

Absorción de nutrientes en uchuva durante el desarrollo bajo invernadero, en el oriente antioqueño

Santiago Ruiz Pérez ¹- Rubén Darío David Giraldo²

1: Aspirante a grado en Agronomía, Universidad Católica de Oriente UCO, Rionegro Ant.

2: Ingeniero Agrónomo, MSc Suelos, Docente área de suelos y fertilidad de cultivos, Universidad Católica de Oriente UCO, Rionegro Ant.

RESUMEN

El cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana*) en Colombia representa el 3,5% de las exportaciones de futra fresca (ANALDEX, 2017), su producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y Nariño, con 720 hectáreas (ha), 535 ha, 100 ha, respectivamente para el año 2018 (AGRONET, 2018).

Tanto para este cultivo, como para otros de interés económico, la cuantificación de la biomasa (masa seca) en los distintos momentos fenológicos, y conocer los nutrientes que se acumulan en los órganos para cada momento, constituyen una herramienta necesaria para estimar los consumos reales, ya que medir los nutrientes absorbidos periódicamente durante el desarrollo y su biomasa, permite conocer la dinámica de acumulación en el tiempo y por tanto facilita determinar el comportamiento o curva de extracción (absorción) de nutrientes, lo cual junto con los análisis de suelos, las fuentes a aplicar y técnica de aplicación, contribuyen al éxito del cultivar.

El objetivo de esta investigación fue determinar la curva de absorción nutricional de la uchuva (*Physalis peruviana*) en los primeros seis meses de desarrollo, en suelos de orden Andisol del oriente antioqueño, donde se obtuvo que la planta absorbió las siguientes cantidades en kilogramos por hectárea: N= 257,7 Kg/ha; P= 16,7 Kg/ha; K= 195,7 Kg/ha; Ca= 18,4 Kg/ha; Mg= 42,8 Kg/ha; S= 23,9 Kg/ha; Cu=0,0046 kg/ha; Fe= 2,12Kg/ha; Mn= 0,243 Kg/ha; Zn= 0,411 Kg/ha y B= 0,493 Kg/ha.

Palabras clave: Curvas de absorción, Nutrientes, Uchuva, Oriente antioqueño

Abstract

Colombian's golden gooseberry (*Physalis peruviana*) market represents 3.5% of fresh fruit exports (ANALDEX, 2017), main producers are located in Cundinamarca, Antioquia and Nariño, estimated area in hectares 720(ha), 535 ha, 100 ha, respectively for the year 2018 (AGRONET, 2018).

The process of biomass quantification (dry mass) and foliar analysis of nutrients quantities in each organs (root, leaves, stems and fruits)thought phenological stages, allow as to build a tool to estimate real consumptions, predict the accumulation over the time and therefore makes it easier to determine the behavior the nutrient extraction curve (absorption), that represents a contribution tool in set with soil analysis to determinate the nutrient sources to apply and application technique, contribute to the success of the cultivar.

The objective of this research was to determine the nutritional absorption curve of cape gooseberry (*Physalis peruviana*) in the first six months of development, in Andisol's soils of

eastern Antioquia, placing all the nutrients in adequate concentrations in the soil, with periodic applications. It is important to consider the efficiency of medium-release sources and other soluble, fast-release sources, so that the crop will always present nutrient availability according to its need. With which it was obtained that the plants absorbed the following amounts in kilograms per hectare: N = 257.7 Kg / ha, P = 16.7 Kg / ha, K = 195.7 Kg / ha, Ca = 18, 4 Kg / ha, Mg = 42.8 Kg / ha, S = 23.9 Kg / ha, Cu = 0.0046 kg / ha, Fe = 2.126 Kg / ha, Mn = 0.243 Kg / ha, Zn = 0.411 Kg / ha and B = 0.493 Kg / ha.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la uchuva en Colombia representa el 3,5% de las exportaciones de fruta fresca (ANALDEX, 2017), su producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y Nariño, con 720 hectáreas (ha), 535 ha, 100 ha, respectivamente para el año 2019 (AGRONET, 2018).

Debido a su importancia en el mercado de exportación, este producto pasa a ser parte de las cadenas productivas priorizadas por el gobierno en el año 2012, impulsando investigaciones enfocadas a evaluar los sistemas productivos bajo los cuales se desarrolla el cultivo, como densidad de siembra, tutorado, podas, fertilización, manejo fitosanitario, selección y obtención de variedades comerciales, conservación de germoplasma, secuenciación, transformación o procesamiento agroindustrial, aprovechamiento de metabolitos secundarios, entre otros (Anallex, 2017).

La investigación ligada al mejoramiento del sistema productivo se describe como una necesidad actual por autores como Miranda (2004) y Villegas (2009) quienes por medio de estudios a campo abierto han descrito tipos de poda y tutorado, Martínez (2008) reporta que el sistema tradicional de producción de uchuva debe ser mejorado por medio de la consideración de las necesidades puntuales de las plantas.

Para el caso de estudios relacionados directamente con la nutrición de las plantas, Fisher (2012) ha caracterizado excesos y deficiencias de nutrientes, Gastelum-Osorio et al. (2013) describen la absorción en sistemas hidropónicos; en 2005 Angulo plantea una investigación donde se caracterizó el crecimiento y desarrollo de uchuva y productividad bajo condiciones de invernadero e intemperie, donde encontró diferencias entre ambos sistemas con respecto a los tiempos de crecimiento, aparición de flor y fruto, absorción de nutrientes en plantas establecidas en la intemperie entre otros. Esto surge como necesidad de especializar y ajustar las metodologías de manejo para así dar al cultivo un manejo rentable, racional y eficiente (Dibb, Roberts, & Welch, 2012).

El contexto del cultivo de la Uchuva en Colombia y particularmente en el Oriente antioqueño, está representado por un área registrada oficialmente de 59 ha (Dirección de cadenas agrícolas y forestales, 2019), en sistema productivo de siembra a 2 m x 3m, generalmente ubicados en zonas entre alturas 1800-2600 msnm, aplicando parámetros de manejo tradicional y tecnificado para grandes explotaciones.

La mayor parte de los cultivos en Antioquia se localizan en zonas donde el suelo pertenece a la clasificación de los Andisoles, clasificación de suelo predominante en el Oriente antioqueño. Debido al frecuente establecimiento de cultivares de uchuva en suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles), este trabajo se enfoca en generar información relacionada con la absorción de nutrientes de plantas establecidas en este tipo de suelos, en el oriente antioqueño durante el segundo semestre del año 2019.

El objetivo de este trabajo fue determinar la cantidad de nutrientes absorbidos por las plantas de Uchuva en los primeros cinco (5) meses, en suelo típico del oriente antioqueño, considerando las condiciones generales a las cuales son desarrollados los cultivos de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en el hogar Juvenil Santa María, ubicado en la vereda Aguas Claras del municipio de El Carmen de Viboral, a una altura de 2.130 msnm, bosque húmedo montano bajo (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2018), bajo cobertura plástica (invernadero). En estas características agroecológicas y técnicas se cultivaron 50 plantas de *Physalis peruviana* L. ecotipo Colombia.

En agosto de 2019 se dio inicio al ensayo con la caracterización fisicoquímica del suelo para conocer su estado de fertilidad; Posteriormente se procedió a la preparación del suelo por punto de siembra para realizar el trasplante, estas plantas tenían una altura promedio de 8.5 cm, variedad Colombia (las fases del proceso se ilustran en la figura 2).

De acuerdo al estado nutricional del suelo, se realizó un programa de fertilidad, con aportes edáficos para balancear o subir el pH 5,2 a 6, con 1.8Kg de yeso Agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), distribuidos en el hueco y alrededor de este en un radio de 0,8 metros, se reforzó el nitrógeno y condiciones físicas del suelo con abono orgánico (compost) en una relación de 800g por planta y para ajustar los niveles de iones nutritivos se aplicó una mezcal física de 10-30-10 a una dosis de 15 gramos por planta, más elementos menores (6 (S)-2,5(B)-0,5(Cu)-17(SiO_2)-15 (Zn) a dosis de 7g por planta, esta mezcla se repetía cada 30 días.

Además de la fertilización edáfica granulada, se aplicaba un tratamiento diluido en agua a la raíz (“drench”) tres veces desde la siembra, repetido cada 15 días, que correspondía a ácidos orgánicos (húmicos y fúlvicos) a una dosis de 5 mililitros por litro de agua, más *Trichoderma* 3 gramos por litro, o *Beauveria bassiana* a 3g/lt, o *Metarhiziumanisopliae*, y de la mezcla se colocó un volumen de 200 centímetros cúbicos por planta.

Aparte, como complementos, se realizaba fertilización foliar con calcio y boro, y un fertilizante foliar completo para iniciación, cada uno de estos fertilizantes se aplicaba a una dosis de tres (3) centímetros cúbicos por litro de agua, con una frecuencia quincenal (cada dos semanas).

Finalmente, en cuanto al programa de fertilización, como no se tenía sistema de riego automatizado, se aplicó en “drench” o inundación, un fertirriego con una frecuencia semanal, que consistía en sulfato de magnesio técnico a 2 gramos por litro (2g/L) y se alternaba con nitrato de calcio 2g/L, con un volumen de 500 ml por planta, a la raíz.

Por otro lado, para evaluar o conocer la ganancia de masa seca o biomasa de plantas completas (con raíces y parte aérea), se realizaron cinco (5) muestreos destructivos de cinco (5) plantas cada 30 días y a cada planta se le determinaba el peso fresco y el peso seco, con lo cual se obtenía este parámetro (biomasa o porcentaje de masa seca) según norma técnica colombiana NTC 2686, y se promediaba los valores de las cinco plantas en cada medición.

Adicional a la determinación de la biomasa, para conocer la traslocación y acumulación de nutrientes, cada mes se realizaron análisis de tejido durante cinco meses, donde se incluían, raíces, hojas, tallos,

ramas y frutos si las plantas ya los tenían, con lo cual se pudo determinar los iones nutritivos y su metodología de laboratorio a saber: N (método Kjeldhal), P, S, B (U. V.), K, Ca, Fe, Cu, Mg, Zn, Na (absorción atómica).

Conociendo la biomasa y teniendo la concentración de nutrientes en tejido, algunos en % y otros en partes por millón o miligramos de nutrientes por cada kilogramo de masa seca, se pasó a aplicar la fórmula para determinar la cantidad de nutrientes en cada etapa de crecimiento (ver figura 1), propuesta por Floria & Bertsch (2015), y posteriormente se identificó la dinámica y cantidad de absorción de elementos nutricionales en gramos de cada uno.

$$\text{Cantidad del Elemento en el tejido (g)} = \frac{\text{Masa seca planta (g)} \times \text{Porcentaje de nutriente analisis foliar (\%)}}{100\%}$$

Figura 1. Ecuación para obtener la cantidad del elemento presente en la biomasa.

Determinación de otros parámetros

Como complemento, para conocer el crecimiento y desarrollo de las plantas se tomaron los parámetros de altura en cada uno de los individuos semanalmente desde la semana 1 a la 21, altura, diámetro de tallo y número de hojas hasta los 147 días después de trasplante.

Posterior a la toma de datos se realizó el análisis del desarrollo de las plantas en las variables, altura, diámetro, número de hojas y biomasa, en simultanea se halló la cantidad de nutrientes obtenidos en los análisis foliares y se realizó una comparación con las cantidades reportadas para el cultivar.

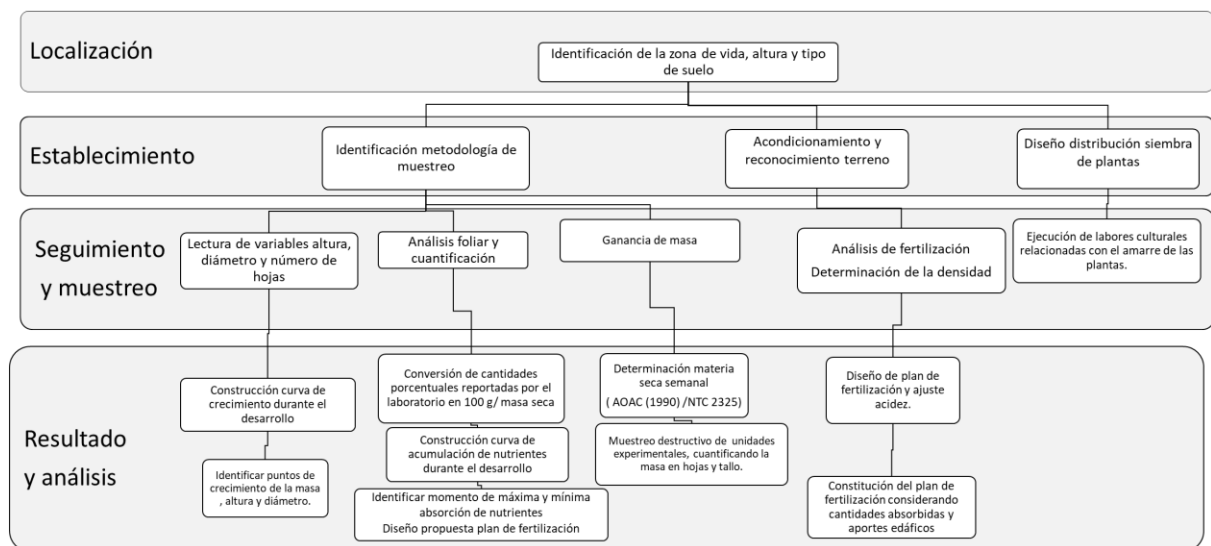


Figura2. Etapas de la metodología aplicada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de las cantidades en función de la masa seca (biomasa), se realizó la conversión de los macro nutrientes a gramos, considerando como base 100 gramos de material seco y el porcentaje del nutriente presente en esta cantidad, posteriormente se reemplazó estos valores en la fórmula para cuantificación de nutrientes para material vegetal propuesta por Floria & Bertsch (2015), que correlaciona biomasa y cantidad de cada nutriente.

$$\text{Cantidad del Elemento en el tejido (g)} = \frac{\text{Masa seca planta (g)} \times \text{Porcentaje de nutriente analisis foliar (\%)}}{100\%}$$

Figura 3. Ecuación para obtener la cantidad del elemento presente en la biomasa.

Acumulación de masa a través del tiempo

Durante el desarrollo del ejercicio se obtuvo un valor inicial de biomasa promedio de 247,6 gramos de masa seca y como valor final 1034,69 gramos. La mayor ganancia se dio a partir de la semana 17 (Figura 4).

Relacionando la biomasa con las etapas de desarrollo de la planta, se observó que las plantas iniciaron su proceso de floración a los 36 días después de trasplante (36 ddt), a partir de allí la biomasa continuó aumentando, lo cual es lógico, porque además del crecimiento y desarrollo, también empieza a aparecer fructificación, por lo cual en esta investigación se encontró que la biomasa tiende a aumentar con el paso del tiempo, según lo visto en las 22 semanas (154 días) (Figura 4).

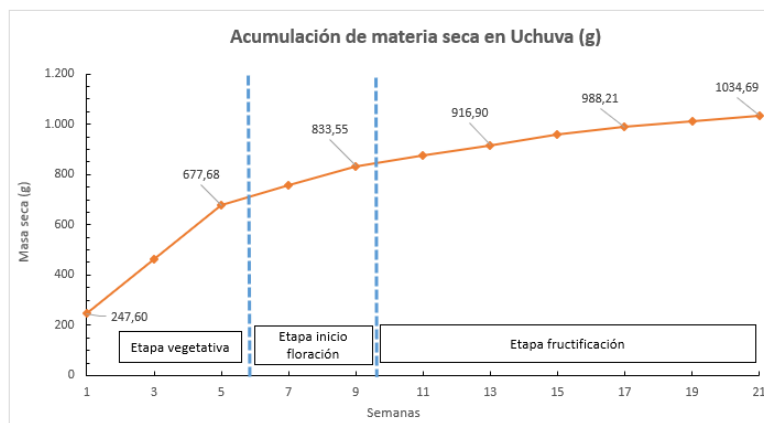


Figura 4. Promedio acumulación de masa durante 21 semanas en plantas de Uchuva en el Municipio de El Carmen del Viboral.

Resultados nutricionales de laboratorio de análisis de tejido

La cuantificación de macro y micro nutrientes en tejido de uchuva por medio de laboratorio, mostró que la acumulación responde a momentos puntuales o etapas fenológicas en el desarrollo de la planta, y su absorción tiene comportamientos relativos, ya que algunos elementos nutricionales aumentan sus concentración en el tejido a medida que transcurre el tiempo, pero otros disminuyen y otros se

mantienen, por tanto los requerimientos varían de acuerdo al paso del tiempo, como se ilustra en la Tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de nutriente extraída por planta de uchuva en los meses de muestreo.

Reporte de resultados análisis foliares en plantas de uchuva en el Oriente Antioqueño											
Mes\elemento	%						ppm				
	N	Ca	K	Mg	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1	5,84	0,11	4,36	0,27	0,47	0,58	335,56	32,96	9,99	91,47	125,86
2	6,11	0,11	4	0,32	0,48	0,65	225,42	31,09	12,82	66,49	84,06
3	5	0,38	3,57	0,89	0,27	0,39	144,29	35,22	2,54	48,78	61,18
4	4,55	0,44	3,67	1,04	0,25	0,440	412,86	33,83	3,39	45,34	42,95
5	4,53	0,5	3,89	1,09	0,3	0,400	400,1	34,1	4,1	41,3	37,9

Según los valores reportados en la tabla 1, se encontró que en los primeros seis meses de crecimiento, el N en uchuva tiene un requerimiento mayor los primeros dos meses, y disminuye en 2 unidades porcentuales (2%) en los siguientes meses, algo similar ocurre con los nutrientes K, P, Cu, Zn, B, los cuáles presentaron mayor absorción en los primeros dos meses y disminuyeron un poco a los cinco meses; Por el contrario, los nutrientes Ca, Mg, S, Fe y Mn, aumentaron su concentración en el tejido desde el primer mes, hasta los cinco meses. No obstante, de los comportamientos encontrados, estos aun no son definitivos para los programas de fertilización, ya que la cantidad real, o requerimiento de la planta de cada nutriente está directamente relacionada con la biomasa, por eso se determinan esos dos parámetros.

Teniendo los valores de biomasa y los contenidos de nutrientes en tejido, se procedió a aplicar la formula ya nombrada en la figura 3, para hallar la concentración de cada nutriente, en los tejidos de la uchuva, para cada planta, durante los primeros seis meses de trasplantado con cinco mediciones, con lo cual se encontró la cantidad absorbida de cada elemento por una planta de uchuva:

Tabla 2. Contenidos de macronutrientes en gramos y micronutrientes en ppm para una planta

Cantidad de macro y micronutrientes presentes en tejido de Uchuva												
meses\elemento	Masa seca (g)	g						mg/Kg				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1 Vegetativo	247,6	14,46	1,16	10,80	0,27	0,67	1,44	335,56	32,96	9,99	91,47	125,86
2 Vegetativo	677,68	41,41	3,25	27,11	0,75	2,17	4,40	225,42	31,09	12,82	66,49	84,06
3 Floración	833,54	41,68	2,25	29,76	3,17	7,42	3,25	144,29	35,22	2,54	48,78	61,18
4 Fructificación	916,90	41,72	2,29	33,65	4,03	9,54	4,03	412,86	33,83	3,39	45,34	42,95
5 Fructificación	988,21	44,77	2,96	38,44	4,94	10,77	3,95	400,10	34,10	4,10	41,30	37,9

Durante esta etapa se encontró que el nutriente de mayor absorción fue el nitrógeno N, con un valor inicial absorbido de 14,4 g/planta para el primer mes, y de 41,4 g/planta para el sexto mes, lo cual equivale a un 8,3 % de la biomasa total en esa etapa, lógico en la etapa vegetativa. Esto coincide con la función del nitrógeno en la fotosíntesis, síntesis de hormonas de crecimiento, bases nucleicas, respiración y la producción de azúcares, procesos metabólicos de importancia para crecimiento y desarrollo de la planta (Navarro y Navarro, 2000). Por su parte el potasio K fue el segundo nutriente que más se absorbió, con 10,8 g/planta en el primer mes y 38,8 g/planta en el mes seis, lo cual coincide con la fructificación y llenado de fruto.

Absorción de nutrientes en la etapa de crecimiento.

El orden jerárquico de la absorción de los nutrientes para la etapa crecimiento en los primeros dos (2) meses, fue de N (41,4 g)>K (27,1g)>P (3,2 g)>S (4,4 g)>Mg (2,1 g)>Ca (0,7 g), con una base de masa seca de 667,68 gramos. Lo cual es superior a lo encontrado para otros cultivares, como tomate chonto (*Solanum lycopersicum*), la cual es una planta hermana botánica de la uchuva, ya que pertenecen a la familia solanácea y para esta especie en vegetativo (los primeros tres meses), se ha encontrado que requiere 7 g N/planta en condiciones crítica (Tei et al., 2002) y la máxima absorción encontrada ha sido de 14 g N/planta en condiciones de cultivos tecnificados (Bugarín et al., 2011).

En el caso de semanas previas a la floración (pre floración), el potasio (K) incrementó en el cultivar, comportamientos similares han sido reportados en tomate por Gandica & Peña (2015), donde el requerimiento nutricional en etapa vegetativa es de 20 Kg N ha⁻¹ y finalizando fructificación de 55 kg N ha⁻¹ en Tomate.

De igual manera Valdez-Aguilar, Hernández-Pérez, Alvarado-Camarillo & Cruz-Altunar (2015), en México evidenciaron esa tendencia entre la absorción de nutrientes y el cambio de etapa fenológica en flores de corte; considerando esto, se encontró que la acumulación de nutrientes obedece a los cambios de etapa de las plantas.

Absorción de nutrientes en la etapa floración

De la investigación, se encontró que las semanas previas a la fructificación es el momento en el cual los niveles de los nutrientes P, K y algunos microelementos aumentan, esto en relación a las rutas metabólicas involucradas en la reproducción (Almanza-Merchán & Fischer, 2012). Lo cual coincide con Molina, et al. (1993), quienes determinaron por medio del muestreo semanal de nutrientes, que el momento de mayor absorción de P, K y nutrientes relacionados con la floración y llenado del fruto, es cercano a las 3 semanas antes de la floración. Para este experimento se encontró que la jerarquía en la absorción del nutriente fue N (41,6 g)>K (29,7,1g)>Mg (7,4 g)>S (3,25 g)>Ca (3,16 g) >P (2,25 g) donde los nutrientes de mayor cambio respecto a la etapa anterior fueron K, Ca y Mg, duplicando en los tres casos la cantidad inicial, lo cual coincide con lo reportado en absorción de nutrientes en frutos de uchuva, ya que el Ca aumenta notablemente los niveles en esta etapa (Fischer, 2000).

Absorción de nutrientes en la etapa fructificación

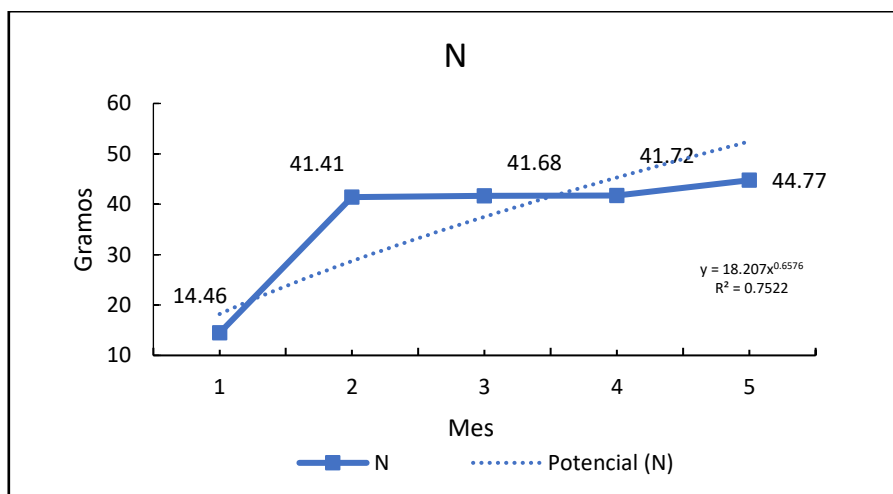
Al igual que en la etapa de floración, el nutriente de mayor cambio fue el Magnesio, iniciando con 0,66 g/planta y terminando en el momento del muestreo con 9,53 g/ planta. Esto se puede relacionar a la participación del magnesio como eje central de la clorofila, y a su vez despliega reacciones energéticas de importancia en la planta. Para este experimento se encontró que la jerarquía en la absorción del

nutriente fue N (44,77 g)>K (38,44g)>Mg (10,77 g)>Ca (4,94 g)>S (3,95 g)>P (2,96 g), con una masa de 988,21 gramos de material seca.

Comportamiento de los macro elementos

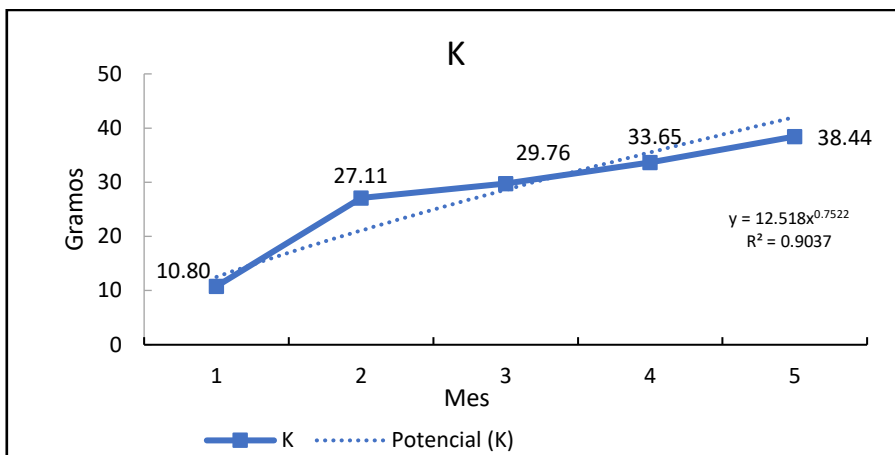
Nitrógeno

La acumulación de N durante el desarrollo de la planta condiciona la productividad (Fischer & Angulo, 1999), su deficiencia se asocia con un crecimiento retardado, emisión de ramas, flores y frutos a temporales. Para el caso de esta investigación, se encontró que el N fue el nutriente de mayor absorción durante el desarrollo del experimento, en el primer mes fue de 14,46 g/planta y culminó con un 41,719 g/ planta, donde el momento de mayor aumento fue entre el mes 1 y 2, con un 34,92% y a partir del mes 2, el nivel de absorción de N siguió aumentando, pero a menor velocidad hasta la etapa de fructificación.



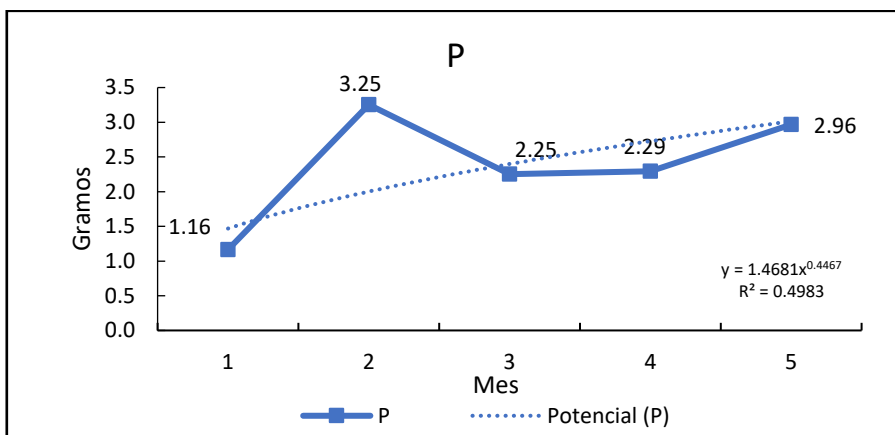
Potasio

El rango de absorción de este nutriente se presentó entre los 10,80 g y 38,44 g en materia seca, clasificándolo como el segundo elemento dentro de los mayores en la absorción por la planta. Resultados similares observaron en la evaluación de tres dosis diferenciales de fertilizantes edáficos, reportó el potasio como segundo elemento con mayor participación en el desarrollo de la planta, con cantidades entre los 73 – 129 kg/ha (Amanda et al. 2015) Este elemento interviene en la apertura y cierre de estomas durante la fotosíntesis, transporte de azúcares, llenado, toma de agua por parte de la planta, entre otras, por medio de encimas de las cuales es constituyente (Hernández et., 2010). Con esta investigación se encontró que presenta una absorción ascendente durante el desarrollo de las plantas.



Fósforo

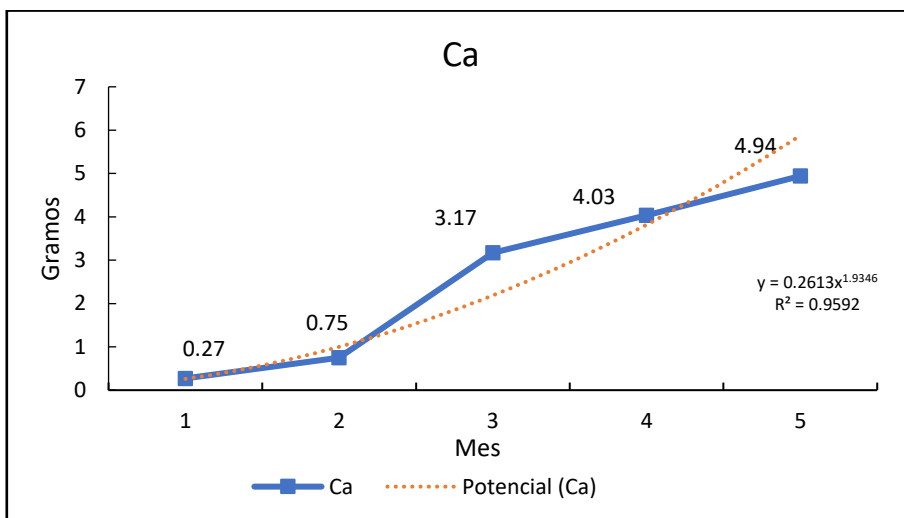
Los niveles de fósforo en la planta oscilaron entre 1,16 y 3,25 g/ planta en materia seca. El momento de mayor absorción se dio en el segundo muestreo, justo antes de la primera floración, con 3,25 g en una masa seca de 667,68 g. El fósforo está involucrado en las reacciones energéticas, como precursor de la síntesis de azúcares (Fernández, 2017), esto a su vez condiciona el desarrollo de las plantas en cuanto a generación de raíces, longitud, distancia entre nudos, floración, y otros. Para este elemento Fisher et al. (2000) reportan como nivel crítico 0,09 % en materia seca, lo que ubica los resultados obtenidos en este ejercicio (Tabla 1.) por encima del efecto de deficiencia nutricional.



Calcio

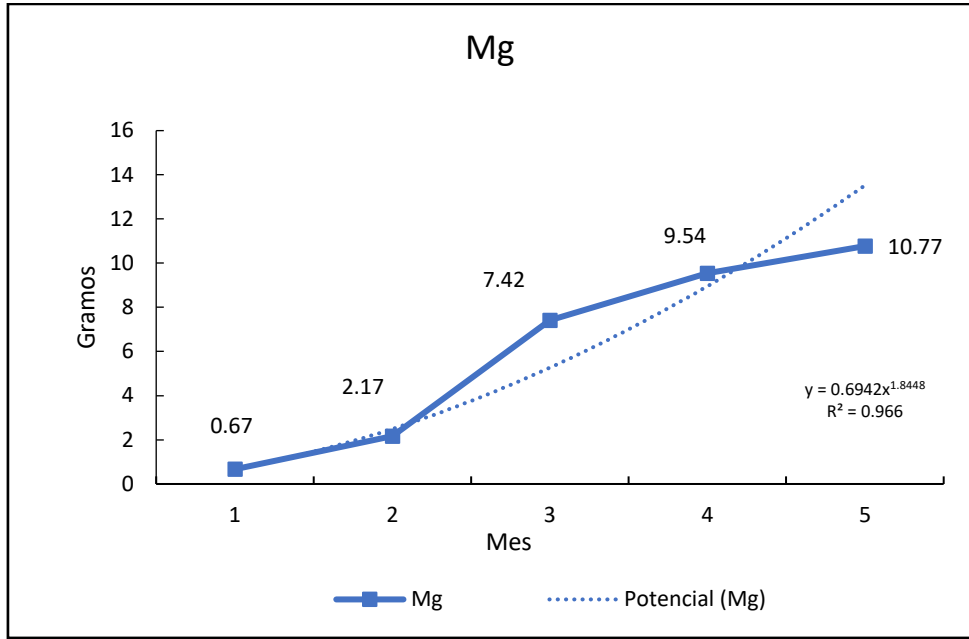
La absorción de calcio inició con valores de 0,27 g de Ca en 247,6 g de materia seca y finaliza con 4,94 g de Ca en 988,21 g de materia seca al finalizar el muestreo. El mayor punto de absorción se presentó entre la semana 8 y 12 de desarrollo con un aumento de 4,2 veces respecto al mes anterior. Este elemento es componente esencial en la estructura de la pared celular (Toledo,2010), en el caso de la uchuva es un elemento clave para el desarrollo adecuado del fruto, ya que evita el rajado y en niveles

adecuados favorece el peso de los frutos. Para este caso la absorción del calcio aumentó a partir del segundo mes, posterior al establecimiento y el aporte nutricional.



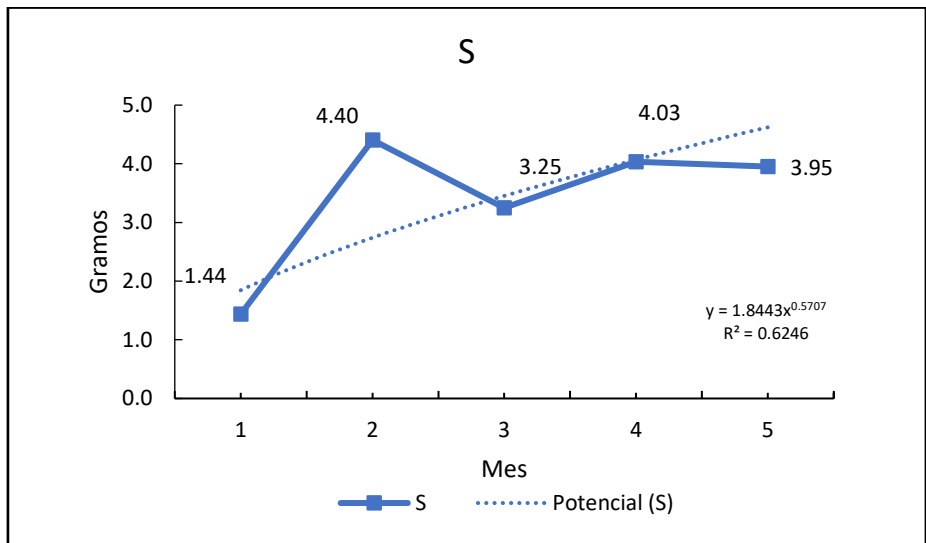
Magnesio

El magnesio fue el tercer elemento absorbido en mayor cantidad en la uchuva, inició con cantidades de absorción de 0,67g/planta y finalizó con 10,77g/planta en una masa de 988,21 gramos de masa seca. El ascenso en la acumulación se presentó a partir de los 56 ddt, con un porcentaje de 0,89, valor que está por debajo del límite ideal de contenido en plantas, 1,5%-3,5%, sugiriendo así que se puede realizar un aporte mayor durante crecimiento, sin embargo no es lo suficientemente bajo como para generar una deficiencia nutricional con contenidos de hasta 0,05% (Fisher, 2000) de Mg en tejido seco. Su función tiene que ver con la clorofila y la fotosíntesis, desarrollo de hojas y ramificaciones relacionado con el movimiento de carbohidratos entre órganos (Haifa, 2014).



Azufre

Este elemento presentó un comportamiento entre el rango 1,44 – 4,40 g en masa seca, con un máximo de absorción al final de segundo mes después de trasplante, estas cantidades representan en tejido una participación del 0,3% -0,6%, valores que distan de lo propuesto por IGAC (2013), donde reportó que la concentración normal de S en tejido foliar se encuentra en un rango entre 0,25%-0,1% .el azufre es un componente de aminoácidos azufrados esenciales para los humanos (Wirzt & Droux, 2005), como también pate de biomoléculas de función defensiva en la planta frente a patógenos (Rausch & Wachter, 2005). Contrario a IGAC (2013) , Barbazán (2013) determina valores normales de acumulación en plantas del 0,1%-0,4%, rango en el cual se ubica la absorción de este experimento.



Microelementos

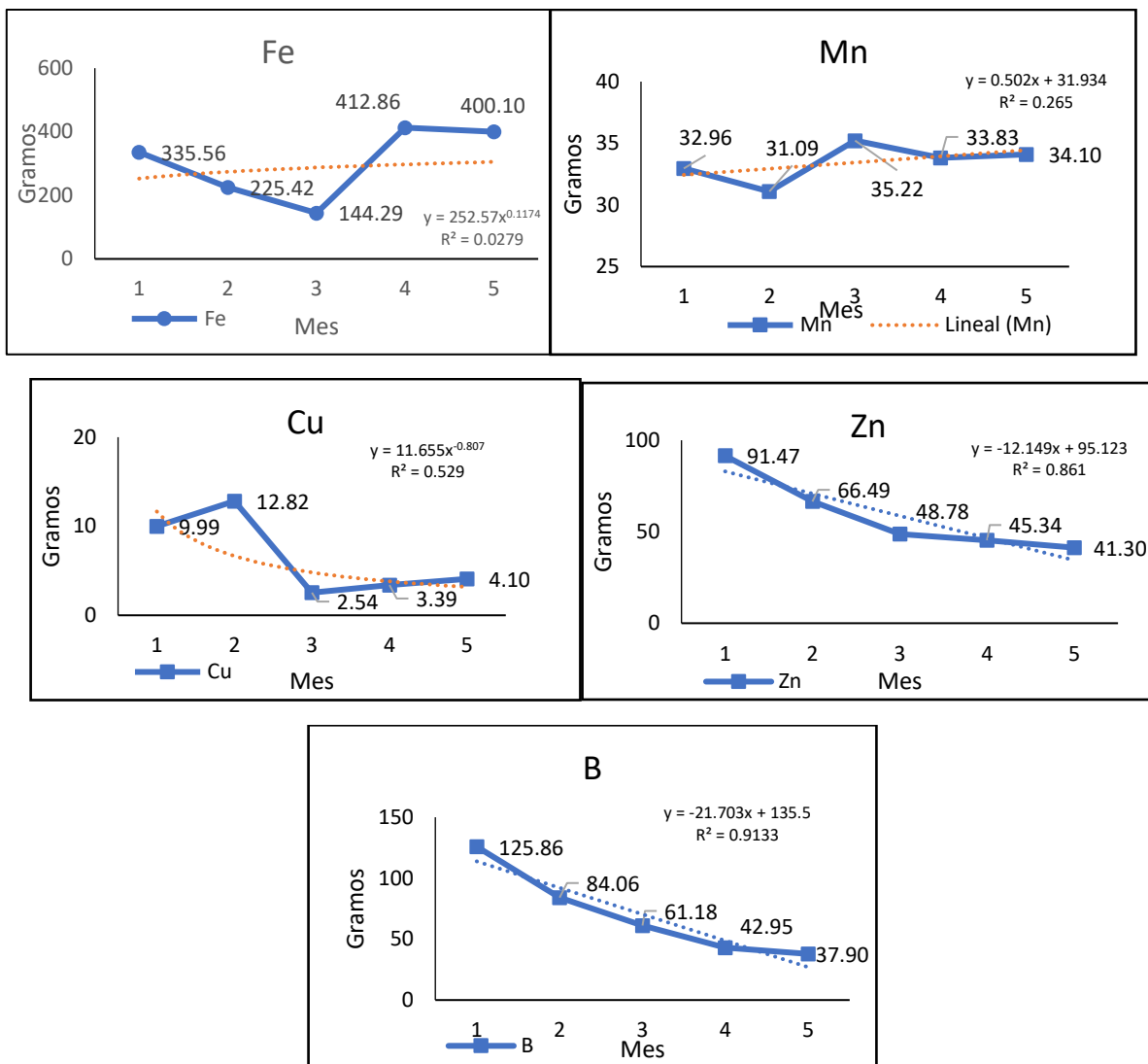


Figura 4. Acumulación de macroelementos en Uchuva establecida en suelo

La absorción de micro nutrientes se presentó jerárquicamente de la siguiente manera: Fe (1119,1 g/planta) > Boro (314,0) > Zinc (252,08 g/ planta) > Manganeso (133,1 g/planta) > Cobre (28,74 g/ planta).

De estos, el elemento que se absorbió en mayor cantidad fue el Fe, seguido por Boro y Zinc, importantes en la participación del metabolismo enzimático relacionado con la floración y desarrollo del fruto. Autores como Fisher (2020) y Navarro & Navarro (2000) resaltan que rangos cercanos a los 31,2 mg. Kg⁻¹ de Boro, presentan sintomatologías de deficiencia nutricional, tal como, plantas de tejidos suculentos y quebradizos. Aunque sorprendió el comportamiento del Zn y del B, que su absorción o acumulación en tejido fue disminuyendo gradualmente, estudios sobre el comportamiento de estos elementos hasta finalizar la etapa productiva, Promix (2017) define la importancia de la relación Boro-Calcio, como participantes en procesos estructurales ligados con la pared celular, con una función de control de paso de sustancias. Si bien los micro elementos son fijados en cantidades pequeñas comparadas con los macronutrientes, su influencia en los procesos metabólicos es trascendental

Crecimiento y desarrollo

Relacionado con el crecimiento y el desarrollo de las plantas durante los primeros cinco (5) meses, se obtuvo que estas inician en promedio con una altura de 8,66 cm (Tabla 3) y finalizó el ciclo con un valor de 198,1cm, dato que está dentro de la media reportada del cultivar en etapa vegetativa por Almanza-Merchán & Fischer (2012). El factor altura en la planta de uchuva determina labores de establecimiento e inicio del tutorado, y las primeras prácticas culturales determinan el manejo adecuado del cultivar.

Tabla 3. Variables de crecimiento de Uchuva establecida en suelo.

Semana	Promedio Altura (cm)	Promedio Diámetro tallo (mm)	Promedio número de Hojas (und)
1	8,7	1,6	5
2	10,5	2,6	6,8
3	13,2	3,7	8,8
4	18	5,8	10,6
5	25	7,4	13,4
6	34,1	8,8	17,5
7	45	9,5	23
8	50,2	10,2	27
9	74,4	11,1	33
10	91	11,7	37
11	114,6	12,2	39
12	146,2	13,1	42
13	179,8	14	47
14	182,4	14,2	54
15	187,7	14,7	55
16	190,2	15,3	56
17	193,5	16,6	62
18	195,8	17,3	78
19	195,9	17,7	89
20	196,3	18,5	93
21	198,1	19,2	120

Para las variables diámetro de tallo y número de hojas emitidas por la planta se evidencia dos puntos de mayor crecimiento entre la semana 3 y 5 (Figura 2) para ambas variables, lo cual se puede deber a que la planta está en prefloración.

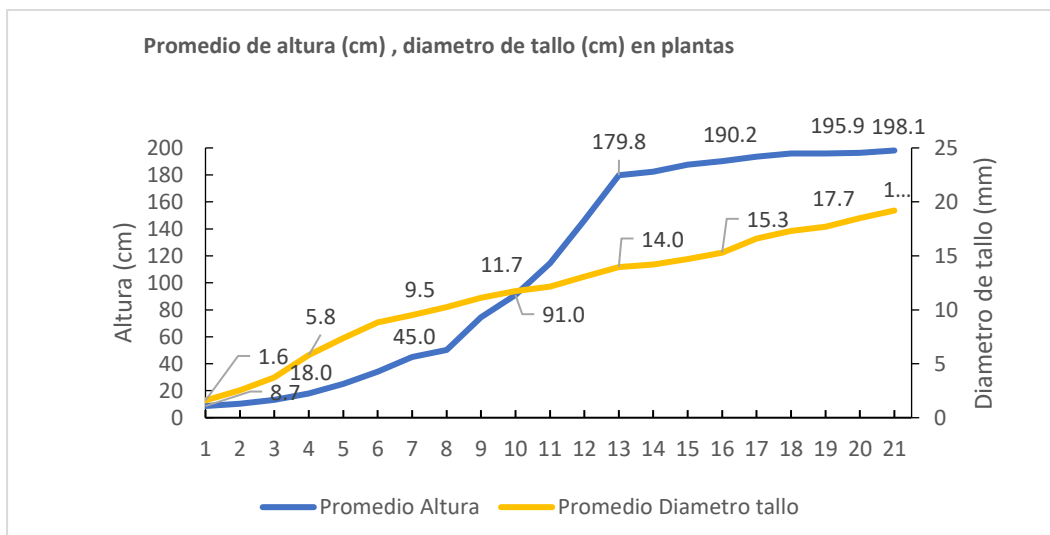


Figura 5. Promedio de altura, diámetro durante 21 semanas en plantas de Uchuva en el Municipio de El Carmen de Viboral.

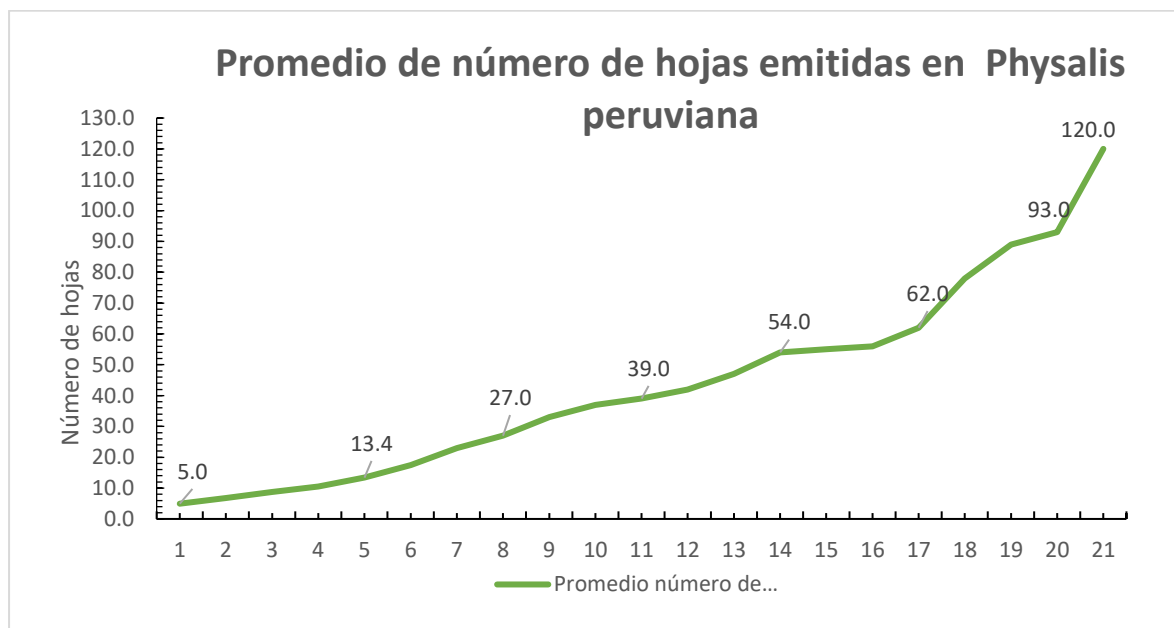


Figura 6. Promedio emisión de hojas durante 21 semanas en plantas de Uchuva en el Municipio de El Carmen de Viboral.

Requerimientos nutricionales Uchuva

Una vez cuantificada la absorción y contenido de nutrientes en los tejidos de uchuva, y determinada la biomasa, se encontró la cantidad de cada nutriente elemental (puro) que requiere extrae una planta los primeros seis meses (ver tabla 4), con lo cual se extrapoló a los requerimientos por hectárea en los primeros seis meses, tomando una distancia entre plantas de dos (2) metros y tres (3) metros entre surcos y se obtuvo una densidad de 1400 plantas por hectárea (ver tabla 5).

Tabla 4. Cantidades absorbidas de cada nutriente (elemental o puro) por cada planta de uchuva, bajo invernadero en el oriente Antioqueño

Extracción de nutrientes por cada planta de uchuva en los primeros seis meses												
meses\ elemento	Masa seca promedio/ planta	g						mg/Kg				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1 /Vegetativo	247,6	20,2	1,6	15,1	0,4	0,9	2,0	469,8	46,1	14,0	128,1	176,2
2/Vegetativo	677,68	58,0	4,6	38,0	1,1	3,0	6,2	315,6	43,5	17,9	93,1	117,7
3/Floración	833,54	58,4	3,2	41,7	4,4	10,4	4,6	202,0	49,3	3,6	68,3	85,7
4/Fructificación	916,9	58,4	3,2	47,1	5,6	13,4	5,6	578,0	47,4	4,7	63,5	60,1
5/Fructificación	988,21	62,7	4,1	53,8	6,9	15,1	5,5	560,1	47,7	5,7	57,8	53,1

Extracción de nutrientes en uchuva por hectárea en los primeros seis meses											
Requerimiento	Kg						mg/Kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Extracción en gramos/planta los primeros seis meses	0.1840	0.0119	0.1398	0.0132	0.0306	0.0171	1518.23	167.20	0.03	0.29	0.35
Extracción por hectárea (1400 plantas)	257.640	16.694	195.653	18.425	42.788	23.911	2,125,522.0	234080.0	46.0	410.7	492.7

Con los datos anteriores, se encontró que la extracción de nutrientes por la uchuva en los primeros seis meses presentó jerárquicamente estas cantidades en kilogramos por hectárea: N= 257,7 Kg/ha; K= 195,7 Kg/ha; Mg= 42,8 Kg/ha; S= 23,9 Kg/ha; Ca= 18,4 Kg/ha; P= 16,7 Kg/ha; Fe= 2,126Kg/ha; B= 0,493 Kg/ha; Zn= 0,411 Kg/ha; Mn= 0,243 Kg/ha y Cu=0,0046 kg/ha.

Si bien esta investigación permitió determinar los contenidos nutricionales (nutrientes que absorbe la planta de uchuva los primeros seis meses), es importante considerar que existen factores edafoclimáticos, biológicos, técnicos y hasta industriales (tipo de fertilizantes), que condicionan la disponibilidad y aportes nutricionales, como lo son la eficiencia de la fuentes de fertilizantes que se van a emplear, los tipos de suelos y la retención de estos, la acidez, el pH, la textura, la estructura, la humedad, la acción microbiana, el estado fitosanitario, las pérdidas por volatilización o lixiviación, entre otros factores que condicionan la absorción de elementos nutricionales.

CONCLUSIONES

La absorción de nutrientes por una planta de uchuva los primeros seis meses en condiciones del oriente “cercano” de Antioquia, bajo cobertura plástica fue jerárquicamente así: N (44,77g) > K (38,44g) > Mg (10,77g) > S (3,95g) > P (2,96 g) > Ca (4,94 g), para los macronutrientes, y para los micronutrientes en ppm fue así: Fe (400,1 ppm) > B (37,9 ppm) > Zn (41,3 ppm) > Mn (34,1 ppm) > Cu (4,1 ppm) en la planta.

En los programas de fertilización para uchuva, en condiciones de desarrollo del ejercicio se debe garantizar en los primeros seis meses, estas cantidades en kilogramos por hectárea de cada nutriente elemental (puro): N= 257,7 Kg/ha; K= 195,7 Kg/ha; Mg= 42,8 Kg/ha; S= 23,9 Kg/ha; Ca= 18,4 Kg/ha; P= 16,7 Kg/ha; Fe= 2,126Kg/ha; B= 0,493 Kg/ha; Zn= 0,411 Kg/ha; Mn= 0,243 Kg/ha y Cu=0,0046 kg/ha.

RECOMENDACIONES

En próximas investigaciones es necesario ampliar el tiempo de estudio para esta especie, a razón de la duración de su ciclo y de su comportamiento fisiológico, al menos hasta los 24 meses, con este periodo se pueden identificar posibles fluctuaciones en los requerimientos nutricionales relacionados con la edad de la planta; Además de pruebas en diferentes momentos de aplicación y las fuentes fertilizantes usadas.

Se recomienda realizar la siguiente investigación (hasta los 24 meses) a plena exposición, es decir sin cobertura, ya que así se realizaría la métrica siguiendo las condiciones de producción del departamento de Antioquia en intemperie.

SENTIMIENTO DE GRATITUD

A la Universidad Católica de Oriente, a su Facultad de Ciencias Agropecuarias, de manera especial a los profesores Laura Amanda Peña y Rubén Darío David Giraldo y demás docentes que contribuyeron con sus conocimientos.

A la empresa C.I. Caribbean Exotics SAS, que estuvo presente todo el tiempo por medio de ingeniero y profesor Mauricio Ortiz Carvajal.

Al Hogar Juvenil Santa María en cabeza de Elizabet Quiceno.

Al Laboratorio de suelos de la Universidad, especialmente a Jossaly Moreno.

Alas empresas MICROFERTISA e INVESA (SOLUCIONES MICROBIANAS DEL TRÓPICO) por su aporte de fuentes nutricionales (Borozinco, Hierrozinco) y de microorganismos (Bovetropico, Trichotropico y Tropimezcla) para sostenimiento de las plantas.

A mis compañeros y colegas Juan David Restrepo e Indira Montes por su apoyo.

BIBLIOGRAFÍA

Agronet. (2016). *Agronet MinAgricultura*. Obtenido de Agronet MinAgricultura: <http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx>

Agronet. (2014). Área Cosechada y Producción Rendimiento Producción de Uchuva en Colombia, 2007-2012 Participación del cultivo en área cosechada y producción. Recuperado de: www.agronet.gov.co

Almanza-Merchán, P.J.; Fischer, G. (2012) Fisiología del cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). en: REUNIAO TÉCNICA DA CULTURA DA PHYSALIS: UDESC. pp. 32-52.

Amador, J., y Bernal, I. (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>

Analdex (2017) Exportaciones de Uchuva 2016. Recuperado de: <http://www.analdex.org/wp-content/uploads/2017/02/Informe-Uchuva-2017-SE.pdf>

Ávila, J.A. y A.P. Moreno. (2004). Efecto de dos estados de madurez (color 3 y 5) sobre el comportamiento poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) con cáliz a temperatura ambiente de Bogotá y dos tipos de secado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Trabajo de grado.

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.

Bonilla, I. (2008). Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. pp. 103-141. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talón(eds.). *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Bugarín, R., M. Virgen, A. Galvis, D. García, T. Hernández., I. Bojorquez y A. Madueño (2011). Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Bioagro* 23(2): 93-98.

Chaves, A. C. (2006) Propagação e avaliação fenológica de *Physalis* sp. naregião de Pelotas, RS. Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Tesis (Doctorado).

Cooman, A., C. Torres y G. Fischer. (2005). Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta: II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. *Agronomía colombiana*, Bogotá, v.23, n.1, p.74-82, 2005.

Ferguson, I.B. y B.K. Droback. 1986. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *HortScience* 23, 262-266.

Fernandez, M. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar, 51-57.

Fischer, G. (2000). Crecimiento y desarrollo. pp. 9-26. En: Flórez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p.

Fischer, G. y R. Angulo. (1999). Los frutales de clima frío en Colombia. La uchuva. *Ventana al campo Andino* 2(1), 3-6.

Fischer, G.; Miranda, D. (2012). Uchuva (*Physalis peruviana* L.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Bogotá: Produmedios, p.851-873.

Floria, y Bertsch. (2015). Estudios de Absorción de Nutrientes como Apoyo a las Recomendaciones de Fertilización. *Informaciones Agronómicas*. Informaciones Agronomicas.

Galvis, J.A., G. Fischer y O.P. Gordillo. (2005). Cosecha y poscosecha de la uchuva. pp. 165-190. En: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero (eds.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 221 p.

Garg, R.C. y S.K. Singh. (1975). Primary nutrient deficiencies in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *ProgressiveHort*. 7(2), 53-58.

Gastelum-Osorio, Delma Araceli, Sandoval-Villa, Manuel, Trejo-López, Carlos, & Castro-Brindis, Rogelio. (2013). Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L.. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(2), 197-210. <https://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.01.002>

Gordillo, O., G. Fischer y R. Guerrero. 2004. Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sylvania (Cundinamarca). *Agron. Colomb.* 22(1), 53-62.

Gupta, S. K., Roy, S. K. (1981). "The floral biology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L. Solanaceae, India)", en *Indian Journal of Agricultural Science* 51 (5), págs. 353-355.

Haifa. (2014). Recomendaciones nutricionales para Banana. 72.

Hernández, J., Barbazán, M., & Perdomo, C. (2010) Potasio. Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/docs/Potasio.pdf>.

Martínez, F.E.; Sarmiento, J. (2008) Estudio de los síntomas de deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.). - Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Trabajo (Grado)

Miranda, D. (2005) Criterios para el establecimiento, los sistemas de cultivo, el tutorado y la poda de la uchuva. En: Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p.29-54.

Navarro, S. y G. Navarro. (2000). Química agrícola. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Peil, R. y Gálvez, J. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 11: 05-11. Promix. (2017). Rol del boro en el cultivo de plantas. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-boro-en-el-cultivo-de-plantas/>.

Promix (2018). La función del zinc en el cultivo de plantas. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-zinc-en-el-cultivo-de-plantas/>

Rao y Subramonian (1976) Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845697341500170>

Rausch, T; Wachter, A. (2005). "Sulfur metabolism: a versatile platform for launching defence operations". *Trends Plant Sci.* 10 (10): 503-509.

ROBITALLE H. A. (1975). Effect of foliar molybdenum spray on nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. *Annu. Rep. BeanImprov. Coop.* 18.65

Sanabria, S. (2005). Situación actual de la uchuva en Colombia. pp.1-8. En: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero (eds.). 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 221 p.

Singh, U.R., I.C. Pandey y R.S. Prasad. (1977). Effect of N, P and K on growth, yield and quality of cape gooseberry. *PunjabHort. J.* 17(3-4), 148-151.

Toledo, G. (2010). Rol del calcio en el cultivo de plantas. (SciELO, Ed.) *Revista Agrícola*, 4(2), 2. Recuperado de, <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-calcio-en-el-cultivo-de-plantas/>.

Villegas, I. (2009). El cultivo de la Uchuva (*Physalis peruviana*). San José, Costa Rica. pp. 28–31.

Wirtz, M; Droux, M. (2005). "Synthesis of the sulfur amino acids: cysteine and methionine". *Photosynth Res.* 86 (3): 345-362.