Fertilización química y biológica en la producción de menta en suelos andisoles del Oriente antioqueño

Álvaro de Jesús Tamayo Vélez, Carolina Ortiz Muñoz,
Germán Franco y Luis Eladio Castro Tabares

La familia Lamiaceae está compuesta principalmente por plantas como la menta (*Mentha* spp.), la albahaca (*Ocimum* spp.), el romero (*Rosmarinus officinalis*) y el tomillo (*Thymus* spp.), entre muchas otras de conocido valor medicinal y culinario (Castro-Alayo et al., 2019; Velásquez-Vásquez et al., 2019). Entre los factores necesarios para la producción sustentable en el cultivo de la menta se encuentra el manejo adecuado de la nutrición, que busca obtener un alto rendimiento en biomasa, así como una alta producción y calidad en el contenido y la concentración de los metabolitos de interés. Normalmente, en los cultivos de producción de hojas, en cada ciclo de producción se aplica una dosis de nitrógeno de lenta liberación, pero suficiente para un buen desarrollo foliar (Brown et al., 2003). En nuestro medio, es poca o nula la información que se tiene acerca de la respuesta del cultivo a la aplicación de NPK, razón por la cual se planteó el presente estudio, en el que se evaluaron diferentes dosis de nitrógeno y potasio, y una dosis constante de fósforo (tabla 2.2), sobre la producción de follaje de menta.

Tabla 2.2. Tratamientos de fertilización evaluados en el cultivo de menta en tres localidades del Oriente antiqueño

Tratamiento	Nitrógeno (kg ha^{-1})	Potasio (kg ha^{-1})	Fósforo (kg ha^{-1})
1	60	60	100
2	60	120	100
3	60	180	100
4	120	60	100
5	120	120	100
6	120	180	100
7	180	60	100
8	180	120	100
9	180	180	100

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se contó con un testigo de agricultor (fertirriego), que fue denominado tratamiento 10 (N 1,4 g/m^2, P 0,6 g/m^2, K 2,3 g/m^2, CaB 0,5 g/m^2, aminoácidos 0,2 g/m^2, para un ciclo de producción con la siguiente secuencia: semana 3 aminoácidos y P, semana 4 N y K, semana 5 CaB).

Los suelos andisoles en los que se desarrolló la presente investigación se caracterizan por tener alta capacidad de cambio aniónico, alta fijación de fosfatos y una baja mineralización de la materia orgánica, por lo que en altitudes superiores a 1.700 m s. n. m. hay acumulación de esta materia orgánica; sin embargo, dada la alta precipitación, normalmente por encima de los 1.800 mm, se produce un lavado periódico de las bases intercambiables, lo que genera su desbalance. Debido a esta condición, el pH del suelo normalmente se encuentra entre fuertemente ácido y ácido, lo que sugiere aplicaciones periódicas de calcio y magnesio, y/o correctivos.

El experimento se realizó en tres localidades de clima frío moderado del Oriente antiqueño, C. I. La Selva (N 06º08'01"; W 75º2 5'05"), a 2.100 m s. n. m.; El Retiro, vereda El Chuscal (N 06º03'58,0"; W 0,75º26'58,0""), a 2.218 m s. n. m., y Rionegro, vereda Galicia (N 06º11'30,2"; W 0,75º21'39,6"), a 2.089 m s. n. m. Se evaluaron dosis crecientes de nitrógeno y potasio (60-120-180 kg ha^{-1}), más una dosis constante de fósforo (100 kg ha^{-1}). Cada parcela medía 3 m de largo x 1,2 m de ancho, en las que se cosechaban las plantas centrales, a partir de un marco de referencia. Se usó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial, donde el factor A fue la condición ambiental del cultivo (invernadero y campo abierto) y el factor B, los niveles de N y K. Para la diferencia de medias se utilizó la prueba de Tukey; el análisis consideró un total de 10 cosechas.

Para medir los pesos frescos y la producción por área, se tomaron submuestras de hojas y tallos, a partir de un marco de referencia de 40 x 40 cm, que posteriormente fueron molidas y llevadas al laboratorio para determinar su concentración de nutrientes y el orden de remoción, por tonelada de materia seca de follaje.

Para desarrollar esta investigación, se definieron dos tipos de material vegetal de exportación, correspondientes a la parte de la planta que se cosecha para exportar y la soca, parte de la planta que corresponde a biomasa verde que no se exporta.

Fertilización química

Los datos fueron analizados bajo diferentes modelos estadísticos. Se seleccionó el de mayor ajuste, siendo el lineal mixto el más idóneo. Los factores fijos fueron la fertilización (N y K), la condición (invernadero y campo abierto) y la localidad, y el elemento aleatorio fueron las cosechas. De acuerdo con la figura 2.21, se presentaron diferencias estadísticas en la condición de invernadero versus campo abierto, obteniéndose los mayores pesos bajo condiciones protegidas. Esta situación fue constante en las tres localidades.

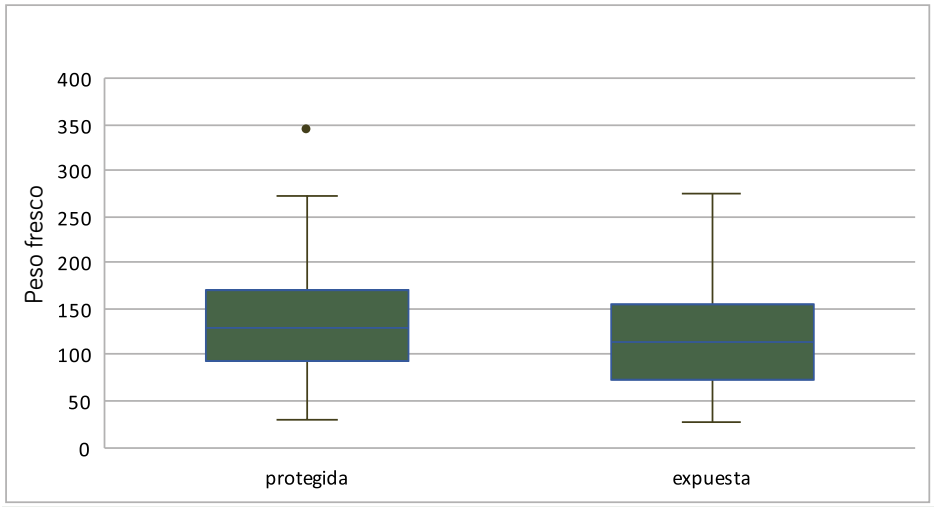


Figura 2.21. Producción de menta bajo dos sistemas de cultivo, invernadero y campo abierto, en tres localidades del Oriente antioqueño.

Fuente: Elaboración propia

Para el peso verde, se presentaron diferencias significativas entre las tres localidades (P 0,0003), la condición de cultivo (invernadero o campo abierto) (P 0,0012) y la interacción fertilización por localidad (P 0,0013). En todas las localidades, la condición bajo invernadero fue la variable que presentó mayor producción de forraje verde y seco; los promedios fluctuaron entre 1 y 2 kg de forraje verde. Según la figura 2.22, se presentaron diferencias significativas entre los niveles de fertilización para la variable material de exportación; los niveles óptimos se presentaron con la aplicación de nitrógeno (120 kg ha^{-1}) y potasio (60-120 kg ha^{-1}).

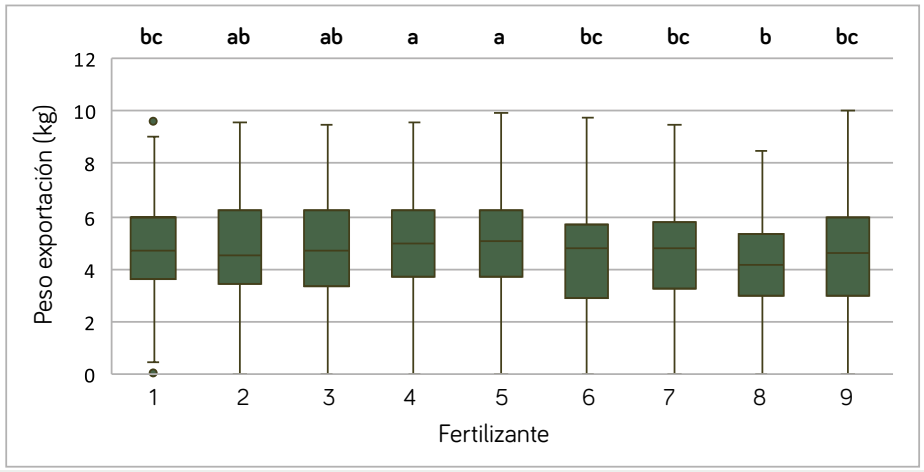


Figura 2.22. Producción de material de exportación de menta en el Oriente antioqueño. Donde el eje de la abscisa (x) corresponde a los tratamientos de fertilización evaluados y el de la asíntota (y), al peso fresco de las plantas para exportación.

Fuente: Elaboración propia

El efecto de la fertilización fue marcado para los niveles de N de 120 kg ha^{-1} y de K entre 60 y 120 kg ha^{-1} (figura 2.23). El N es uno de los nutrientes responsables del crecimiento vegetativo; sin embargo, no sigue una tendencia lineal infinita, sino que los cultivos llegan a un punto de saturación del elemento (Alejo-Santiago et al., 2015).

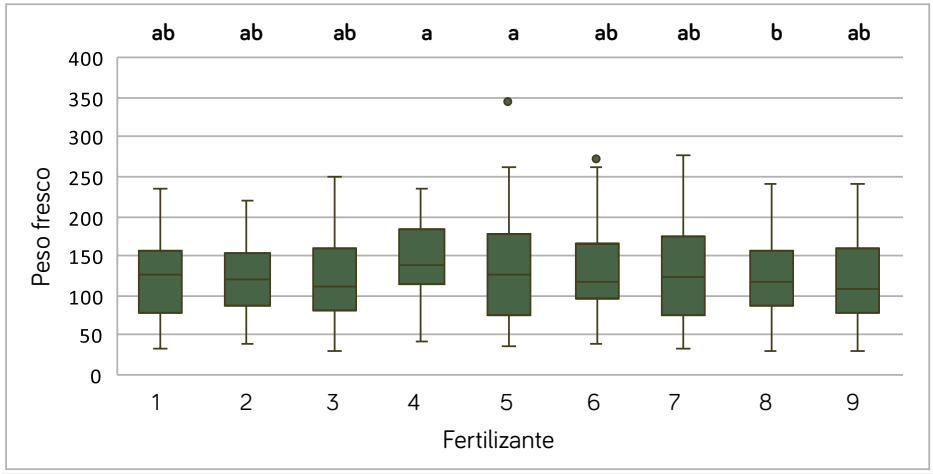


Figura 2.23. Producción de soca de menta en el Oriente antioqueño. Donde el eje de la abscisa (x) corresponde a los tratamientos de fertilización evaluados y el de la asíntota (y), al peso fresco de la soca.

Fuente: Elaboración propia

Al analizar la fertilización química (incluyendo el fertirriego) en la localidad de La Selva (figura 2.24), se observó que el tratamiento 10 (fertirriego) fue superior a la fertilización química; sin embargo, fue estadísticamente igual en los rendimientos de la menta de exportación cuando se aplicó 60 y 120 kg ha^{-1} de nitrógeno y potasio, respectivamente. La condición con y sin invernadero también afectó la producción del excedente (materia seca de los residuos). Para el caso del potasio, los resultados de este ensayo concuerdan con lo reportado por Castro et al. (2005).

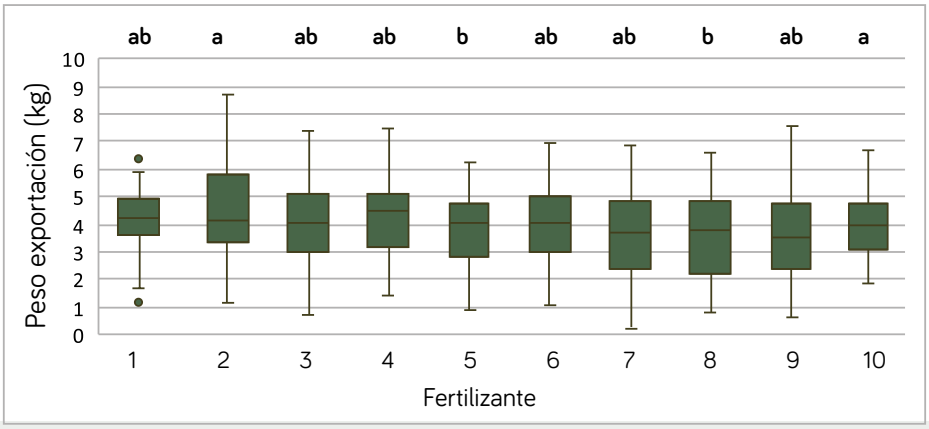


Figura 2.24. Producción de material verde de exportación de menta en el C. I. La Selva, con fertilización química y fertirriego (tratamiento 10).

Fuente: Elaboración propia

Fertilización orgánica-biofertilización

Se estudiaron dos ambientes: invernadero y campo abierto. Las parcelas estaban constituidas por 3 m de largo x 1,2 m de ancho. En todos los tratamientos se realizaron seis cosechas, en las que se cuantificó la producción de material de exportación y soca. Se utilizó el método de la cuadrícula de 40 cm de lado, que posteriormente se convirtió a 1 m^2 de área. En esta situación, se evaluó el material de exportación y el peso seco de la soca; posteriormente, se llevó una muestra al laboratorio para determinar la concentración de los nutrimentos mayores y menores.

Para el análisis de la información, se utilizó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial combinado sobre las cosechas, donde el factor A fueron las condiciones (invernadero y campo abierto) y el factor B, la aplicación de biofertilizantes (solubilizadores de nitrógeno y fósforo). Para la variable material

de exportación, se presentaron diferencias altamente significativas ($p > 0,01$). Los factores A y B también presentaron diferencias significativas al 5 %. Se observó una mayor producción de material de exportación en invernadero que en campo abierto; una situación similar se encontró cuando se aplicaron los biofertilizantes, los cuales aumentaron la producción de material de exportación (tabla 2.2).

Tabla 2.2. Producción de menta en el C. I. La Selva, con tratamiento de biofertilización

Tratamientos	Químico**		Químico + biofertilización	
Variables	Invernadero	Campo abierto	Invernadero	Campo abierto
Material de exportación (g/m^2)	4,70 a*	4,15 b	4,86 a	3,98 b
Peso verde soca (g/m^2)	146, 06 a	124,77 b	141,98 a	128,85 b
Peso seco soca (g/m^2)	28,40 b	38,31 a	34,72 a	31,97 b

* Los promedios seguidos de la misma letra en forma horizontal no difieren estadísticamente al nivel del 5 %, según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

** Químico 120 N, 100 P y 120 K ($kg\ ha^{-1}$).

Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la tabla 2.3, en la localidad de El Retiro se presentó una tendencia similar a la encontrada en el C. I. La Selva, donde la condición bajo invernadero superó al campo abierto en la producción de material de exportación; en el caso de la soca (peso verde y materia seca), su producción fue mayor para el químico a campo abierto, ya que el material remanente no exportable es más lignificado en esta condición. Respecto al tratamiento químico + biofertilización, los rendimientos del material de exportación en invernadero fueron superiores a los de campo abierto y, de igual forma, aumentó la producción de la soca.

Tabla 2.3. Producción de menta en la localidad El Retiro, bajo dos condiciones (invernadero y campo abierto)

Tratamientos	Químico**		Químico + biofertilización	
Variables	Invernadero	Campo abierto	Invernadero	Campo abierto
Material de exportación (g/m^2)	19,68 a*	3,39 b	13,28 a	9,79 b
Peso verde soca (g/m^2)	142,75 b	207,44 a	210,75 a	139,44 b
Peso seco soca (g/m^2)	44,01 b	70,79 a	70,27 a	44,53 b

* Los promedios seguidos de la misma letra en forma horizontal no difieren estadísticamente al nivel del 5 %, según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

** Químico 120 N, 100 P y 120 K ($kg\ ha^{-1}$).

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2.4 muestra que en el tratamiento de químico + biofertilización se observaron incrementos en los rendimientos de material de exportación, estadísticamente diferentes; los pesos de la soca (peso verde y peso seco/m^2) fueron estadísticamente iguales.

Tabla 2.4. Producción de menta en la localidad de Rionegro, bajo cubierta

Variables	Químico + biofertilización	Químico	Probabilidad
Material de exportación (g/m^2)	3,79 a*	3,17 b	0,0027
Peso verde soca (g/m^2)	125,79 a	134,83 a	ns
Peso seco soca (g/m^2)	29,84 a	31,78 a	ns

* Diferencias significativas en forma horizontal, según análisis de varianza (Anova).

Fuente: Elaboración propia

Concentración de nutrimentos

Los promedios en los contenidos de los nutrimentos en las hojas fueron similares en todas las localidades, en condiciones de invernadero y campo abierto, con una situación similar para los diferentes tratamientos evaluados; por esta razón, se muestra una tabla promedio de los elementos concentrados en los tipos de materiales. De acuerdo con la tabla 2.5, bajo invernadero los contenidos de N, Ca y Mg fueron superiores a los contenidos de la soca; el P y el S fueron iguales en ambas situaciones. En cuanto a los elementos menores, fueron variados y altos en ambas situaciones, y como situación normal en suelos andisoles, los contenidos de hierro fueron muy altos; sin embargo, en este cultivo y en otros no se han encontrado toxicidades. Marschner (2012) menciona que la concentración óptima de N, para alcanzar un buen crecimiento y desarrollo en la mayoría de los cultivos, es de 2 a 5 %, aunque este rango puede variar dependiendo de la especie y el estado de desarrollo de los órganos. Havlin et al. (2004) indican que en las plantas el N se encuentra entre 1 y 5 % como componente de materia seca total.

Tabla 2.5. Contenidos de los nutrientes en material de exportación y soca

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	(%)						(mg/kg)				
Material de exportación	3,9	0,2	5,7	1,6	0,4	0,1	100,8	110,0	10,7	19,4	13,1
Soca	3,2	0,2	5,7	0,9	0,3	0,1	84,3	60,0	13,5	20,5	13,2

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Para obtener buenos rendimientos en la exportación de menta, es necesario aplicar en el suelo: nitrógeno, en dosis de entre 60 y 120 kg ha^{-1}; potasio, entre 120 y 180 kg ha^{-1}, y fósforo, en dosis mínimas de 100 kg ha^{-1}.

La adición de biofertilizantes como los solubilizadores de nitrógeno y fósforo mejoran la producción de menta.

El orden de remoción total de nutrientes por tonelada de materia seca de follaje en las condiciones evaluadas es: K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu.

Referencias

Alejo-Santiago, G., Luna-Esquivel, G., Sánchez-Hernández, R., Salcedo-Pérez, E., García-Paredes, J. D., & Jiménez Meza, V. M. (2015). Determination of the nitrogen requirement for habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Chapingo Serie Horticultura, 21*(3), 215-227. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2014.04.015

Brown, B., Hart, J. M., Wescott, M. P., & Christensen, N. W. (2003). The critical role of nutrient management in mint production. *Better Crops, 7*(4), 9-11. https://www.haifa-group.com/sites/default/files/article/The%20Critical%20Role%20of.pdf

Castro-Alayo, E., Chávez-Quintana, S., Auquiñivín-Silva, E., Fernández-Jeri, A., Cruz, O., Rodríguez-Hamamura, N., Olivas-Orozco, G., & Sepúlveda-Ahumada D. (2019). Aceites esenciales de plantas nativas del Perú: efecto del lugar de cultivo en las características fisicoquímicas y actividad antioxidante. *Scientia Agropecuaria, 10*(4), 479-487. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172019000400004

Castro, M., Ricaurte, C. C., & Quijano, P. A. (2005). Determinación de metales en las estructuras del diente de león (*Taraxacum officinalis* Weber), hierbabuena (*Mentha piperita*) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*). *Bistua, 3*(1), 38-44. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90303105

Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Beaton, J. D., & Nelson, W. L. (2004). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (7th ed.). Prentice Hall.

Marschner, P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press.

Velásquez-Vásquez, G., Pérez-Armendáriz, B., Ortega-Martínez, L., & Nelly-Juárez, Z. (2019). Conocimiento etnobotánico sobre el uso de plantas medicinales en la Sierra Negra de Puebla, México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 18*(3), 265-27. https://www.blacpma.usach.cl/sites/blacpma/files/articulo_3_-_1580_-_265_-_276.pdf