

MODELACIÓN DE CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EDÁFICAS PARA MENTA (*MENTHA SPICATA L.*) Y CEBOLLÍN (*ALLIUM SCHOENOPRASUM*) BAJO CONDICIONES DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

Juan David Giraldo Giraldo¹

Santiago Alejandro Gutiérrez Henao²

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el comportamiento en la absorción de nutrientes en medio edáfico de las especies Menta (*Mentha spicata L.*) y Cebollín (*Allium schoenoprasum*) durante dos ciclos de producción (de 54 y 56 días, respectivamente), con el fin de tener un modelo estadístico aplicable al ciclo productivo de estas. Para lograr el objetivo se determinó el valor de materia seca y la concentración de nutrientes en tejido (análisis nutricional), para lo cual se empleó 200 plántulas por especie establecidas en un ambiente semi-controlado (cobertura o semitecho), con niveles de fertilización edáfica adecuados, se realizó cinco muestreos de tres réplicas cada uno por cada especie. Como resultado de la investigación se encontró que los modelos que mejor explicaron el comportamiento en la absorción de nutrientes fueron el cúbico y el cuadrático. Finalmente, se encontró que las cantidades de los elementos de mayor demanda en la menta fueron en kilogramos por hectárea por cada ciclo ($\text{kg}^{-1}\text{ha}^{-1}\text{ciclo}^{-1}$): 58,87 de Ca, 36,97 de K y 26,92 de N; para el cebollín fueron 15,91 de N, 11,97 de K y 3,73 de Ca, donde los elementos nutricionales que se tomaron en mayor proporción durante los dos ciclos fueron calcio (Ca), potasio (K) y nitrógeno (N), por su parte, el fósforo fue uno de los que menos se absorbió, los otros nutrientes como magnesio y azufre se tomaron en concentraciones medias o bajas con respecto a los primeros.

Palabras clave: absorción, nutrientes, aromáticas.

ABSTRACT

In the present study the behavior in the absorption of nutrients in edaphic environment of the species Mint (*Mentha spicata L.*) and Chives (*Allium schoenoprasum*) was evaluated during two production cycles (54 and 56 days, respectively), in order to have a statistical model applicable to their productive cycle. To achieve the objective, the value of dry matter and the concentration of nutrients in tissue (nutritional analysis) were determined, for which 200 seedlings per species established in a semi-controlled environment (cover or semicover) were used, with edaphic fertilization levels adequate, five samples of three replicates each were made

¹ Aspirante al título de Agrónomo Universidad Católica de Oriente, 2019.

² Aspirante al título de Agrónomo Universidad Católica de Oriente, 2019.

for each species. As a result of the investigation it was found that the models that best explained the behavior in nutrient absorption were the cubic and the quadratic. Finally, it was found that the quantities of the most demanded elements in mint were in kilograms per hectare per cycle ($\text{kg}^{-1}\text{ha}^{-1}\text{cycle}^{-1}$): 58,87 Ca, 36,97 K and 26,92 K N; for the scallion were 15,91 of N, 11,97 of K and 3,73 of Ca, where the nutritional elements that were taken in greater proportion during the two cycles were calcium (Ca), potassium (K) and nitrogen (N), meanwhile, phosphorus was one of the least absorbed, the other nutrients such as magnesium and sulfur were taken in medium or low concentrations with respect to the first.

Keywords: absorption, nutrients, aromatic.

INTRODUCCIÓN

El mercado de exportación de productos agrícolas desde Colombia tiene una gran oportunidad en el mercado internacional, algunos de estos productos son: flores, banano, aguacate, aromáticas, entre otros; dichas exportaciones, se convierten en oportunidades de desarrollo para el agro colombiano, el cual evidencia décadas de atraso con respecto a otros sectores. En el caso de las aromáticas, este mercado ha tenido altibajos, con sus precios fluctuantes y mercados inestables, no obstante, muestra una recuperación que se debe aprovechar al máximo, por esta razón se debe buscar optimizar los recursos, proponer nuevas técnicas de producción y conocer el correcto manejo de las especies para aplicar prácticas de agricultura de precisión, entre otras.

La demanda internacional de las aromáticas de Colombia están distribuidas así: Estados Unidos un 75%, Canadá 10%, Inglaterra 10%, y otros destinos 5%, donde las principales especies que exportan son albahaca 50%, menta 20%, cebollín, orégano, romero, tomillo y laurel con el 10% cada una (Sistema de Información, de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas SIOC, 2017). Según la Cadena Plantas Aromáticas, Medicinales y Condimentarias y Afines (PAMCyA), (2014), el área cultivada en estas especies es de 1.957 hectáreas (ha), con una producción de 8.102 Mg (8.1 toneladas anuales), datos estimados que para el 2016 reportaron un crecimiento del 19% (3.190 ha). A nivel del país, el departamento de Antioquia reportaba para el año 2014, 639 hectáreas sembradas y 3.899 Mg (3.9 toneladas) de producción, y se proyectó para el 2016, 896 ha, con 5.447 Mg (5.5 toneladas), razón por la cual, en el año 2015 pasó a ser el primer productor de PAMCyA con un 21%, seguido por Cundinamarca 20%, Putumayo 16%, Valle del Cauca 16%, Guajira 9% y Chocó con el 8% (Colombia. Ministerio de Agricultura, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, el reto para los productores debe partir desde buscar nuevas formas de producir a mayor proporción y a menores costos, para lograr esto se debe abordar desde muchas perspectivas la producción, una de las más importantes es el manejo integral y rentable de los cultivos, donde uno de los factores fundamentales está ligado a la fertilización y la nutrición, teniendo en cuenta la demanda nutricional de cada especie, la calidad, la rentabilidad y el cuidado por el medio ambiente (Dibb, Roberts, & Welch, 2012).

Para dar respuesta a este desafío, se debe conocer las curvas de absorción de nutrientes por parte de las especies que se constituye en una herramienta para determinar los aspectos fundamentales, ya que esto puede optimizar los recursos y provee precisión en las aplicaciones de fertilizantes (Bertsch & Ramírez, 1997). Para realizar dichas curvas, es necesario realizar aplicaciones de los nutrientes al suelo en niveles suficientes (adecuados -óptimos), y mantener la planta en óptimas condiciones (manejo agronómico), además realizar análisis foliares con frecuencia para conocer la migración de nutrientes (absorción) al tejido, (Havlin, Beaton, Tisdale, & Nelson, 1999).

Al respecto varios estudios sobre curvas de absorción han dado como resultado planes de fertilización basados en esta herramienta. Amador & Bernal (2017), recomiendan que para el arroz (*Orizya sativa*) variedad Venezuela 1, bajo condiciones del Valle de Sébaco, Nicaragua; se apliquen por cada Mg de arroz esperado a cosecha, 78 kg de K, 43 kg de N y 10 Kg de P. Así pues, resaltan los autores que el nutriente de mayor absorción durante todas las etapas fenológicas del cultivo fue el K. En otra investigación realizada bajo condiciones agroecológicas similares a las del presente trabajo, Chica & Morales (2012), encontraron que el orden de los nutrientes en gramos por planta (g.planta^{-1}) en la especie Tomillo (*Thymus vulgaris* L.), fueron: $\text{N}=2,3 \text{ g.planta}^{-1} > \text{K}=2,1 \text{ g.planta}^{-1} > \text{Mg}=0,82 \text{ g.planta}^{-1} > \text{Ca}=0,64 \text{ g.planta}^{-1} > \text{S}=0,42 \text{ g.planta}^{-1}$, en las semanas 9 y 10.

Buscando conocer el comportamiento o requerimiento nutricional (de absorción) de las especies para menta (*Mentha spicata* L.) y cebollín (*Allium schoenoprasum*), se planteó el objetivo de modelar curvas de absorción de nutrientes en medio edáfico, tendientes a optimizar los planes de fertilización, durante dos ciclos de producción después de la siembra de dichas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre los años 2016 a 2018, en las instalaciones de la Universidad Católica de Oriente, en el Municipio Santiago de Arma de Rionegro, km 36 de la

autopista Medellín–Bogotá, localizado a los 6° 9' 18'' de latitud Norte y 75° 22' 48'' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, con una temperatura media anual de 17°C, humedad relativa de 87%, una precipitación anual promedio que oscila entre los 1.800 a 2.500 mm y una altura media de 2.130 msnm, bosque húmedo montano bajo (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM , 2018).

La siembra se realizó en un ambiente semi-controlado (cobertura o semitecho), el cual contaba con cobertura impermeable y manejo individualizado de las plantas en bolsas de polietileno con capacidad para 5.301 cm³ de sustrato comercial, previamente esterilizado, con certificación en la norma ambiental ISO 14001:2004. A dicho sustrato se le realizó análisis físico-químico en los laboratorios de la Universidad Católica de Oriente para conocer su estado nutricional y a partir de allí se realizó un ajuste a los elementos nutritivos que lo requerían (Tabla. 1). Se empleó plántulas previamente enraizadas, las cuales fueron trasplantadas el 14 de febrero del 2017 (día cero) y a estas se les tomó la primera muestra en la misma fecha para análisis foliar con el propósito de conocer las concentraciones iniciales de los elementos en el tejido vegetal.

Tabla 1. Fertilización empleada para la especie evaluada.

Fecha	Fuente	Dosis (g/planta)
26 mayo 2017	10-30-10	2.22
	46-0-0	0.6
24 julio 2017	0-0-60	0.37
	Menores (Agrimens)	0.5
21 junio 2017	10-30-10	2.22
	46-0-0	0.6
12 agosto 2017	0-0-60	0.37

La unidad experimental constó de 400 plantas, 200 para cebollín (*Allium schoenoprasum*) y 200 para menta (*Mentha spicata L.*), con el fin de garantizar suficiente material vegetal al momento de los muestreos. De las especies vegetales ya establecidas, se procedió a cosechar plantas al azar, en diferentes días preestablecidos después del trasplante, durante dos (2) ciclos de producción, así: para la especie Menta (*Mentha spicata L.*) a los días 0, 27, 54, 81 y 96, para la especie Cebollín (*Allium schoenoprasum*) a los días 0, 28, 56, 75 y 91. Las plantas cosechadas fueron empleadas para dos análisis de laboratorio específicos, con el mérito de dar respuesta a las variables nitrógeno N, fósforo P, Potasio K, Calcio Ca, Magnesio Mg, y Azufre S, expresadas en gramos por planta (g.plnta⁻¹).

El primer análisis de laboratorio tuvo como fin conocer la concentración de nutrientes en las biomásas aéreas (análisis de tejidos), se realizó de la siguiente manera: cada muestreo estuvo conformado por submuestras de tejido vegetal por especie, efectuando 15 análisis de niveles de acumulación de nutrientes foliares, los cuales fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia bajo los siguientes métodos: nitrógeno N (Kjeldhal), azufre S (Turbidimetria), calcio Ca (CLz bactogelatina), fosforo P colorimétrico (complejo fosforo.monolibdico), magnesio Mg y potasio K (absorción atómica); el segundo análisis determino los valores netos (materia seca) para ambas especies; este análisis se efectuó tomando 3 plantas al azar de cada especie y se realizó en la Universidad Católica de Oriente bajo la Norma IGAC (2006). Luego, con base en la fecha de toma de ambos insumos, se obtuvo la absorción final por elemento mediante la aplicación de la formula “Absorción” la cual asocia los dos análisis de laboratorio antes mencionados, la masa seca o peso seco y las concentraciones de nutrientes totales (Floria & Bertsch, 2015), la aplicación de esta fórmula por cada elemento representa un punto en la curva de acumulación, y así sucesivamente con los diferentes muestreos, hasta generar la curva completa para dicho elemento (Fig. 1).

$$\text{Absorción: } \frac{(\text{Materia seca}) * (\% \text{ elemento})}{100}$$

100

Finalmente obtenidos los datos se procedió a realizar el análisis estadístico, probando tres modelos de regresión: $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$ (Modelo lineal), $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon$ (Modelo cuadrático) y $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \varepsilon$ (Modelo cúbico), donde Y es el estimado de la absorción del nutriente, X es el tiempo, y $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3)$ los parámetros de los modelos. Se seleccionó el mejor modelo por medio del criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de información bayesiano (BIC); descritos como: $AIC = -2\ln L + 2K$ (Akaike, 1974); $BIC = -2\ln L + K \ln N$ (Schwarz, 1978). Donde K es el número de parámetros estimados; L es la función máxima de probabilidad, Ln es el logaritmo natural y N es el tamaño de la muestra. Todos los análisis estadísticos se realizaron usando el paquete estadístico nls2 (Grothendieck, 2013) del programa R-project (R Development Core Team, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa encontrada en las especies

La masa seca foliar como medio para inferir los requerimientos nutricionales para los dos ciclos de *Mentha spicata* L y *Allium schoenoprasum* permitió estimar la producción en g.planta⁻¹ y llevar estos valores a Kg/ha efectiva de masa seca aérea; como referencia se tomó

una densidad de siembra de 150000 plantas en 7200 m² (uso efectivo por ha de 72%), el restante de la hectárea es tomado en cuenta para completar espacios para circulación de personal y laboreo. Teniendo en cuenta la densidad de siembra y producción de masa fresca se obtuvo una producción para el primer ciclo de menta (día 54) de 2736.5 Kg/ha efectiva y de 456 Kg/ha efectiva de biomasa seca aérea y para la culminación del segundo ciclo 5511.5 Kg/ha efectiva de masa fresca aérea (MFA) y 925.5 Kg/ha efectiva de biomasa seca aérea (MSA); por tanto, la especie presentó 85% de humedad en tejido aéreo. Por su parte, el cebollín al final del primer ciclo arrojó una producción de 4125 Kg/ha de biomasa fresca y 585 Kg/ha efectiva de biomasa y para el segundo ciclo 2589 Kg/ha de masa fresca y 319.5 Kg/ha de biomasa, con un aproximado de 89% de humedad. Los datos mencionados anteriormente, estadísticamente se aproximaron a un crecimiento exponencial hasta el final del segundo ciclo (día 96) para el caso de la menta (Fig. 1). Por su parte, la biomasa foliar para cebollín (Fig. 2), mostró crecimiento hasta el final del primer ciclo o día 56, pero a partir de este momento hasta el día 75 expresó altibajos o fluctuación en dicha producción (ver figura 2).

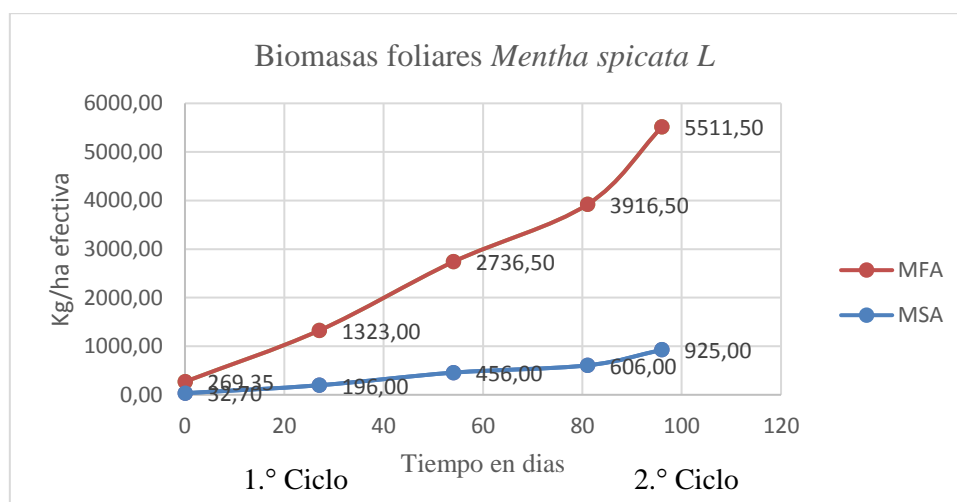


Figura 1. Comportamiento de la biomasa seca foliar para *Mentha spicata L.* durante dos ciclos de cosecha después del trasplante.

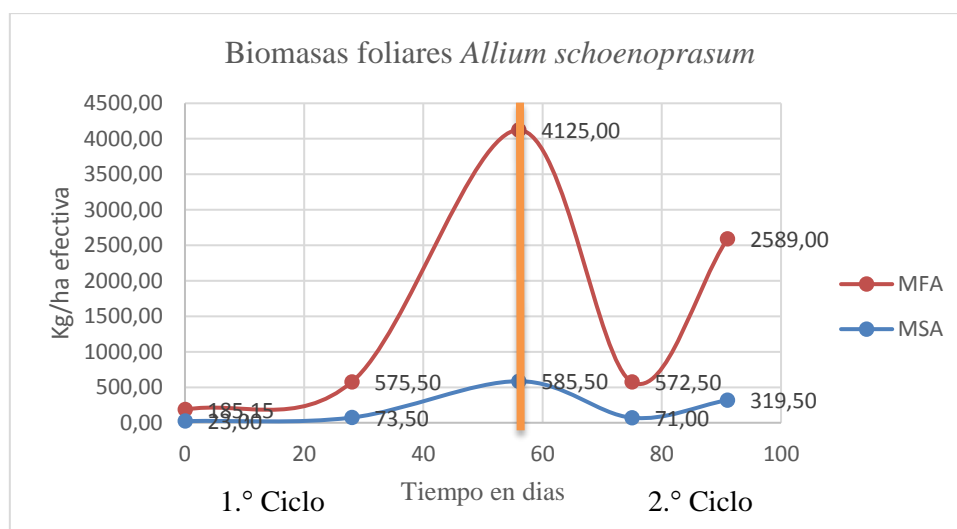


Figura 2. Comportamiento de la biomasa seca foliar para *Allium schoenoprasum* durante dos ciclos de cosecha después del trasplante.

Comportamiento o modelación de los nutrientes en las especies evaluadas

Menta (Mentha spicata L.):

La modelación de curvas de absorción edáficas para *Mentha spicata L.* con respecto a los elementos N, P, K, Ca, Mg y S convergieron (coincidieron en el mismo comportamiento) para los dos ciclos, los modelos que expresaron el mejor comportamiento se seleccionaron con respecto a los que presentaron menor valor de “criterio de información de Akaike” (AIC) y “criterio de información Bayesiano” (BIC), con lo cual se encontró que el modelo cúbico fue el que mejor explicó el comportamiento para N, P, Ca, S y el modelo cuadrático para los elementos K y Mg en la curva de absorción. La modelación de los elementos muestra una tendencia a mantenerse o aumentar en el tiempo independientemente del comportamiento estadístico, lo cual se debe a que durante el tiempo de medición no se alcanzó el punto máximo de absorción, siendo así, uno de los resultados importantes es la prolongación del tiempo de evaluación a más ciclos de cosecha en esta especie.

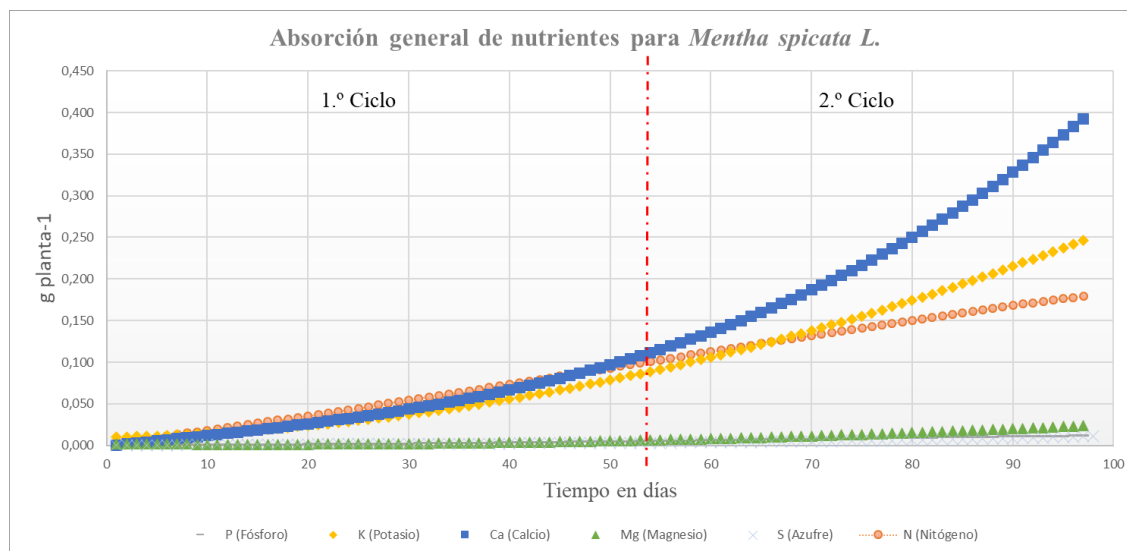


Figura 3. Comportamiento de la absorción general de nutrientes (N, P, K, Ca, S y Mg) de *Mentha spicata L.* durante dos ciclos de cosecha después del trasplante.

Con respecto a las cantidades y orden de absorción de los elementos, en la fertilización de los cultivos comerciales se ha tenido como elementos principales o de mayor demanda para las plantas el N, P y K, sin embargo el presente estudio sugiere que para esta especie los tres elementos más demandados con respecto a cantidad fueron $Ca > K > N$ y el orden de absorción para los elementos evaluados durante los dos ciclos fue $Ca > K > N > Mg > P > S$ (Fig. 3); estos resultados pueden consolidar las bases para un plan de fertilización en la especie *Mentha spicata L.* bajo estas mismas condiciones agroecológicas. La investigación coincidió en parte con los resultados encontrados por Pedraza & Henao (2008) para la misma especie en suelos de Cundinamarca (Colombia), quienes reportaron un orden de extracción en porcentajes de la siguiente manera: $K (1,07-7,23\%) > N (1,57-4,74\%) > Ca (0,66-1,36\%) > P (0,24-0,64\%) > Mg (0,14-0,60\%)$, sin embargo muestra diferencia en el orden de la toma de los nutrientes para ambas investigaciones, pero el N, K y Ca, siguen siendo los tres elementos de mayor demanda para esta especie. Esta variación podría estar dada por la diferencia en los contenidos del suelo donde fueron desarrolladas las plantas, además de las condiciones de evaluación, ya que el estudio traído a colación se realizó en cultivos comerciales con programas de nutrición calendario. Finalmente, ambas investigaciones permiten concluir que la especie *Mentha spicata L.* tiene mayor demanda del elemento K que de N, lo cual difiere de otros reportes o creencias que tienen con respecto al nitrógeno.

La curva de absorción también permitió observar que los elementos nutritivos en esta especie fueron crecientes durante los dos ciclos, sin embargo, se presentan diferencias leves,

con la demanda de Nitrógeno (N) entre los días 3 y 42 del primer ciclo, superando al Calcio (Ca) y al Potasio (K).

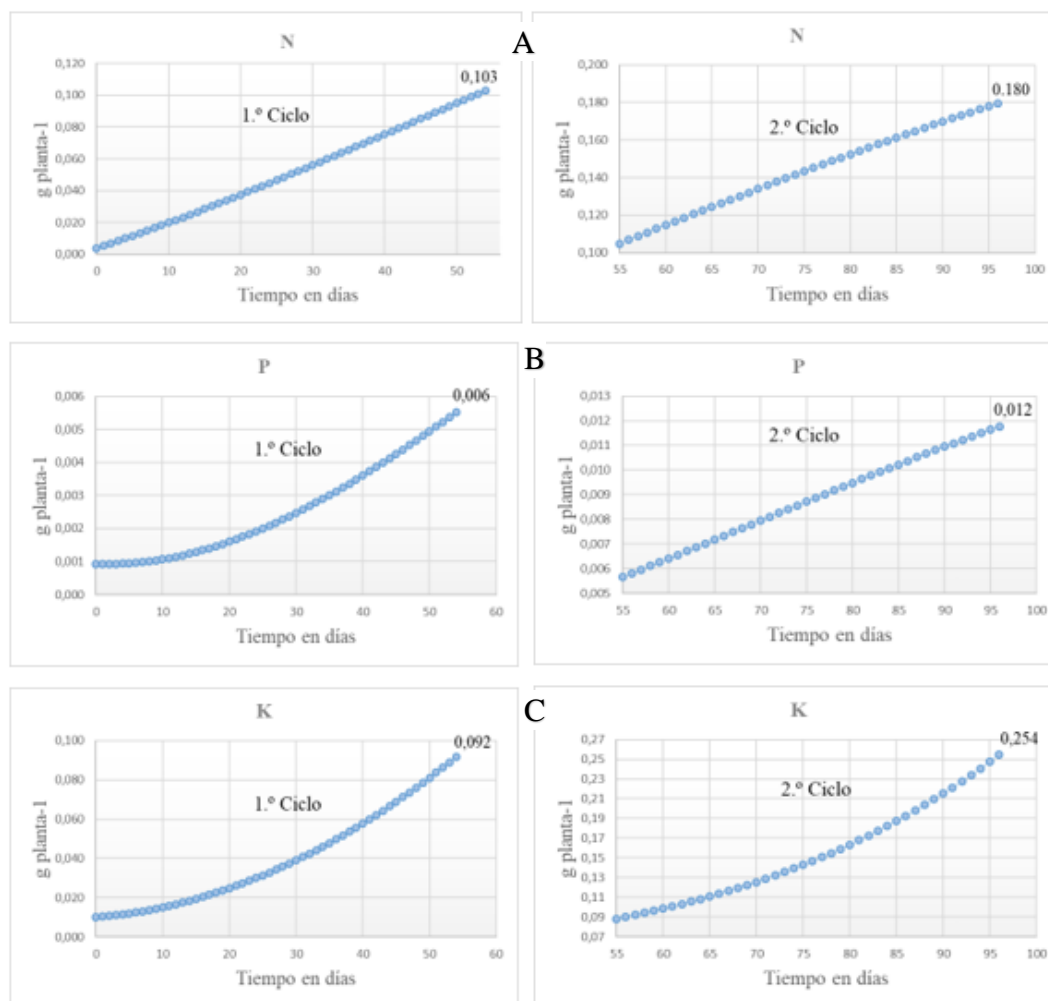


Figura 4. Comportamiento de la absorción por ciclo de los elementos, para *Mentha spicata L.* durante dos ciclos de cosecha después del trasplante, donde; A= nitrógeno (N), B= fósforo (P) y C= potasio (K).

Para estos casos como se puede observar en la figura 5, el comportamiento de la absorción de nutrientes en general fue similar para los dos ciclos, donde se presentó un crecimiento constante de absorción versus el tiempo. En el caso puntual del nitrógeno, mejor explicado por el modelo cúbico en ambos ciclos tuvo un crecimiento constante llegando a un acumulado de 0,18 g/planta para los dos ciclos de cosecha, el fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio con un total absorbido de 0.012 g/planta, 0.254 g/planta, 0.393 g/planta, 0.011 g/planta, 0.024 g/planta respectivamente, con modelación cubica también presento un comportamiento creciente en la demanda de cada elemento pero con variaciones éntrelos días 20 y 30 del primer ciclo tendientes a aumentar de forma considerable (Fig. 4 y 5).

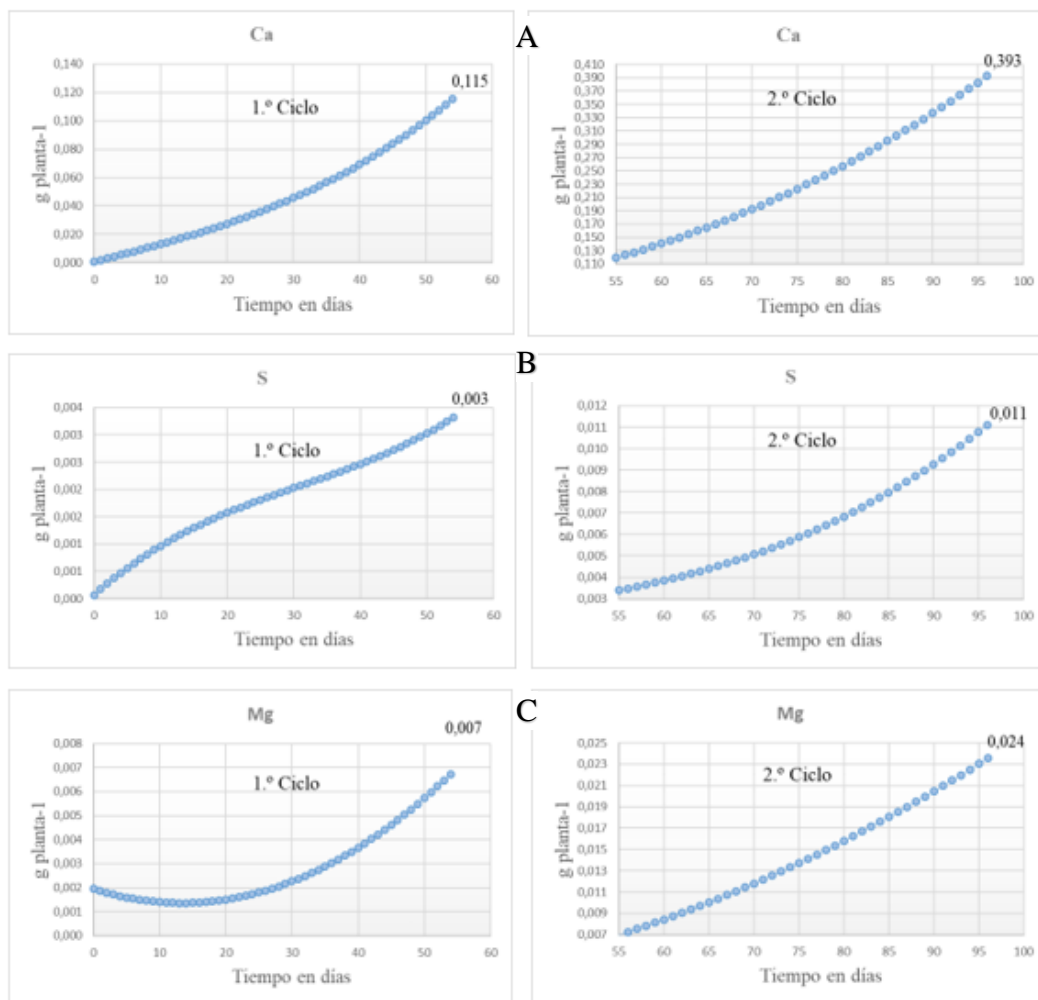


Figura 5. Comportamiento de la absorción por ciclo de los elementos, para *Mentha spicata L.* durante dos ciclos de cosecha después del trasplante, donde; A= calcio (Ca), B= azufre (S) y C= magnesio (Mg).

Los valores expresados en las curvas de absorción como se mencionó anteriormente tienen un comportamiento tendiente a aumentar en todos los elementos evaluados, lo cual definió que los puntos máximos de demanda de cada elemento se presentaron en el día 96 correspondiente a la finalización del segundo ciclo (Tabla. 2), sin embargo, este comportamiento no indica que todos los elementos vayan a seguir esta tendencia infinitamente, ya que fisiológicamente no es posible por procesos naturales como genética, tamaño de la planta, envejecimiento, o senescencia de sus órganos, entre otras. Las demandas mínimas de los elementos de esta especie se presentaron en el día cero, a excepción del Fósforo que fue entre los días 2-5 y Mg entre los días 10-20 (Tabla. 2).

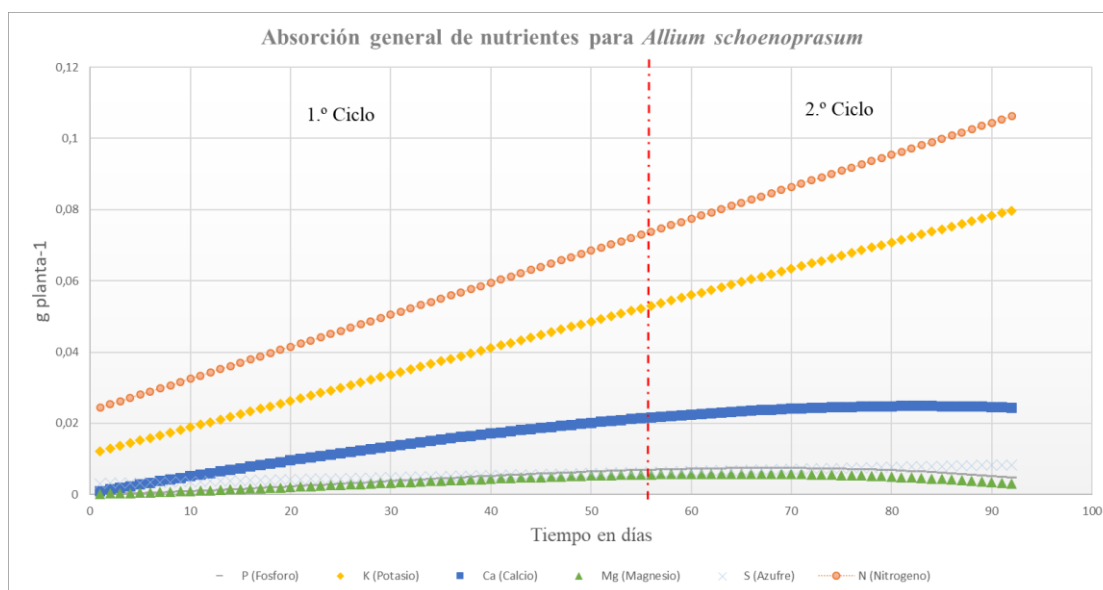
Cebollín (*Allium schoenoprasum*)

Figura 6. Comportamiento de la absorción general de nutrientes (*N*, *P*, *K*, *Ca*, *S* y *Mg*) de *Allium schoenoprasum*, durante dos ciclos de cosecha después del trasplante.

La especie *Allium schoenoprasum* al igual que en *Mentha spicata L.* fue evaluada bajo 3 modelos de regresión (Lineal, Cuadrático y Cúbico) para los elementos *N*, *P*, *K*, *Ca*, *Mg*, *S* y elegido el mejor modelo mediante los criterios de información AIC y BIC. Los modelos que mejor explicaron el comportamiento de los nutrientes en esta especie fueron el modelo lineal para el caso de *N*, *K*, *S* y el modelo cúbico para *P*, *Ca* y *Mg*. La modelación de los elementos con comportamiento lineal mostró un crecimiento exponencial hasta la finalización de los dos ciclos de cosecha, por otro lado, los elementos que presentaron comportamiento cúbico marcan sus puntos máximos de absorción entre los días 50 y 60 (Tabla. 2) correspondientes a la finalización del primer ciclo de cosecha y el inicio de la recuperación de la planta entre los días 70 y 80.

Los elementos con mayor demanda para esta especie fueron *N-K-Ca*, siendo los mimos de *Mentha spicata L.*, pero con un orden diferente en cuanto a cantidades requeridas. El orden general de la totalidad de los elementos fue: $N > K > Ca > S > P > Mg$, resaltando que para el ciclo uno, el *S* es más demandante que el *Ca* en una baja proporción (Fig. 6). Este orden de absorción coincide parcialmente con los resultados encontrados por Bernal, Morales, Fischer, & Magnitskiy (2008) en concentraciones foliares para plantas testigos de cebollín, que presenta un orden de absorción así: $K > N > Ca > Mg > P > S$ donde la diferencia radica en la intercalación del *Mg* y el *P*, y las concentraciones de *K* versus *N* como es el caso del presente

estudio. Estos resultados podrían darse debido a la diferencia en las condiciones a las cuales fueron expuestas durante su desarrollo fisiológico y el manejo agronómico proporcionado.

En otro estudio realizado en plantas de Cebolla por Porto, Cecilio, A, & Barbosa (2006), citado por Bernal, Morales, Fischer, & Magnitskiy (2008), se encontró que el orden de concentración de los elementos fue $K > N > Ca > S > Mg > P$, afirmándose así, que un elemento como el Ca en este tipo de plantas toma un tercer lugar en demandas nutricionales, además; el K y el N son los dos elementos requeridos en mayores cantidades por la planta.

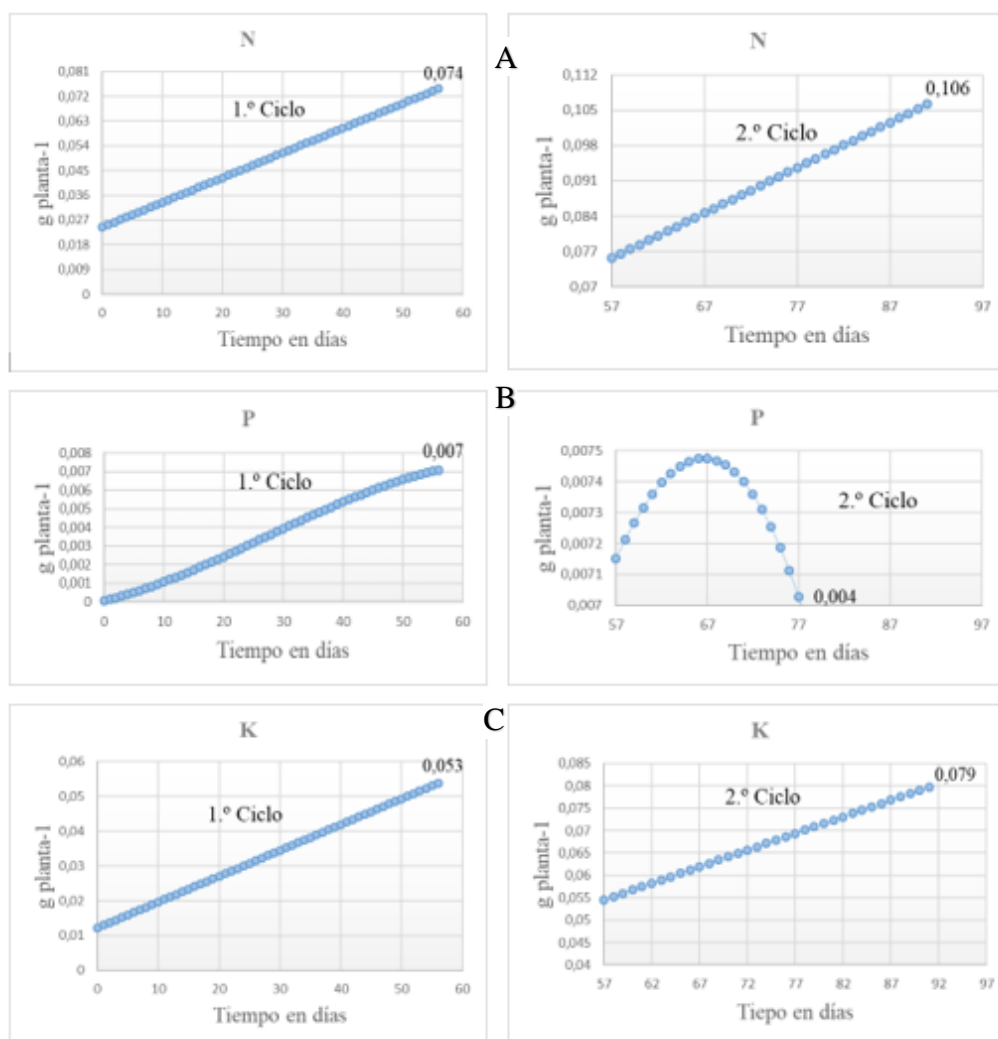


Figura 7. Comportamiento de la absorción por ciclo de los elementos, para *Allium schoenoprasum* durante dos ciclos de cosecha después del trasplante, donde; A= nitrógeno (N), B= fósforo (P) y K= potasio (K).

La absorción de nutrientes en Cebollín del ciclo uno con respecto al ciclo dos, tuvo la misma modelación y el mismo crecimiento exponencial, para el caso de N, K y S (Fig. 8 y 9), es decir; absorción constante durante los dos ciclos. Los elementos con modelación cúbica P,

Ca y Mg (Fig. 7 y 8), presentaron una demanda creciente durante el primer ciclo, pero en el segundo ciclo se da una concavidad hacia abajo, donde se expresa el máximo relativo.

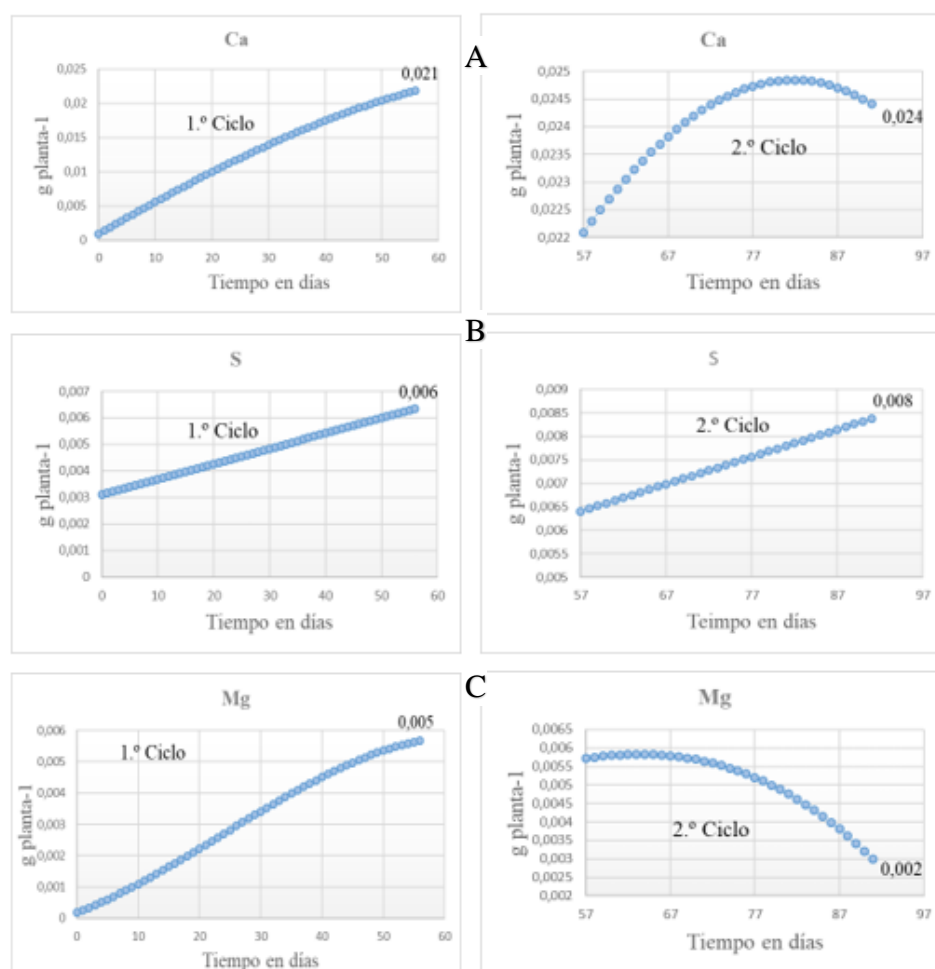


Figura 8. Comportamiento de la absorción por ciclo de los elementos, para *Allium schoenoprasum* durante dos ciclos de cosecha después del trasplante, donde; A= calcio (Ca), B= azufre (S) y C= magnesio (Mg).

La absorción de nutrientes respecto a los puntos máximos y mínimos (Tabla. 2) o los días de máxima y mínima demanda de nutrientes se marcó para esta especie durante el segundo ciclo así: N, K y S en el día 91 (finalizando segundo ciclo), P día 67, Mg día 63 (iniciando el segundo ciclo) y Ca día 82 (mitad del ciclo) lo que indica que la totalidad de la aplicación de los diferentes elementos que conforman la nutrición de la planta deben ser distribuidos en mayor proporción hasta este número de días, sin embargo no quiere decir que la planta no demande más este nutriente durante el resto del ciclo; posiblemente lo demande en menor proporción. Por otro lado, la mínima absorción para todos los elementos se presentó en el día cero indicando

Así que en los primeros días de vida de la planta todos los elementos evaluados son requeridos en mínimas concentraciones.

Tabla 2. Máximos y mínimos de absorción de los elementos para *Mentha spicata L.* y *Allium schoenoprasum* durante dos ciclos de cosecha después del trasplante.

MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE ABSORCIÓN DE LOS ELEMENTOS									
Cebollín (<i>Allium schoenoprasum</i>)					Menta (<i>Mentha spicata L.</i>)				
Elementos	Max (g)	Edad (Día)	Min (g)	Edad (Día)	Elementos	Max (g)	Edad (Día)	Min (g)	Edad (Día)
N	0,1061913	91	0,0244278	0	N	0,179503725	96	0,003806	0
P	0,0074752	67	0,00004079	0	P	0,011763178	96	0,000926275	2
K	0,0797401	91	0,0121817	0	K	0,24657112	96	0,009958	0
Ca	0,024844	82	0,0009631	0	Ca	0,39251126	96	0,0004895	0
S	0,0083747	91	0,003094	0	S	0,011100695	96	0,00006601	0
Mg	0,0058306	63	0,0001751	0	Mg	0,0235712	96	0,001367455	13

Las curvas de absorción como insumo básico para la generación de un plan de fertilización permiten conocer las demandas de algunos elementos que requiere la planta para su desarrollo durante determinado tiempo. A razón de conocer la utilidad y el manejo de los resultados expuestos se presenta una propuesta a partir de los g.planta^{-1} adsorbidos de cada elemento, como molécula química en determinado grado de fertilizante para una hectárea efectiva de 7200 m^2 durante los dos ciclos evaluados, donde se logra apreciar en cantidades reales cuales son las proporciones ideales a aplicar en campo bajo las condiciones agroecológicas empleadas en este estudio (véase tabla 3 y 4). Para la generación de estos datos se empleó el valor aculado por cada ciclo para cada uno de los elementos evaluados, los cuales es necesario suministrarlos en forma de molécula, ejemplo P_2O_5 , K_2O de tal manera que la planta logre asimilarlos; cálculo que se aplica mediante la suma del peso atómico de cada uno de los elementos que componen la molécula y el espacio que ocupa el elemento a aprovechar (N, P, K, Ca, Mg, S) dentro de la misma. En este mismo sentido se calculó el fertilizante necesario dentro de un grado de fertilizante comercial (46-0-0,0-42-0, etc.) y se llevó a gramos (g) de fertilizante por planta y a Kg fertilizante por ha efectiva (Tabla 3 y 4). Sin embargo, es importante aclarar que los valores dados son solo las cantidades que la planta demandó bajo estas condiciones, pero el suelo al ser una matriz tan compleja puede presentar pérdida de nutrientes por razones tales como lixiviación, evaporación etc., por esta razón es importante tener estos valores como base de las cantidades de fertilizante aplicar y no como valores definitivos.

Tabla 3. Propuesta para calcular fertilizantes basada en curvas de absorción edáficas para *Mentha spicata L.* durante los dos ciclos de cosecha.

Elemento	Kg/ha elemento puro absorbidos planta-1	Grado de fertilizante	Densidad de siembra- Hectárea efectiva (7200m ²)	Kg fertilizante- Hectárea efectiva (7200m ²)
Primer Ciclo				
N	15,3	46-0-0	150000	33,54
P	0,82	0-42-0	150000	4,47
K	1,37	0-0-60	150000	27,60
Segundo Ciclo				
N	11,5	46-0-0	150000	24,98
P	0,93	0-42-0	150000	5,07
K	23,23	0-0-60	150000	46,66

Tabla 4. Propuesta para calcular fertilizantes basada en curvas de absorción edáficas para *Allium schoenoprasum* durante los dos ciclos de cosecha.

Elemento	Kg/ha elemento puro absorbidos planta-1	Grado de fertilizante	Densidad de siembra- Hectárea efectiva (7200m ²)	Kg fertilizante- Hectárea efectiva (7200m ²)
Primer Ciclo				
N	11,21	46-0-0	150000	24,37
P	1,06	0-42-0	150000	5,74
K	8,05	0-0-60	150000	16,19
Segundo Ciclo				
N	4,71	46-0-0	150000	10,25
P	0,05	0-42-0	150000	0,31
K	4	0-0-60	150000	7,82

De acuerdo a la modelación de las curvas de absorción para Menta (*Mentha spicata L.*) se identificó que durante el segundo ciclo se demanda la mayor parte de elementos, presentando porcentajes superiores al primer ciclo, a excepción del N que es necesario en mayor cantidad para el primer ciclo (Tabla. 5). En el caso específico del Cebollín (*Allium schoenoprasum*) todos los elementos evaluados son requeridos en mayor cantidad en el primer ciclo, resaltando el P y el Mg en casi un 100% (Tabla. 5). El orden de absorción de nutrientes con respecto a los elementos N, P, K, Ca, Mg, S durante los dos ciclos de producción mostró una mayor demanda de N, K, Ca para las dos especies intercalando su orden y los elementos Mg, S, P son los menos requeridos.

Tabla 5. Orden de absorción de nutrientes (kilogramo elemental (ha *-puro-libre*) en Kg/ha durante dos ciclos de cosecha después del trasplante, para (*Mentha spicata L.*) y (*Allium schoenoprasum*).

Menta (<i>Mentha spicata L.</i>)						
	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	S (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)
Ciclo 1	15.43	0.825	13.74	17.28	0.49	1.0
Orden de absorción de nutrientes ciclo 1 Ca>N>K>Mg>P>S						
Ciclo 2	11.49	0,93	23.23	41.59	1.17	2.52
Orden de absorción de nutrientes ciclo 2 Ca>k>N>Mg>s>p						
Total	26.92	1.75	36.97	58.87	1.66	3.52
Cebollín (<i>Allium schoenoprasum</i>)						
	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	S (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)
Ciclo 1	11.20	1.06	8.07	3.28	0,94	0,85
Orden de absorción de nutrientes ciclo 1 N>K>Ca>P>S>Mg						
Ciclo 2	4.71	0,06	3.9	0.45	0,3	0.3
Orden de absorción de nutrientes ciclo 2 N>K>Ca>S>Mg>P						
Total	15.91	1.12	11.97	3.73	1.24	1.15

CONCLUSIONES

Los modelos de mayor precisión fueron en *Mentha spicata L.*, cúbico para N, P, Ca, S y cuadrático para K y Mg. En *Allium schoenoprasum* el modelo lineal para N, K, S y cúbico para P, Mg y Ca.

En *Mentha spicata L.* los momentos de mínima absorción de nutrientes fueron: P, día 2, Mg, día 13, N, K, Ca y S, día 0; los de máxima el día 92. Y en *Allium schoenoprasum* la mínima absorción fue en el día 0 para todos los elementos y los de máxima: Ca día 82, P día 67, Mg día 63, N, K, S día 91.

Con base en la generación de los datos, los elementos de mayor demanda en la menta fueron en kilogramos por hectárea, por cada ciclo: 58,87 de Ca, 36,97 de K y 26,92 de N; para el cebollín fueron ($\text{kg}^{-1}\text{ha}^{-1}\text{ciclo}^{-1}$): 15,91 de N, 11,97 de K y 3,73 de Ca.

RECOMENDACIONES

Se recomienda para estos cultivos de ciclo corto, realizar análisis proyectados a más tiempo, ya que dos ciclos arrojan muy poca información para determinar los requerimientos reales de las especies.

Se determinó la cantidad en gramos por planta que absorbe la especie, sin tener en cuenta porcentajes de pérdida de nutrientes por lixiviación, adsorción, etc.

Tener en cuenta el tipo de suelo y sistema productivo, ya que la aplicación de nutrientes por medio de las fuentes usadas debe ser mayor, para garantizar que la planta encuentre sus niveles óptimos.

AGRADECIMIENTOS:

A la universidad Católica de Oriente, nuestra *alma mater!*

A la facultad de Ciencias Agropecuarias. A los docentes Laura Peña, Faber Chica, Mayra Fernanda Gómez, Samir Julián Calvo Cardona y Rubén Darío David

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agronet. (2016). *Agronet MinAgricultura*. Obtenido de Agronet MinAgricultura:

<http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx>

Amador, J., y Bernal, I. (20 de Septiembre de 2017). *Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua*. Obtenido de

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1101/1/T3392.pdf>

Bareño, P. (23 de Julio de 2009). *Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco*.

Obtenido de Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco:

http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/AROMATICAS/HIERBAS%20AROMATICAS%20CULINARIAS%20PARA%20EXPORTACION%20EN%20FRES CO.pdf

Bernal, D., Morales, C., Fischer, G., y Magnitskiy, S. (2008). Caracterización de las deficiencias de macronutrientes en plantas de Cebollin (*Allium Schoenoprasum*).

Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas, 196.

Bertsch, F., y Ramírez, F. (1997). Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrimentos. *Memoria Jornadas de Investigación. San José, Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica*, 183.

Cadena Plantas Aromáticas, Medicinales y Condimentarias y Afines PAMCyA. (2014). Las PAMCyA en Colombia. *MinAgricultura: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Pasto*, 66.

- Chica, T. F., y Morales, L. (2012). Absorción de nutrientes en tomillo (*Thymus vulgaris* L.) a campo abierto en el Oriente antioqueño, Colombia. *Revista Universidad Católica de Oriente*. 34(2) , 31-40.
- Colombia. Ministerio de Agricultura. (2016). Indicadores e Instrumentos. Sistema de Información, de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas SIOC. . *Cadena de Plantas Aromáticas, Medicinales, Condimentarias y Afines*.
- Dibb, D. W., Roberts, T. W., y Welch, R. M. (2012). De la cantidad a la calidad: la importancia de los fertilizantes en la alimentación humana . *Informaciones Agronómicas N°60* , 1-8
- Floria, y Bertsch. (2015). Estudios de Absorción de Nutrientes como Apoyo a las Recomendaciones de Fertilización. *Informaciones Agronómicas*. *Informaciones Agronomicas*.
- Grothendieck, M. (2013). Non-linear regression with brute force. *Package 'nls2'*, Version 0.2.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., y Nelson, W. L. (1999). Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. *6th ed. Prentice-Hall, Inc., Saddle River, NJ*.
- Pedraza, R., y Henao, M. C. (2008). Composición del tejido vegetal y su relación con variables de crecimiento y niveles de nutrientes en el suelo en cultivos comerciales de menta (*Mentha spicata* L.). *Agron. Colomb. Vol.26 no.2. Bogotá*, 1-10.
- Porto, D., Cecilio, A., A, M., y Barbosa. (2006). Acúmulo de macronutrientes para cebolla "optima" establecida por sembradura directa. *Hortic.Bras*.
- Rincón, L; Pellicier, C; Botía, J; Abadía, A. (2010). *Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 16 (1)*.
- Rodas, G. H., y Rodríguez, H. (2012). Curvas de absorción de Macronutrientes en Calabacita Italiana (*Cucurbita pepo* L.). . *Rev. Fitotec. Mex. Vol. 35 (Núm. Especial 5)* , 57-60.
- Sistema de Información, de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas SIOC. (7 de Septiembre de 2017). *SIOC*. Obtenido de SIOC:
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Pages/Sector-Acuicola.asp>