae) and soil biological process. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, 243–250. <https://doi.org/10.3126/jiaas.v33i0.20711>
- Wang, Y., Chen, Y. F., & Wu, W. H. (2021).** Potassium and phosphorus transport and signaling in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 34-52.
- Youssef, M. A., & Eissa, M. A. (2017).** Comparison between organic and inorganic nutrition for tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 40(13), 1900–1907. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1270309>
- Zhang, G., Kang, J., Wang, T., Zhu, C., Zhang, G., Kang, J., Wang, T., & Zhu, C. (2017).** Review and outlook for agromineral research in agriculture and climate mitigation. *Soil Research*, 56(2), 113–122. <https://doi.org/10.1071/SR17157>