

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**MANEJO DEL NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE CALIDAD
DE CUATRO VARIEDADES DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea*
var. *italica*) EN EL VALLE DE MEXICALI**

T E S I S

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

**PRESENTA
CRISTIAN DAVID IÑIGUEZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR
DR. FIDEL NÚÑEZ RAMÍREZ**

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

MARZO DE 2024

Manejo del nitrógeno en el rendimiento y calidad de cuatro variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en el valle de Mexicali

TESIS

Sometida a la consideración del programa de Ingeniero Agrónomo

del

Instituto de Ciencias Agrícolas

Por

Cristian David Iñiguez Hernández

Mexicali, Baja California, México

marzo de 2024

La presente tesis titulada “manejo del nitrógeno en el rendimiento y calidad de cuatro variedades de brocoli (*brassica oleracea* var. *italica*) en el valle de Mexicali, realizada por el C. Cristian David Iñiguez Hernández, bajo la dirección del Dr. Fidel Núñez Ramírez, fue aceptada, revisada y aprobada, por el Comité Particular abajo indicado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Comité particular

DIRECTOR Fidel Núñez R.

DR. FIDEL NÚÑEZ RAMÍREZ

SINODAL _____

DR. RAÚL VALLE GOUGH

SINODAL _____

DRA. BLANCKA YESENIA SAMANIEGO GÁMEZ

AGRADECIMIENTOS:

Agradecer primeramente a dios por darme las fuerzas y las virtudes con las que he llegado hasta el día de hoy para poder concluir mis estudios de manera satisfactoria a través de mucho esfuerzo y sacrificio.

Agradecer infinitamente a mis padres por darme la vida, por guiarme sobre un camino con objetivos claros además por todo el apoyo y la confianza incondicional que han puesto en mí desde el inicio de esta maravillosa meta.

Agradezco a mi hermano, abuelos y familia, por el apoyo tanto directo como indirectamente que me han brindado durante el transcurso de mi carrera, así como sus consejos y experiencias laboral, educativa y de vida.

En especial agradezco a mi director de Tesis Dr. Fidel Núñez Ramírez. Por brindarme el apoyo, la confianza, el tiempo y la oportunidad de poder realizar este proyecto bajo su supervisión que con mucho esfuerzo se concluyó. Así también agradezco al comité de mi tesis, el Dr. Raúl Valle Gough y la Dra. Blancka Samaniego Gámez.

Muchas gracias a todos.

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a mis padres, como resultado de sus esfuerzos, ayuda y motivación que me han dado, este trabajo es el reflejo de todo lo que han hecho por mí y de mi parte el saber aprovechar su apoyo, así como también seguir sus consejos que me han puesto donde hoy en día me encuentro.

Dedicar este logro también a mi hermano, abuelos y familia que estuvieron presentes durante el transcurso de mi carrera.

Y por último a mi director de tesis: Dr. Fidel Núñez Ramírez por haberme guiado con sus consejos y experiencia.

ÍNDICE

SECCIÓN	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Descripción botánica del cultivo de brócoli	2
2.2 El nitrógeno en cultivos	3
2.3 El nitrógeno en el suelo	4
2.4 El uso de acolchados en cultivos	6
2.5 Manejo del nitrógeno en brócoli	7
III. JUSTIFICACIÓN	9
IV. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	10
4.1 Hipótesis nula	10
4.2 Hipótesis alterna	10
V. OBJETIVOS	11
5.1 Objetivo general	11
5.1.1 Objetivos específicos	11
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	12
6.1 Ubicación del estudio y condiciones ambientales	12
6.2 Siembra y topología del cultivo	12
6.3 Datos climatológicos	13
6.4 Logística del experimento	13
6.5 Riegos y fertilización	14
6.6 Malezas y plagas	16

6.7 Cosecha y rendimiento	16
6.8 Eficiencia en el uso del agua	17
6.9 Análisis estadístico	17
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	18
7.1 Crecimiento de las plantas.	18
7.2 Rendimiento	19
7.2.1 Manejo de nitrógeno	19
7.2.2 Variedades.	22
7.3 Eficiencia en el uso del agua	22
VIII. CONCLUSIONES	24
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
X. APENDICES	28
10.1. Constancia de participación en Congreso Nacional Estudiantil en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Calendario de fertirrigación. [Los valores que se presentan equivalen a kg por una superficie de 1000 m ²].	15
Cuadro 2. Peso de la cabeza y rendimiento total por efecto del manejo del nitrógeno en cuatro variedades de brócoli cultivado en el valle de Mexicali.	21
Cuadro 3. Eficiencia en el uso del agua por efecto del manejo del nitrógeno en cuatro variedades de brócoli cultivado en el valle de Mexicali	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de absorción de macronutrientes en brócoli (Tomado de https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/brassicass/mejorar-el-rendimiento-en-brassicass/).	8
Figura 2. Distribución de las parcelas principales en el experimento. Parcela principal: T1: acolchado plástico + 350 kg N ha ⁻¹ ; T2: 350 kg N ha ⁻¹ ; T3: Manejo orgánico; T4: 350 kg N ha ⁻¹ + 2.5 Mg estiércol ha ⁻¹	14
Figura 3. Distribución de las subparcelas en cada parcela en el experimento. Los tratamientos en las subparcelas fueron las variedades Crucible, Abrams, Spectre y Spinnaker	14
Figura 5. Fluctuación de las temperaturas máximas y mínimas en el cultivo de brócoli desde la siembra hasta la cosecha en el valle de Mexicali, B.C., México.....	18

RESUMEN

El buen manejo de los nutrientes en los cultivos es de suma importancia ya que de esto dependerá el rendimiento y la calidad del mismo, hoy en día los insumos fertilizantes están en constante aumento por lo que se debe tener manejos que ayude al cultivo a aprovechar de manera eficaz todos los nutrientes que le aportamos. Se llevo a cabo una investigación en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) durante la temporada de 2022-2023, con la finalidad de determinar su respuesta sobre la calidad de corona [florete] y rendimiento en cuatro variedades de brócoli (V): (Crucible, Abrams, Spectre y Spinaker), con distintos manejos sobre el nitrógeno. Se evaluaron cuatro manejos de nitrógeno (MN): [a).-acolchado plástico + 350 kg N ha⁻¹; b).-350 kg N ha⁻¹; c).-Manejo orgánico; d).-350 kg N ha⁻¹ + 2.5 Mg estiércol ha⁻¹] establecido mediante un experimento bifactorial (MN × V) bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Según los resultados obtenidos se concluyó que no existe influencia de la interacción MN × V en el rendimiento y peso del florete. Cuando se utilizó el acolchado plástico + 250 kg N ha⁻¹ se incrementó el rendimiento y peso del florete (24.01 Mg ha⁻¹; 500.21 g florete) en comparación con el manejo orgánico (19.34 Mg ha⁻¹; 402.92 g florete). Con la variedad Spinaker se obtuvo mayores rendimientos y calidad del florete (23.90 Mg ha⁻¹; 498.02 g florete) en comparación con la variedad Abrams (15.48 Mg ha⁻¹; 322.50 g florete).

PALABRAS CLAVE: *Brassicacae spp., fertirrigación, plasticultura, rendimiento.*

ABSTRACT

The good management of nutrients in crops is of utmost importance, since the yield and quality of the crop will depend on it. Nowadays, fertilizer inputs are constantly increasing, so we must have management that helps the crop to efficiently take advantage of all the nutrients that we provide it with. An experiment was conducted on broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) during the 2021-2022 season, with the objective of evaluating its response on head quality and yield in four broccoli varieties (V): (Crucible, Abrams, Spectre and Spinaker), with different nitrogen management. Four nitrogen managements (MN) were evaluated: (plastic mulch + 250 kg N ha⁻¹; 250 kg N ha⁻¹; Organic management; 250 kg N ha⁻¹ + 2.5 Mg manure ha⁻¹) established through a bifactorial experiment (MN × V) under a randomized block design with four replications. From the results obtained, it was concluded that there is no influence of the MN × V interaction on the yield and weight of the head. When the plastic mulch + 250 kg N ha⁻¹ was used, the yield and weight of the heads increased (24.01 Mg ha⁻¹; 500.21 g head) compared to organic management (19.34 Mg ha⁻¹; 402.92 g head). With the Spinaker variety, higher yields and heads quality were obtained (23.90 Mg ha⁻¹; 498.02 g head) compared to the Abrams variety (15.48 Mg ha⁻¹; 322.50 g head).

KEYWORDS: *Brassicacae spp., fertirrigation, plasticulture, yield.*

I. INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) es una hortaliza que se adapta bien en el valle de Mexicali en tiempo de invierno, es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia Brassicaceae de la cual su parte de interés es el florete, cultivado en el periodo de otoño – invierno. Actualmente la superficie cultivada en el Valle de Mexicali, ronda las 33,500 hectáreas, mientras 650, con una tasa anual de crecimiento del 10%. La derrama económica que este cultivo genera se encuentra por arriba de los \$25 mil 728 millones de pesos.

A pesar de la información anterior, aun no se cuenta con información actualizada sobre la producción de este cultivo a nivel de campo. Lo anterior incluye, fechas de siembra, variedades, manejo de plagas y enfermedades, así como la respuesta del este cultivo a la fertilización.

Al respecto, este último insumo (fertilizantes), el coste de aplicación a los cultivos ha incrementado notablemente, por lo que es importante, investigar la respuesta del cultivo de brócoli a este factor de producción. Entre los fertilizantes que de mayor coste en la actualidad, es el nitrógeno, por lo que este trabajo de investigación se centró en conocer la respuesta del cultivo de brócoli a diferentes tipos de manejo de este fertilizante, lo que incluyó el manejo orgánico, la utilización de estiércol y el uso de acolchado plástico. Así mismo, incluyó la evaluación de cuatro variedades de brocoli.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción botánica del cultivo de brócoli

Guillen (2012), Menciona que el brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) es una planta herbácea dicotiledónea, la cual presenta una raíz del pivotante con múltiples ramificaciones que se encuentran superficialmente. Presenta un tallo floral que nace de axilas foliares, además sus hojas suelen ser de color verde más oscuro y más rizadas a diferencia que las de la coliflor, también presentan un limbo hendido que en la base de la hoja deja pequeñas estructuras pertenecientes al lombo foliar como una especie de foliolos pequeños.

Las hojas suelen presentar un peciolo más pronunciado que el de la coliflor y ser más erectas además de ser un poco más abiertas, es decir, con menos enchinamiento que las de coliflor. El brócoli presenta flores amarillas presentes en una inflorescencia racemosa las cuales se reproducen mediante una polinización alógama teniendo como una fructificación en silicuas dentro de las cuales se encuentran las semillas distinguiéndolas por ser de color café parduzco y redondeadas.

Guzmán (1992) describe al sistema radicular como una zona muy amplia y profunda que le proporciona a la planta un buen anclaje al suelo, así como también una alta capacidad de absorber nutrientes y agua que se encuentran presentes en el suelo. Este cultivo se adapta a la mayoría de los suelos, pero tiene con preferencias suelos que presenten uniformidad y buen drenaje, que sean profundos ya que existen raíces que pueden llegar a alcanzar hasta los 0.8 m de profundidad tomando estas raíces como de anclaje. Por otro lado, las raíces secundarias y terciarias se encuentran aproximadamente dentro de los primeros 20 a 60 cm del suelo, esto dependerá de la textura que presente el mismo. Esta zona es la de mayor importancia para la nutrición del cultivo ya que son las encargadas de la absorción de los nutrientes y el agua.

La cabeza o florete del brócoli se puede definir como un conjunto o masa de brotes florales que se diferencian unos de otros. Por otro lado, describiéndola desde un enfoque morfológico correspondería a una inflorescencia de tipo corimbo compuesto, que se desarrolla partiendo del tallo principal, específicamente surgiendo de la yema apical. Este corimbo central está formado por un numeroso grupo de primordios florales que son sostenidos por un tallo floral que se disponen sobre pedúnculos suculentos. Este grupo de primordios florales presentan un color verde y una compactación menor que la que presenta la coliflor, además la forma en que se presentan estos elementos corresponde a estadios florales tomando en cuenta su morfología y fisiología (Gray, 1982).

2.2 El nitrógeno en cultivos

Las plantas y cultivos tienen una gran lista de elementos esenciales para su crecimiento y desarrollo de los cuales destaca principalmente uno, el nitrógeno (N), este nutriente está presente en la mayoría de los procesos y resalta entre el resto por ser el nutriente que en las plantas está en mayor proporción rondando entre el uno al tres por ciento del total de su materia seca tomando en cuenta la especie, el órgano y la etapa fenológica. Dentro de las plantas, el nitrógeno cumple funciones de tipo estructural y osmótica. Estas primeras están fuertemente asociadas con la síntesis de muchas moléculas requeridas para el desarrollo de estas, los aminoácidos, clorofilas, ácidos nucleicos y alcaloides son ejemplos de dichas moléculas.

La mayor parte del nitrógeno que encontramos en el suelo está presente de manera orgánica, de tal forma que no está disponible para la planta. Para que este nitrógeno en forma orgánica pueda ser asimilado por las raíces de las plantas debe de pasar por un proceso que lo transformara denominándose este como la mineralización. Este nitrógeno en forma mineralizada se encuentra a su vez dividido en dos tipos la primera en forma de amonio (NH_4) y la segunda en forma de nitrato (NO_3), dichas formas en que se encuentra el

nitrógeno son cien por ciento asimilables por las plantas, pero la forma principal en que se asimila este nutriente es el nitrato.

El amonio se encuentra en el suelo atrapado por las arcillas o disuelto en la misma solución del suelo, cuando el amonio se encuentra fijo dentro de las arcillas es muy difícil que pueda ser asimilado por las plantas, para ello es necesaria la intervención de ciertos cationes que provoquen una expansión en las arcillas liberando y haciendo disponible el amonio para las plantas.

Por otro lado, el nitrato se comporta diferente al amonio, ya que el nitrato al encontrarse en la solución del suelo está disponible en todo momento para ser asimilado por el sistema radicular de las plantas y por todos los microorganismos que se encuentran ahí. Sin embargo, esta disponibilidad del nitrato se puede ver afectada por pérdidas derivadas de la lixiviación por efecto de lluvias o láminas de riego excesivas, llevando a horizontes más profundos. La cantidad de nitratos que se pueden perder se ve afectada por la cantidad del recurso hídrico que se le provee al suelo, niveles bajos de materia orgánica, características del sistema radicular y el estado vegetativo en que se encuentre el cultivo. Por otro lado, el aumento de nitratos en el suelo puede verse afectados por las estaciones secas debido a que en estos casos el agua tiende a ascender a la superficie llevando consigo a los nitratos.

2.3 El nitrógeno en el suelo

Según Hayatsu et al. (2008), para comprender la dinámica del nitrógeno en el suelo debemos conocer una serie de procesos que hacen que este nutriente esté disponible para el cultivo. Esta serie de procesos comprende principalmente la fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo, la nitrificación y desnitrificación, mineralización y por último la oxidación anaerobia del amonio. Esta última se realiza gracias a microorganismos que se encuentran en el suelo, denominándose el método annamox. La fijación del nitrógeno es un proceso mediante el cual el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera es

fijado en el suelo mediante bacterias que contienen nitrogenasas las cuales ayudan a romper los triples enlaces del nitrógeno molecular y transformarlo en amonio (Rees et al., 2005).

Nourbakhsh y Alinejadian (2009) mencionan que la mineralización del nitrógeno se ve influenciada principalmente por la degradación de materia orgánica que se encuentra en el suelo ya que de esto dependerá la disponibilidad de este elemento en el suelo, pero existe un proceso muy importante que nos afecta en la disponibilidad del nitrógeno, el cual se denomina inmovilización, misma que es resultado de la asimilación microbiana del suelo que junto con la relación de carbono - nitrógeno son aspectos claves que nos afectan la tasa de mineralización (Marschener, 1998). Por otro lado, la nitrificación es el proceso mediante el cual se oxida el amonio y pasa a ser nitrito esto gracias a las bacterias quimiolitotroficas oxidantes del amonio (BOA) las cuales están clasificados en tres géneros: *Nitrosomas*, *Nitrosospira* y *Nitrosococcus* (Freitag et al., 2005). A este proceso le sigue la oxidación del nitrito a nitrato llevado a cabo por bacterias oxidantes de nitrito (BON) las cuales están clasificadas en cuatro géneros: *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrococcus* y *Nitrospira* (Freitag et al., 2005).

Según Simon, (2002) nos explica que la desnitrificación es el proceso más importante en el ciclo del nitrógeno ya que mediante este proceso el nitrógeno que ha sido fijado en el suelo es devuelto a la atmosfera mediante la respiración microbiana que a su vez se logra mediante la desasimilación de nitratos (NO_3) y nitritos (NO_2) a N_2O y N_2 . Por último, la oxidación biológica del amonio en condiciones anaeróbicas la cual es llevada a cabo por cierto tipo de bacterias denominadas anammox (Hayatsu et al., 2008). Este tipo de bacterias pertenecen a géneros como: *Brocadia*, *Scalindua* y *Kuenenia* del phylum *Planctomy-cetes*, mismas que se encuentran en distintos ambientes como océanos, lagos y suelos (Jin et al., 2012).

2.4 El uso de acolchados en cultivos

Cuando nos referimos al término “acolchado del suelo” hablamos de toda aquella cubierta con la que podemos proteger nuestro suelo, la cual, al establecerse sobre la superficie de nuestro suelo, actúa como barrera que impide la pérdida de agua y calor. Esta cubierta puede ser de origen orgánico (rastros de cosechas o restos vegetales) (Turney y Menge, 1994), o artificial (cubiertas de plástico) (Robinson, 1988). Dentro de los materiales como ya lo mencionamos, se dividen en orgánicos e inorgánicos. Si bien podemos clasificar como inorgánicos a materiales como piedras volcánicas, grava, arena, materiales plásticos y materiales geotextiles. Por otro lado, en los materiales orgánicos podemos situar a los restos del cultivo de maíz, paja de trigo, pacas de alfalfa o cualquier otro residuo vegetal.

Al implementar técnicas como el establecimiento de acolchados en la zona de cultivo, formamos barreras que tienen ciertos beneficios como el de retener el agua en forma de vapor por efecto de la evaporación y devolverlo al suelo (Tripathi y Katiyar, 1984) beneficiando directamente el uso del agua. Si bien se sabe que este aspecto no es el único que se ve afectado por los acolchados, también podemos ver ciertas modificaciones o comportamientos distintos en los alrededores de las plantas (microclima), la temperatura del suelo, humedades e incluso texturas de suelo. Todos estos factores nos brindan beneficios en mejor uniformidad en humedades y en los descensos en la cantidad de agua requerida.

El acolchado también tiende a modificar la estructura del suelo debido que al estar protegido de los factores ambientales se mantiene en mejores condiciones que un suelo desnudo. El efecto beneficioso del acolchado en la estructura del suelo es consecuencia principalmente de una amortiguación de la energía cinética de las gotas de lluvia (y aspersión en su caso) que reduce la dispersión física del suelo y el sellado superficial, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Erenstein, 2002). A su vez, el acolchado al

tener efecto directo sobre la temperatura del suelo y de la humedad, beneficia a la mineralización de toda la materia orgánica que se encuentra en el suelo generando así mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas y aumenta también el contenido de esta en el suelo. (Smets y Poesen, 2009).

2.5 Manejo del nitrógeno en brócoli

La demanda de nutrientes en brócoli comienza a partir de su trasplante, pero llegado los 30 días después de trasplante se mira cómo tiene un incremento en la demanda de nitrógeno, potasio y calcio; momento en el cual comienza con la formación intensiva de hojas donde demanda nitrógeno, por otro lado sin embargo, el calcio y el potasio también se consumen en grandes cantidades, en ocasiones pueden llegar a rebasar los requerimientos del nitrógeno esto cuando se encuentra en la etapa de formación de coronas o de floretes.

Cuando el cultivo de brócoli se encuentra en la etapa de producción de follaje, no solo es requerido el nitrógeno en grandes cantidades, sino que también el potasio es otro de los nutrientes requeridos, sin embargo, este último no tiende a bajar su requerimiento como el nitrógeno, ya que es necesario para la formación y maduración del producto de interés comercial, el florete. Otros dos nutrientes requeridos en cantidades más bajas, pero no menos importantes es el magnesio y el azufre. Ambos tienen su función en la actividad fotosintética de la planta, lo que se traduce a mantener un buen desarrollo de esta para obtener mejores rendimientos y calidad. Llegado el momento de la cosecha, estos dos nutrientes son removidos, se habla que un 20% del azufre es removido mientras que la remoción del calcio ronda entre los 0.1 a los 0.3 Kg ha⁻¹ dependiendo de la variedad utilizada.

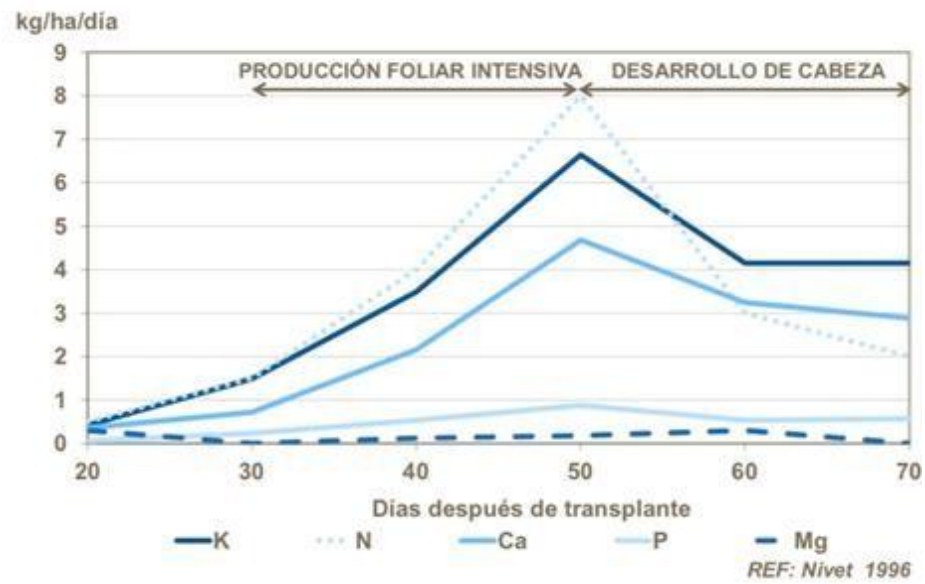


Figura 1. Curva de absorción de macronutrientes en brócoli (Tomado de <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/brassicas/mejorar-el-rendimiento-en-brassicas/>).

III. JUSTIFICACIÓN

El presente documento alude sobre los manejos del nitrógeno con el fin de alcanzar calidad y rendimiento en el cultivo de brócoli, a su vez poder hacer una mejor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes bajo estos manejos, bajo las condiciones del valle de Mexicali, Baja California, México. El estudio se llevó a cabo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) durante la temporada 2022-2023 con el objetivo de evaluar la respuesta sobre la calidad y el rendimiento por florete en cuatro tipos de manejos de nitrógeno. Los resultados recabados permiten que los productores en campo puedan hacer un mejor uso de los insumos fertilizantes en conjunto con manejos como la implementación de acolchados plásticos que permitan una mejor asimilación de los nutrientes además de conseguir retener la humedad en el suelo. Lo anterior trae consigo un uso eficiente de los nutrientes aplicados y un ahorro de agua con aplicaciones de láminas de riego más pequeñas, beneficiando al productor económicamente con la obtención de mayores rendimientos con bajos costos de producción.

IV. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis nula

El manejo de fertilización nitrogenada sobre el cultivo de brócoli no tiene efecto sobre la calidad y el rendimiento.

4.2 Hipótesis alterna

El manejo de fertilización nitrogenada sobre el cultivo de brócoli tiene efecto sobre la calidad y el rendimiento.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro diferentes tipos de manejo de fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento y calidad en cuatro variedades de brócoli.

5.1.1 Objetivos específicos

5.1.1.1 Evaluar el efecto de cuatro formas de manejo de fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli.

5.1.1.2 Evaluar el efecto de cuatro variedades de brócoli sobre su rendimiento y calidad.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Ubicación del estudio y condiciones ambientales

La investigación fue establecida y llevada a cabo en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agrícolas ubicado en el valle de Mexicali, Ej. Nuevo León, B.C., con coordenadas: 32° 24' 26" latitud norte y 115° 11' 55" longitud oeste. La región cuenta con un clima desértico con temperaturas muy extremas en invierno y verano, así mismo se presentan precipitaciones en invierno y verano (Camargo-Bravo et al., 2012).

6.2 Siembra y topología del cultivo

La siembra de las variedades fue de forma manual y se realizó el día 15 de agosto del año 2022. Como semilleros se utilizaron charolas de polietileno de 26 x 12 cavidades siendo en total 312 plántulas de brócoli por charola. Fueron cuatro variedades las que se utilizaron: Crucible, Abrams, Spectre y Spinnaker. El sustrato utilizado para esta siembra fue una mezcla de sustrato BM 2HP [Turba de esfagno fina (77-83%), Vermiculita fina (8-12%), Perlita (8-12%), además un agente humectante (agua), dolomítica y cal calcítica].

Las charolas sembradas estuvieron bajo un cuidado y condiciones de invernadero donde recibían luz durante parte del día, esto para evitar elongaciones en el tallo, siempre manteniendo una humedad adecuada sin generarle algún estrés hídrico ni proporcionarle las condiciones adecuadas para el desarrollo de enfermedades radiculares. Para ayudar a la formación de raíces se realizaron aplicaciones de enraizador (Raíz Pluss [Promotora Técnica Internacional S.A. de C.V., México]).

El trasplante en campo se realizó a los 44 días después de la siembra, el día 28 de septiembre del mismo año, teniendo como densidad de siembra 3.1 plantas por metro lineal. El trasplante se estableció bajo riego tecnificado por

goteo utilizando cintilla de riego Toro (Toro, aqua-Traxx, San Nicolás de los Garza, N. México [gasto por gotero: 1 L h⁻¹; separados a 20 cm]).

El experimento tuvo un total en superficie de 552.96 m², la cual estuvo conformada por cuatro partes, cada una de ellas contaba con las siguientes medidas: 9.6m de largo x 14.8 m de ancho, y cada cuarta parte a su vez se dividió en 8 camas de 9.6 m². Cada parcela principal consistió en dos camas de siembra, orientados de norte a sur. La subparcela fue una cama de 1.8 m de ancho y 4.8 m de largo.

6.3 Datos climatológicos

Durante el tiempo que duró el experimento se tomaron datos de clima como temperatura mínima y máxima. Los datos fueron tomados de una estación meteorológica ubicada a 430 m del experimento (32° 24' 39" latitud norte y 115° 11' 50" longitud oeste). Así mismo, se contabilizaron las unidades calor por cada día y se graficaron al acumularlas cada día. Se consideró la siguiente fórmula (Default, 1997):

$$\text{Unidades calor} = [(\text{temperatura máxima} + \text{temperatura mínima}) / 2] - 7.2$$

6.4 Logística del experimento

Los tratamientos evaluados fueron cuatro distintos tipos de manejo del nitrógeno (parcela principal): a).-acolchado plástico + 350 kg N ha⁻¹; b).-350 kg N ha⁻¹; c).-Manejo orgánico; d).-350 kg N ha⁻¹ + 2.5 Mg estiércol ha⁻¹; Cada parcela principal se dividió en cuatro subparcelas para colocar las cuatro variedades evaluadas. El diseño experimental fue parcelas divididas y distribuidas en un diseño de bloques al azar. La parcela principal fue el manejo del nitrógeno y la sub-parcela fue cada variedad evaluada (Figura 2 y 3).

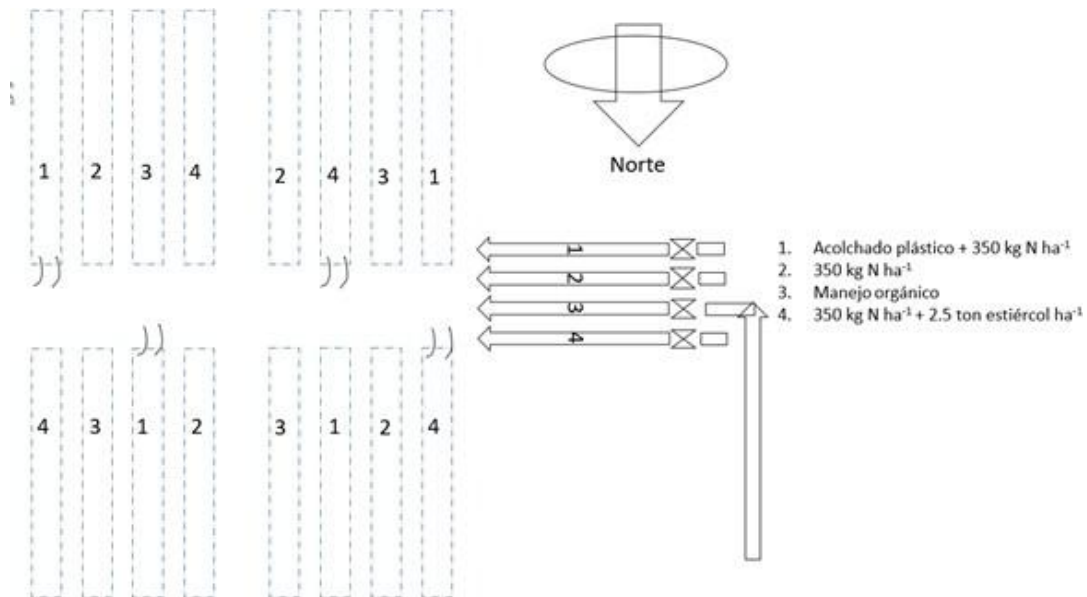


Figura 2. Distribución de las parcelas principales en el experimento. Parcela principal: T1: acolchado plástico + 350 kg N ha⁻¹; T2: 350 kg N ha⁻¹; T3: Manejo orgánico; T4: 350 kg N ha⁻¹ + 2.5 Mg estiércol ha⁻¹.



Figura 3. Distribución de las subparcelas en cada parcela en el experimento. Los tratamientos en las subparcelas fueron las variedades Crucible, Abrams, Spectre y Spinnaker

6.5 Riegos y fertilización

Durante los primeros seis días después de trasplante se mantuvo una lámina de riego de 96 mm a todos los tratamientos, esto con el objetivo de ayudar a la plántula a que no sufra estrés hídrico y se tengan pérdidas en campo. Seguido a esto, se instalaron tensiómetros de humedad (Irrometer Co. Riverside CA, E.U.) en todos los tratamientos dentro de los primeros 30 cm de la cama de siembra con el objetivo de mantener un monitoreo más preciso en

la humedad de la cama, esto para hacer aplicaciones de láminas de riego en base a las lecturas que se tuvieron.

Durante el periodo de los 35 a los 50 días después de trasplante (ddt), todo riego se realizaba cuando la lectura de los tensiómetros era de 20 kPa. Cabe mencionar que, conforme al desarrollo del cultivo, este demandaba más agua, específicamente a los 45 ddt, por lo cual se decidió cambiar la lectura de los tensiómetros y a realizar riegos cada que la lectura de los tensiómetros era de 10 kPa. Con esta lectura, el riego tenía una duración de 2 horas promedio, pero al incrementar la demanda de agua su duración fue de 3 horas.

La nutrición del cultivo se llevó a cabo mediante un sistema de fertirrigación, la cual se dio inicio al programa a los 28 DDT, este programa se llevó semanalmente fraccionando la siguiente formula según las necesidades del cultivo: 248, 49.8, 200, 22.8 y 15 Kg ha⁻¹ de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) respectivamente.

Fecha	DDT	Semana	Urea	NO ₃ NH ₄	Ac. fosfórico	K ₂ SO ₄	MgSO ₄	Ca(NO ₃) ₂
28-sep-22	1	1						
05-oct-22	8	2			0.4			
12-oct-22	15	3			0.4			
19-oct-22	22	4						
26-oct-22	29	5	5.6		0.4			
02-nov-22	36	6	1.4		0.4			
09-nov-22	43	7	1.4		0.4			
16-nov-22	50	8	1.4		0.4	2.26		
23-nov-22	57	9	1.2	0.08	0.4	1.13		0.65
30-nov-22	64	10	1.2	0.08		1.13		0.65
07-dic-22	71	11	1.2	0.08		1.13	0.63	0.65
14-dic-22	78	12	1.2				0.63	0.65
21-dic-22	85	13	1.2				0.63	0.65
28-dic-22	92	14	1.2					0.65
04-ene-23	99	15						
11-ene-23	106	16						

Cuadro 1. Calendario de fertirrigación. [Los valores que se presentan equivalen a kg por una superficie de 1000 m²].

En la figura 2 podemos observar dosis, fertilizantes empleados y fechas en las que se realizaron las aplicaciones. Las dosificaciones que se muestran en la tabla se aplicaron de manera separada por tratamiento, llevando a cabo

la mezcla en un tambo de 200 litros para su posterior inyección al sistema de riego.

6.6 Malezas y plagas

En el caso de malezas se presentó tanto gramíneas como hojas anchas, hubo presencia de zacate grama (*Cynodon dactylon*) con el cual se utilizó control químico aplicando herbicida Select Ultra (Clethodim). La concentración aplicada de este producto fue del 1.0%.

En el caso del tratamiento a suelo desnudo, se tuvo una incidencia mayor de zacate grama (*Cynodon dactylon*), para su control se realizaron dos aplicaciones de Clethodim vía aspersion foliar. Por otro lado, según se presentaron malezas de hoja ancha como quelites (*Chenopodium murale*) y lechuguilla (*Sonchus oleraceus*), estas fueron controladas bajo labores culturales como la limpia manual.

En cuestión de plagas se tuvo presencia moderadas de pulgón, para lo cual se realizaron aplicaciones de Aval (Acetamiprid) y Piremax (Piretrinas). También se tuvo incidencias de palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), plaga muy importante en este cultivo en las etapas tempranas, para ello se realizaron aplicaciones de Hero (Zeta-Cypermethrin) y Velsor 600 (Metamidofos). Además, se tuvo una alta incidencia de trips (*Trips tabaci*) en el cultivo que con ayuda de productos como Confidor (Imidacloprid) y Senvicid (Extractos naturales de *Capsicum frutescens*, *Allium canadense* y *Ademone multifida*) se pudo tener control sobre ella.

6.7 Cosecha y rendimiento

Transcurridos los 100 ddt se comenzó la cosecha. Por tratamiento se seleccionó una superficie de 3.5 m² de la parte central de cada una de las Subparcelas colectándose seis plantas completas para efectuar el rendimiento

del cultivo. Se pesaron las plantas cosechadas y después cada planta para obtener el peso individual de cada florete.

6.8 Eficiencia en el uso del agua

Para evaluar la eficiencia del uso del agua en los diferentes tipos de tratamientos nitrogenados se utilizó lo descrito por de Pascale et al. (2018). La eficiencia en el uso del agua se obtuvo para el rendimiento total y para cada cabeza o florete por separado. Dicha variable resulto de la división de la biomasa del cultivo representada en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ entre los milímetros por lámina de riego.

6.9 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada variable fueron sometidos a análisis de varianza utilizando un diseño de parcelas divididas. En todos los análisis estadísticos se utilizó el programa Minitab 17. En los casos donde se detectaron diferencias entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Crecimiento de las plantas.

En la Figura 5A, se muestra el comportamiento de las temperaturas durante el experimento. Durante el periodo del experimento se mantuvieron condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo

Se registraron temperaturas máximas que iban de los 20 a 35 °C, mientras que las temperaturas mínimas estuvieron en un rango de 5 a 21 °C, teniendo así una media de 19°C. Estas temperaturas de invierno son muy comunes en el valle de Mexicali y han prevalecido en los últimos años. (Camargo-Bravo, A., et al., 2012).

En general se acumularon 1370 unidades calor acumuladas (Figura 5B), las cuales se consideraron apropiadas para el desarrollo de este cultivo (Criddle et al., 1997).

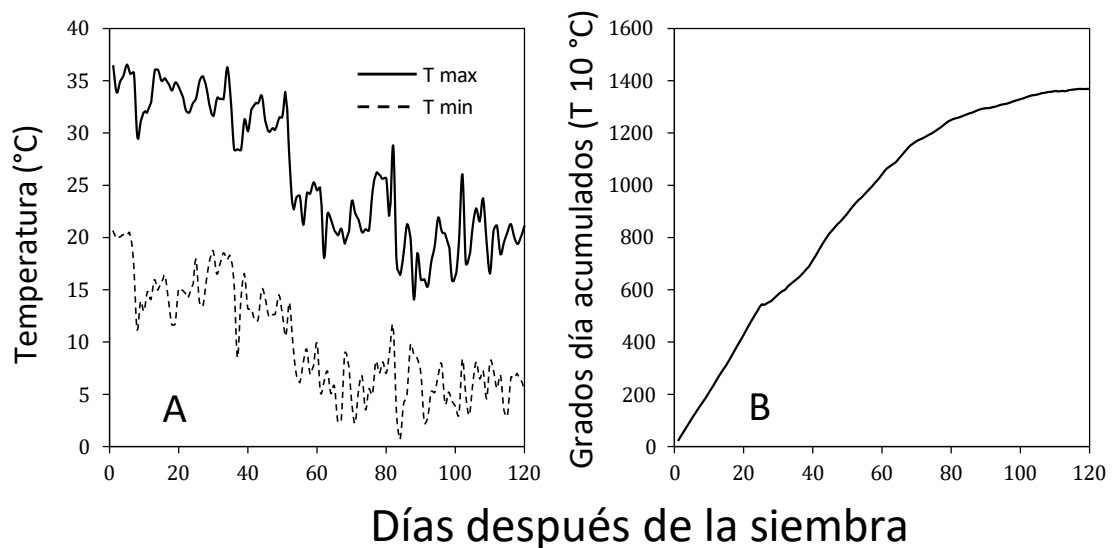


Figura 4. Fluctuación de las temperaturas máximas y mínimas en el cultivo de brócoli desde la siembra hasta la cosecha en el valle de Mexicali, B.C., México.

7.2 Rendimiento

Los tratamientos aplicados (manejo del nitrógeno y variedades) no mostraron interacción con el rendimiento de cada una de las variedades ($P > 0.05$). Es decir, resultados obtenidos de cada manejo del nitrógeno, no dependieron de la variedad utilizada. A su vez, las cuatro variedades de brócoli se comportaron con el mismo rendimiento independientemente del manejo de la fertilización con nitrógeno. Por su parte, de forma individual, el manejo del nitrógeno y las variedades, si presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), por lo cual se discuten por separado.

7.2.1 Manejo de nitrógeno

El manejo de nitrógeno que más peso por cabeza y mayor rendimiento tuvo, fue el Acolchado plástico + 350 kg N ha⁻¹. Por otro lado, el tratamiento de manejo de la fertilización con N que rindió menos fue Manejo orgánico (Cuadro 2). El primer manejo tuvo como rendimiento 24.01 Mg ha⁻¹ mientras que el segundo manejo arrojó un rendimiento de 14.50 Mg ha⁻¹ respectivamente, teniendo una diferencia de 9.51 Mg ha⁻¹, lo que representa un 65.58% más de rendimiento que el manejo con acolchado plástico.

El acolchado en el suelo tiene grandes beneficios como el de mayor rendimiento y asimilación de los nutrientes. Lo anterior es debido a que aumenta la temperatura en el suelo (Díaz-Pérez y Batal, 2002) y por ende activa toda la flora microbiana que se encuentra presente en el suelo acelerando los procesos de nitrificación (Chen et al., 2020). Por otro lado, el acolchado plástico genera también una menor demanda del recurso hídrico (Ibarra et al., 2007). El NO₃ y NO₂ se conservan por mucho más tiempo en las capas superficiales del suelo donde se encuentra en sistema radicular de la planta quedando totalmente dispuesto a su absorción impidiendo que estos compuestos se reduzcan a causa de la lixiviación (Berardocco, 2010).

Un estudio realizado por Wang *et al.* (2022), donde se evaluó la respuesta del tipo de acolchado sobre la mineralización del nitrógeno en suelo, se encontró que la duración del acolchado sobre suelo, incrementó la mineralización de nitrógeno. Las mayores cantidades de nitratos se encontraron en el perfil de los 20 cm. Así mismo, se encontró que el acolchado de color negro, promovió una mayor cantidad de nitrógeno mineralizado, en comparación del acolchado de color blanco. Por lo tanto, se concluyó que el uso de plástico negro, seguido por el acolchado de color de plástico blanco, posee una mayor mineralización de nitrógeno que los suelos sin acolchar.

Por otro lado, se sabe que los manejos orgánicos en los cultivos son de gran ayuda tanto para el cultivo como especialmente en el suelo. Los manejos orgánicos aportan al suelo estructura, así como también la mejora de su condición física y química del mismo ya que cumplen la función de proporcionar carbono y otros nutrientes de importancia (Blanco-Canqui, 2007). Los fertilizantes orgánicos son compuestos que están formados principalmente a base de carbono que incrementa directamente el rendimiento de los cultivos garantizando que los alimentos estén libres de sustancias químicas (Chongo-Tanguila, et al., 2022).

Chongo-Tanguila et al., (2022) Realizaron una investigación donde evaluaron el rendimiento del cultivo de brócoli bajo dos nutriciones diferentes una a base de fertilizante químico (18-46-00) y otra orgánica a base de humus de lombriz. Se tuvo como resultado que la fertilización química tuvo un alto rendimiento que alcanzó las 33.7 Mg ha⁻¹, mientras que la fertilización orgánica tuvo un rendimiento menor obteniéndose 23.5 Mg ha⁻¹. Lo anterior nos indica que la fertilización inorgánica o química resultó mejor en el rendimiento por hectárea, dado que, los fertilizantes de base química se solubilizan rápidamente en la solución del suelo quedando así disponibles para la absorción de la planta en un lapso de tiempo más corto. Por otro lado, los

fertilizantes orgánicos son de lenta disponibilidad, esto debido a que deben de pasar por procesos como la descomposición.

Cuadro 2. Peso de la cabeza y rendimiento total por efecto del manejo del nitrógeno en cuatro variedades de brócoli cultivado en el valle de Mexicali.

Tratamiento	Peso de cabeza (g)	Rendimiento (Mg ha ⁻¹)
Manejo del nitrógeno (MN)		
Acolchado plástico + 350 kg N ha ⁻¹	500.21 (±191.70) a [†]	24.01 (±9.20) a
350 kg N ha ⁻¹	414.69 (±143.70) ab	19.90 (±6.89) ab
Manejo orgánico	302.08 (±151.70) b	14.50 (±7.28) b
350 kg N ha ⁻¹ + 2.5 Mg estiércol ha ⁻¹	402.92 (±110.60) ab	19.34 (±5.30) ab
Variedad (V)		
Crucible	454.27 (±183.80) ab	21.81 (±8.82) ab
Abrams	322.50 (± 75.00) b	15.48 (±3.59) b
Spectre	345.10 (±102.90) ab	16.57 (±4.93) ab
Spinnaker	498.02 (±202.00) a	23.90 (±9.69) a
Significancia		
Manejo del nitrógeno (MN)	0.026	0.012
Variedad (V)	0.008	0.008
Interacción MN × V	0.447	0.448

†: Diferentes letras dentro de la misma columna significan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

7.2.2 Variedades.

La variedad con la cual se obtuvo mejor rendimiento por hectárea fue la variedad Spinnaker. Por otro lado, la variedad Abrams fue la que menor rendimiento tuvo. Con la primera variedad se obtuvieron rendimientos de 23.9 Mg ha⁻¹, mientras que con la segunda variedad obtuvimos valores más bajos rondando las 15.48 Mg ha⁻¹ lo que arroja una diferencia de 8.42 Mg ha⁻¹ entre los resultados representando un 54.39% más en rendimiento por parte de la variedad Spinnaker.

Los materiales genéticos o variedades tienen sus propias características que hacen que estos mismos tengan sus propios rendimientos en determinados ambientes. Los factores ambientales hacen que las características fenotípicas y genotípicas de cada variedad se ven afectadas y por ende tienden a expresarse de diferente manera un claro ejemplo de ello, es el rendimiento (Guamán-Guamán et al., 2020).

Lancaleoni et al. (2016), menciona que, en brócoli, el principal factor que afecta el rendimiento es el ambiental. Argumentan que incluso existe diferencia entre los tipos de brócoli (los utilizados para producir orgánicamente y los utilizados para producir de forma convencional).

Para el caso del nitrógeno, también debe de considerarse el manejo de la fertilización, de tal manera que se obtengan altos rendimientos con una máxima eficiencia del nitrógeno absorbido por la planta (Liu y Shelp, 1993). Para el caso de esta investigación, el factor manejo del nitrógeno fue independiente de los materiales evaluados.

7.3 Eficiencia en el uso del agua

Dentro de la investigación se evaluó la eficiencia en el uso del agua de riego con dos manejos diferentes (acolchado plástico y suelo desnudo). Según los resultados obtenidos en el EUAR, el manejo donde se implementó el

acolchado del suelo arrojó resultados mayores en el rendimiento de la cosecha ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) que el testigo en suelo desnudo. El suelo con acolchado tuvo como rendimiento $0.086 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, mientras que el testigo a suelo desnudo fue de $0.051 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ teniendo una diferencia de $0.035 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ menos que el acolchado, es decir, al implementar el manejo de acolchado plástico en nuestros cultivos, se aumenta en un 68.62% más la productividad del agua en este cultivo.

López-López, et al. (2009), realizaron una investigación donde se estudió el efecto que tiene el uso del acolchado plástico con cinco diferentes láminas de riego (154 mm, 208 mm, 263 mm, 317 mm y 371 mm, 40, 60, 80, 100 y 120% de la evapotranspiración correspondientemente) de riego en comparación con suelo desnudo establecido como testigo, en un cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). Lo anterior dió como resultado que el acolchado plástico tuvo los más altos rendimientos en las cinco diferentes láminas de riego en comparación con el testigo. La lámina de riego de 371 mm (100%) fue la que más alto rendimiento tuvo con 66.8 Mg ha^{-1} . Este resultado rebasa el promedio nacional según Brindis et al. (2000) donde reporta que el promedio es de 12 Mg ha^{-1} incrementando un 456.66 % más.

Implementando técnicas como son el uso de acolchados (orgánicos e inorgánicos) se genera un efecto positivo en la retención de humedad por parte del suelo. Esto se debe a que está cubierta que se crea sobre el suelo impide totalmente la evaporación que la temperatura le provoca al suelo. En el caso de acolchados plásticos, este mismo capta el agua que es evaporada del suelo creando un ciclo donde el agua retorna hacia el suelo. Por otro lado, los acolchados orgánicos como los residuos de cosecha de trigo o maíz, bajan la temperatura del suelo mediante la inhibición de la entrada de rayos provenientes del sol generando un efecto aislante lo que lleva a retardar la evaporación del suelo (Valenzuela y Gutierrez, 2003).

Cuadro 3. Eficiencia en el uso del agua por efecto del manejo del nitrógeno en cuatro variedades de brócoli cultivado en el valle de Mexicali

Tratamiento	Rendimiento total (Mg ha ⁻¹)	Lámina de riego (mm)	EUAR‡ (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Acolchado plástico + 350 kg N ha ⁻¹	24.01 (±9.20) a†	278	86.36 (±4.45) a
350 kg N ha ⁻¹	19.90 (±6.89) ab	366	54.37 (±5.69) b
Manejo orgánico	14.50 (±7.28) b	374	38.77 (±3.22) c
350 kg N ha ⁻¹ + 2.5 Mg estiércol ha ⁻¹	19.34 (±5.30) ab	374	51.71 (±3.85) b
Significancia			0.0081

†: Diferentes letras dentro de la misma columna significan diferencias significativas según la prueba de Tukey (P < 0.05).

‡: Eficiencia en el uso del agua de riego

VIII. CONCLUSIONES

- Se concluyó que no existe interacción entre el manejo del nitrógeno con la variedad utilizada, es decir, todas las variedades de brócoli utilizadas en la presente investigación se comportaron de la misma manera en los diferentes manejos de nitrógeno que se estudiaron.
- En cuestión de variedades, se concluyó que la variedad brócoli que más rendimiento reportó fue Spinnaker ($23.90 \text{ ton ha}^{-1}$), mientras que la variedad Abrams fue la que menor rendimiento presentó ($15.48 \text{ ton ha}^{-1}$).
- Por otro lado, tomando en cuenta el manejo del nitrógeno, se obtuvo como resultados que el manejo con acolchado plástico + 350 Kg N ha^{-1} fue el que alcanzó los mayores rendimientos ($24.01 \text{ ton ha}^{-1}$), mientras que el manejo orgánico fue el que presentó los menores rendimientos ($14.50 \text{ ton ha}^{-1}$).
- En cuanto a la eficiencia del agua, el manejo de acolchado plástico + 350 Kg N ha^{-1} logró los resultados más eficientes reduciendo la lámina de riego (mm) y a su vez, aumentando las toneladas por hectárea. En cambio, el manejo orgánico junto con el manejo de $350 \text{ kg N ha}^{-1} + 2.5 \text{ Mg de estiércol ha}^{-1}$, mostraron la lámina de riego más alta. Sin embargo, el manejo orgánico fue el que menos rendimiento presentó.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berardocco, H. (2010). Acolchado plástico. Departamento técnico Inplex Venados S A. *www.inplexvenados.com*
- Blanco-Canqui, H. (2007). Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil Tillage Research* 95(1-2): 240-254.
- Brindis, R. C., García, P. S., Lomelí, A. P., González, G. A., Castillo, G. B., & Romero, R. L. (2000). Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO₃ en el extracto celular de pecíolos de tomate de cáscara. *Terra Latinoamericana*, 18(2), 141-145.
- Camargo-Bravo, A., y García-Cueto, R. O. (2012). Evaluación de dos modelos de reducción de escala en la generación de escenarios de cambio climático en el Valle de Mexicali en México. *Información Tecnológica*, 23(3), 11-20.
- Chen, N., Li, X., Šimůnek, J., Shi, H., Ding, Z., and Zhang, Y. (2020). The effects of biodegradable and plastic film mulching on nitrogen uptake, distribution, and leaching in a drip-irrigated sandy field. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 292, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106817>
- Chongo Tanguila, C. P., and Mora Matango, W. E. (2022). *Adaptación de tres híbridos de brócoli (Brassica oleracea var. itálica) bajo fertilización química y orgánica en las localidades de San José de Minas, provincia Pichincha y Cotundo, provincia de Napo* (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Ingeniería Agronómica).
- Criddle, R. S., Smith, B. N., and Hansen, L. D. (1997). A respiration-based description of plant growth rate responses to temperature. *Planta*. 201(1):441-445. <https://doi.org/10.1007/s004250050087>.
- Deafult, R. J. (1997). Determining heat unit requirement for broccoli harvest in coastal South Carolina *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(2) 169-174.
- de Pascale, S., Roupael, Y. Gallardo, M. and Thompson, R.B. (2018). Water and fertilization management of vegetables: state of art and future challenges, *Eur. J. Hortic. Sci.* 83: 306-318, <https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.5.4>
- Díaz-Pérez, J. C. and Batal, K. D. (2002). Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root zone temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(1): 127-136.
- Erenstein, O. (2002). Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil Tillage Res.* 67:115-133.

- Freitag T.E., Chang L., Clegg C.D., and Prosser J.I. (2005). Influence of in-organic nitrogen management regime on the diversity of nitrite-oxidizing bacteria in agricultural grassland soils. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 8323-8334.
- Gray A.R. (1982). Taxonomy and evolution of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Econ. Bot.* 36:397-410.
- Guamán-Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., and Romero-Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56.
- Guillen, L.G. (2012). *Manejo y Producción de Hortalizas* (1° Ed.). Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Guzmán, M. (1992). *El cultivo de brócoli*. Ambato, Ec., Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica. 43 p.
- Hayatsu M., Tago K., and Saito M. (2008). Various players in the nitrogen cycle: Diversity and functions of the microorganisms involved in nitrification and denitrification. *Soil Science and Plant Nutrition* 54: 33-45.
- <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/brassicas/mejorar-el-rendimiento-en-brassicas/>
- Ibarra, M. A. I., Moreno, S. F. M., Valencia, E. A. C., Castorena, M. M. V., Cohen, I. S., and López, A. R. (2007). Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(4), 429-436.
- Jin R.C., Yang G.F., Yu J.J., and Zheng P. (2012). The inhibition of the Anammox process: A review. *Chemical Engineering Journal* 197: 67-69.
- Liu, L. and Shelp, B. J. (1993). Broccoli yield and nitrogen composition in response to different management regimes *Communications Soil Sci. Plant Anal.*, 24(1&2): 61-84
- Lancaloni, S., Onofri, A., Torricelli, R., and Negri, V. (2016). Broccoli yield response to environmental factors in sustainable agriculture. *European Journal of Agronomy* 72: 1-9
- López-López, R., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M. A., López-Cruz, I. L., and Sánchez-Cohen, I. (2009). Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(1), 83-89.
- Marschener, H. (1998). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Edition. Academic Press Inc. San Diego, USA. 889 p.

- Nourbakhsh, F. and Alinejadian A. (2009). Arginine ammonification and L-glutaminase assays as rapid indices of corn nitrogen availability. *Journal of Plant nutrition and Soil Science* 172:127-133
- Rees D.C., Tezcan A., Haynes C.A., Walton M.Y., Andrade S., Einsle O., and Howard J.B. (2005). Structural basis of biological nitrogen fixation. *Philos Transact a Math Phys Eng Sci.* 363 (1829): 971-984.
- Robinson, D. (1988). Mulches and herbicides in ornamental plantings. *Hortscience* 23:547-552.
- Simon J. (2002). Enzymology and bioenergetics of respiratory nitrite ammonification. *FEMS Microbiology Reviews* 26 (3): 285-309.
- Smets, T., and Poesen, J. (2009). Impacts of soil tillage on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion. *Soil Tillage Res.* 103:356-363.
- Tripathi, R.P., Katiyar, T.P.S. (1984). Effect of mulches on the thermal regime of soil. *Soil Tillage Res.* 4:381-390.
- Turney, J., Menge, J. (1994). Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc., California Avocado Commission and Citrus Research Board. 8p.
- Vagen, I. M., Skjelvag, A. O., and Bonesmo, H. (2004). Growth analysis of broccoli in relation to fertilizer nitrogen application. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 79 (4) 484-492
- Valenzuela, P. A., & Gutiérrez, H. C. (2003). *Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno*. Universidad Nacional de Chile.
- Wang, K., Wang, C., Chen, M., Misselbrook, T., Kuzyakov, Y., Soromotin, A., Dong, Q., Feng, H., and Jiang, R. (2022). Effects of plastic film mulch biodegradability on nitrogen in the plant-soil system. *Science of Total Environment* 833: 155220 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155220>

X. APENDICES

10.1. Constancia de participación en Congreso Nacional Estudiantil en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica



4° Congreso Nacional Estudiantil en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica

La Universidad Autónoma Chapingo, la Dirección General de Investigación y Postgrado a través del Centro de Investigación en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica (CIBEAO)

Otorgan la presente:

CONSTANCIA A:

Iñiguez Hernández Cristian David, Samaniego Gámez Blanca Yesenia, Valle Gough Raúl Enrique, Samaniego Gámez Samuel, Escobosa García Isabel y Núñez Ramírez Fidel

Por su participación como ponentes en la modalidad de cartel con el trabajo titulado:

“Manejo del nitrógeno en el rendimiento y calidad de cuatro variedades de brocoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en el Valle de Mexicali”

evento realizado en la Universidad Autónoma Chapingo los días 28, 29 y 30 de junio de 2023.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
Centro de Investigación en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica

30 JUN. 2023

en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica

Maria del Sol Robledo Monterrubio
Dra. María del Sol Robledo Monterrubio
Coordinadora del Centro de Investigación en Biología, Educación Ambiental y Agricultura Orgánica

Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros
Dra. Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros
Directora General de Investigación y Postgrado de la Universidad Autónoma Chapingo

M.C. Lavinia Enid Espinosa Heredia
M.C. Lavinia Enid Espinosa Heredia
Directora de la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo