



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO EN EDAFOLOGIA**

**DINAMICA Y EXTRACCION NUTRIMENTAL EN EL
CULTIVO DE ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius*)
VARIEDAD TUPY EN LOS REYES, MICHOACAN**

MARIA CONSEPCION OSEGUERA ALVAREZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO
2015**

La presente tesis titulada: “**DINAMICA Y EXTRACCION NUTRIMENTAL EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius*) VARIEDAD TUPY EN LOS REYES, MICHOACAN**” realizada por la alumna **María Concepción Oseguera Álvarez**, con la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de: **MAESTRA EN CIENCIAS EDAFOLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. PROMETEO SÁNCHEZ GARCÍA

ASESOR:



DR. ANTONIO TRINIDAD SANTOS

ASESOR:



DR. LUIS MARIO TAPIA VARGAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2015.

RESUMEN

México es actualmente el primer exportador de frutillas frescas en el mundo, en particular la zarzamora y el Estado de Michoacán contribuye con el 95% del total. La producción de zarzamora en Michoacán se concentra en la región de Los Reyes. El adecuado manejo de la fertilización es fundamental para la obtención de buena calidad de frutos y altos rendimientos. Una forma eficaz de controlar la nutrición es mediante la aplicación de soluciones nutritivas con un determinado balance iónico, en las cuales el potencial osmótico juega un papel determinante en la asimilación de nutrientes por las plantas. La demanda nutrimental contabiliza los requisitos de cosecha, la extracción total o el consumo de nutrimentos que efectúa un cultivo en particular para completar su ciclo de producción. Se estableció un experimento con plantas de zarzamora Var. Tupy en Los Reyes Michoacán, para evaluar el efecto de la aplicación de soluciones nutritivas (SN) con diferente potencial osmótico (PO): -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 y -0.090 MPa, sobre la asignación de biomasa, la concentración y extracción de NPK, tomando como base la solución nutritiva universal de Steiner, modificada con amonio. Las etapas fenológicas consideradas en el estudio fueron las siguientes: Etapa I = vegetativa – antes de defoliación; Etapa II = después de defoliación – brotación; Etapa III = brotación – floración; Etapa IV = floración – fructificación. El N total en los diferentes órganos se determinó por el método de microkjeldahl, fósforo (P) y potasio (K) por emisión atómica (AES-ICP), además del contenido de biomasa seca, rendimiento y calidad del fruto. El mayor contenido de MS en planta se observó en los tratamientos con un PO de -0.072 y -0.090 MPa de la SN. El tallo fue el órgano que acumuló mayor cantidad de MS en las cuatro etapas fenológicas evaluadas. Los resultados en la dinámica de concentración de NPK mostraron diferencias estadísticas significativas para N en corona para la etapa brotación – floración, P en corona para la etapa después de defoliación - brotación y K en tallo para la etapa brotación – floración. Los resultados en extracción mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la extracción de P y K en planta completa en la etapa brotación-floración.

Palabras clave: solución nutritiva, potencial osmótico, etapas fenológicas.

ABSTRACT

Mexico is currently the leading exporter of fresh berries in the world, especially blackberry, and Michoacan State accounts for 95 % of the total. Blackberry production in Michoacan is concentrated in the region of Los Reyes. Proper management of fertilization is essential for obtaining good quality fruits and high yields. An effective way to control nutrition is by applying nutrient solutions with a certain ionic balance, in which the osmotic potential plays an important role in nutrient uptake by plants. The nutritional requirements demand accounted harvest, the total removal or consumption of nutrients that performs a particular crop to complete its production cycle. An experiment with blackberry plants 'Tupy' in Los Reyes, Michoacan was developed to evaluate the effect of osmotic potential (OP) of nutrient solution (NS): -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 and -0.090 MPa, on biomass accumulation, concentration and removal of NPK, based on the universal Steiner nutrient solution modified with ammonium. Phenological stages considered in the study were as follows: Stage I = Vegetative - before defoliation; Stage II = after defoliation - sprouting; Stage III = sprouting - flowering; Stage IV = flowering - fruiting. The results showed statistically significant differences for sprouting - flowering stage. Total N was determined in different organs by the micro Kjeldahl method, phosphorus (P) and potassium (K) by atomic emission (ICP-AES), in addition to dry matter, yield and fruit quality. The highest content of DM in plant was observed in treatments with PO -0.072 and -0.090 MPa of NS. The stem was the organ that accumulated greater amount of DM in the four phenological stages evaluated. The results showed statistically significant differences for N in crown for sprouting - flowering stage, P in crown for after defoliation - sprouting stage and K in stem for sprouting – flowering stage. The results showed statistically significant differences between treatments for P and K removal at sprouting – flowering stage.

Key words: nutrient solutions, osmotic potential, pheological stages.

AGRADECIMIENTOS

Toda la Sabiduría viene del Señor Dios, y con él estuvo siempre y existe antes de los siglos. ¿Quién ha contado las arenas del mar, y las gotas de la lluvia, y los días de los siglos que durará el mundo?. Sólo el creador, Altísimo, Omnipotente, y Rey Grande, que está sentado sobre su trono, y es el Señor Dios (Eclesiástico 1, 1,8-9).

A Dios Padre creador por darme la vida, a su hijo Jesucristo en la Imagen del Sr. del Calvario por las bendiciones que recibo día con día.

Al Dr. Prometeo Sánchez García por su amistad y apoyo incondicional en mi estancia en el Colegio de Postgraduados y en la realización de esta tesis.

Al Dr. Antonio Trinidad Santos por su gran amistad y por la ayuda que siempre me ha brindado, es usted una gran persona muchas gracias.

Al Dr. Luis Mario Tapia Vargas por el apoyo y la confianza que siempre me brindado gracias.

A todos mis profesores del COLPOS tome lo mejor de cada uno y lo llevo conmigo, gracias.

Al Sr. José Luis Guerrero Guerrero por la gran amistad que nos une a su familia, por su apoyo para la realización de este trabajo de investigación y por la confianza depositada en nosotros muchas gracias.

DEDICATORIA

A los seres que más amo, que me dieron la vida, y me enseñaron que cada día se debe luchar por ser mejor:

Maria Concepción Álvarez y Francisco Oseguera Molina

A ti padre mi mayor orgullo dedico todos mis logros, por el ejemplo que siempre me has dado de amar a Dios ante todas las cosas y así las cosas se darán por añadidura. A ti madre porque tu nobleza, que me hace recordar de dónde vengo.

A ti Juanita (f) que ya no estas con nosotros, pero vives en nuestros corazones, gracias porque aunque no nacimos de ti, nos diste lo mejor, Dios te ha de tener en su gloria.

A mis todos mis hermanos: Lupita, Ildaelisa, Silvia, Lucila, Silviano, Triny, Francisco, Saúl, Armando y Alma, porque forman parte de mi familia.

A todos mis sobrinos: Mario, Lola, Lupita, Conchita, Dulce, Corne, Sofí, Pepe, Dennis, Silvia, Esmeralda, Annie, Gabino, Pablito, Eder, Perla, Pili, Olis, Ximena, Zaid, Panchito y Gael, por alegrar mi vida.

A todos mis amigos que me han brindado su apoyo y me han escuchado en los momentos difíciles, no me alcanzarían las líneas para nombrarlos, pero sé que cuando lean este párrafo, sabrán que forman parte de la gran lista, que los quiero, que ocupan un lugar especial en mi corazón, y que siempre podrán contar conmigo, a pesar del tiempo y la distancia.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN ZARZAMORA (<i>Rubus ulmifolius</i>) VAR. TUPY BAJO PRODUCCIÓN FORZADA EN LOS REYES, MICHOACAN.	5
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	6
MATERIALES Y MÉTODOS	8
RESULTADOS Y DISCUSION	9
CONCLUSIONES	14
LITERATURA CITADA.....	15
V. EFECTO DEL POTENCIAL OSMOTICO SOBRE LA DINAMICA DE CONCENTRACIÓN DE NPK EN ZARZAMORA (<i>Rubus ulmifolius</i> Schott) VARIEDAD TUPY	17
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN	19
MATERIALES Y MÉTODOS	21

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
CONCLUSIONES	30
LITERATURA CITADA.....	31
VI. EXTRACCION DE NPK EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA (<i>Rubus ulmifolius</i>) VARIEDAD TUPY BAJO PRODUCCION FORZADA	34
RESUMEN	34
ABSTRACT	35
INTRODUCCIÓN	35
MATERIALES Y METODOS	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
CONCLUSIONES	46
LITERATURA CITADA.....	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1. Soluciones Nutritivas aplicados en base a la solución universal de Steiner (1984)	8
Cuadro 5.1. Soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico	22
Cuadro 5.2. Concentración de nitrógeno en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrollada con diferente potencial osmótico, por etapas fenológicas	24
Cuadro 5.3. Concentración de fósforo en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrollada con diferente potencial osmótico, por etapas fenológica.....	26
Cuadro 5.4. Concentración de potasio en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrollada con diferente potencial osmótico, por etapas fenológicas.....	28
Cuadro 6.1. Soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico.....	37
Cuadro 6.2. Extracción de nitrógeno en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrolladas con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva, por etapas fenológicas.	40
Cuadro 6.3. Extracción de fósforo en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrolladas con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva, por etapas fenológicas.....	41
Cuadro 6.4. Extracción de potasio en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrolladas con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva, por etapas fenológicas.	43
Cuadro 6.5. Rendimiento, sólidos solubles totales y firmeza de frutos en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrolladas con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva, por etapas fenológicas.	44

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Contenido de materia seca en raíz, corona, tallo y hojas de zarzamora var. Tupy para la etapa vegetativa – antes de defoliación por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva..... 10
- Figura 2. Contenido de materia seca en raíz, corona, tallo y hojas de zarzamora var. Tupy para la etapa después de defoliación – brotación por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva.....11
- Figura 3. Contenido de materia seca en raíz, corona, tallo, hojas y flores de zarzamora var. Tupy para la etapa brotación – floración por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva.....12
- Figura 4. Contenido de materia seca en raíz, corona, tallo, hojas y frutos de zarzamora var. Tupy para la etapa floración - fructificación por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva.....13
- Figura 5. Acumulación de materia seca en plantas de zarzamora var. Tupy en diferentes etapas fenológicas por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva..... 13

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

México es actualmente el primer exportador de frutillas frescas en el mundo. En el 2013 se exportaron en fresco 51, 518.213 ton de berries lo cual generó una derrama económica de 162, 176, 957 dólares (COMTRADE, 2014). En la producción de estas frutillas, en particular la zarzamora, sobresale el Estado de Michoacán quien contribuyó en la temporada agrícola del 2013 con un total de 122,203.99 ton; representando el 95% de la producción nacional. La producción y exportación de zarzamoras en Michoacán se concentra en la región de valle Esmeralda, mejor conocida como el valle de Los Reyes, en donde se concentra el 45% de la producción total del estado (SIAP, 2014.).

El cultivo de la zarzamora (*Rubus sp.*) tiene importancia para los productores por su alta rentabilidad, rápida recuperación de inversión, versatilidad de usos y sobre todo, por su posibilidad de exportación a los mercados norteamericanos, europeos y últimamente, asiáticos. Se presume que en el ciclo 2011, en Los Reyes Michoacán, el precio de la zarzamora fluctuó de 5.6 a 6 dólares por caja de “media pinta”; es decir una caja con 12 clamshell (contenedor pequeño de plástico con 6 onzas netas de zarzamora) con peso aproximado de 2.2 kilogramos incluido empaque y contenedor. La producción de zarzamora en los Reyes en el 2011 fue de 11.5 millones de cajas por lo que se tuvo un promedio de 687 millones de pesos como derrama económica (Chávez, 2011). A partir de 1996, con el establecimiento de las primeras empresas comercializadoras y exportadoras de zarzamoras en el Valle de Los Reyes, comenzó el crecimiento de la producción local y exportación.

Con la introducción de la variedad Tupy se cimentó la competitividad regional, pero sobre todo, gracias a los esfuerzos de agricultores y profesionistas que contaban con la experiencia del manejo de producción forzada en el durazno; emprendieron a desarrollar esta tecnología en el cultivo de la zarzamora.

Durante este tiempo, se han abordado pocos conceptos de manejo de nutrición, pero la creciente demanda en los mercados ha llevado a tratar de tener producción todo el año y una medida importante para aumentar la productividad de alta calidad es mejorar el manejo nutricional de la zarzamora, por lo que es importante conocer la dinámica y la extracción nutrimental, específicamente en cada etapa fenológica y bajo el concepto de producción forzada.

Con el objetivo de facilitar la lectura, la presente tesis se desarrolló en modalidad de artículos, en donde cada uno de ellos corresponde a un objetivo específico planteado:

1. ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN ZARZAMORA (*Rubus Ulmifolius*) VAR. TUPY BAJO PRODUCCIÓN FORZADA, EN LOS REYES MICHOACAN.
2. EFECTO DEL POTENCIAL OSMOTICO SOBRE LA DINAMICA DE CONCENTRACIÓN DE NPK EN ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius* Schott) VARIEDAD TUPY.
3. EXTRACCION DE NPK EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius*) VARIEDAD TUPY BAJO PRODUCCION FORZADA.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer la dinámica nutrimental y cuantificar la extracción de nutrientes por etapas fenológicas en el cultivo de zarzamora (*Rubus ulmifolius*) en un suelo tipo andosol de Los Reyes, Michoacán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el rendimiento de fruta y peso de materia seca en diferentes órganos de plantas de zarzamora por etapas fenológicas y con diferentes tratamientos de fertilización.

Conocer la dinámica nutrimental en plantas de zarzamora para determinar las épocas de mayor demanda.

Calcular la extracción de macro y micronutrientes en diferentes órganos de plantas de zarzamora por etapas fenológicas.

III. HIPÓTESIS

El incremento del potencial osmótico de la solución nutritiva es directamente proporcional a la acumulación de biomasa seca y rendimiento en plantas de Zarcamora var. Tupy.

Las etapas de mayor demanda nutrimental en zarcamora son la etapa de floración y el desarrollo de frutos.

La dinámica de la extracción nutrimental varía en el ciclo del cultivo de la zarcamora de acuerdo a la etapa fenológica, habiendo etapas críticas en donde se requiere mayormente de uno u varios nutrientes y en proporciones diferentes.

IV. ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius*) VAR. TUPY BAJO PRODUCCIÓN FORZADA EN LOS REYES, MICHOACAN.

BIOMASS ACCUMULATION OF BLACKBERRY (*Rubus ulmifolius*) TUPY VARIETY UNDER FORCED PRODUCTION, IN LOS REYES, MICHOACAN

María Concepción Oseguera Alvarez¹, Prometeo Sánchez García¹, Antonio Trinidad Santos¹, Luis Mario Tapia Vargas².

¹Colegio de Postgraduados, Km 35.5, carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P.56230 (mcoa66hotmail.com, promet@colpos.mx, trinidad@colpos.mx)

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Avenida Latinoamericana 1101, Col. Los Ángeles. Uruapan, Michoacán. C.P. 60150 (mariotv60@hotmail.com)

RESUMEN

El manejo adecuado de la fertilización en el cultivo de zarzamora es fundamental para la obtención de buena calidad de frutos y altos rendimientos, y esto a su vez, está relacionado con la acumulación de materia seca (MS). Se estableció un experimento con plantas de zarzamora Var. Tupy en Los Reyes Michoacan, para evaluar el efecto de la aplicación de soluciones nutritivas (SN) con diferente potencial osmótico (PO): -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 y -0.090 MPa, sobre la asignación de biomasa, tomando como base la solución nutritiva universal de Steiner, modificada con amonio. Las etapas fenológicas consideradas en el estudio fueron las siguientes: Etapa I = vegetativa – antes de defoliación; Etapa II = después de defoliación – brotación; Etapa III = brotación – floración; Etapa IV = floración – fructificación. Se determinó el contenido de la materia seca total en la planta y en cada uno de los órganos (raíz, corona, tallo, hoja, flor y fruto) en diferentes etapas. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas para la etapa brotación – floración.

El mayor contenido de MS en planta se observó en los tratamientos con un PO de -0.072 y -0.090 MPa de la SN. El tallo fue el órgano que acumuló mayor cantidad de MS en las cuatro etapas fenológicas evaluadas.

Palabras clave: *etapas fenológicas, macro y micronutrientes, potencial osmótico.*

ABSTRACT

Fertilization management of blackberry is essential for obtaining a good quality and high yields of fruit and this in turn, is associated directly with the dry matter accumulation (DM). An experiment with blackberry plants 'Tupy' in Los Reyes, Michoacan was developed to evaluate the effect of osmotic potential (OP) of nutrient solution (NS): -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 and -0.090 MPa, on biomass accumulation, based on the universal Steiner nutrient solution modified with ammonium. Phenological stages considered in the study were as follows: Stage I = Vegetative - before defoliation; Stage II = after defoliation - sprouting; Stage III = sprouting - flowering; Stage IV = flowering - fruiting. The results showed statistically significant differences for sprouting - flowering stage. The highest content of DM in plant was observed in treatments with PO -0.072 and -0.090 MPa of NS. The stem was the organ that accumulated greater amount of DM in the four phenological stages evaluated.

Key words: *phenological stages, macro and micronutrients, osmotic potential.*

INTRODUCCIÓN

México es el principal exportador de frutillas frescas en el mundo y el estado de Michoacán contribuye con el 96% de la zarzamora producida en nuestro país. A su vez, la mayor superficie y producción de este cultivo se concentra en el Valle Esmeralda, en Los Reyes, Michoacán.

El manejo de la fertilización de la zarzamora es importante para la obtención de rendimientos de fruta de alta calidad. Los niveles de nutrimentos que se aplican están influenciados por el genotipo, el clima y el tipo de suelo, entre otros (Venegas *et al.*, 1999). Moore y Skirvin (1990), mencionan que la corona y las raíces de la zarzamora son perennes, mientras que las cañas son bianuales, en el primer año se consideran primocañas y en el segundo, floricañas las cuales emiten las inflorescencias y estas a su vez, los frutos (polidrupas).

En el caso de Michoacán, las primocañas tienen un crecimiento acelerado, por su parte las floricañas ya no crecen, solo producen laterales cortos con hojas y una inflorescencia. Por lo tanto, en esta etapa se debe considerar la formación de la estructura vegetativa, es decir, la actividad fotosintética es alta por lo que es importante la fertilización nitrogenada. De acuerdo con Venegas *et al.* (1999), los suelos que predominan en la zona productora de zarzamora en Michoacán son de tipo andosol, con una alta capacidad de fijación de fósforo, por lo que el manejo de este elemento en dichas condiciones edáficas es importante durante la formación de raíces y en la etapa reproductiva. Además, los suelos de la región son pobres en calcio y boro, elementos esenciales durante la floración. Becerril y Rodríguez (1989), definen la producción forzada como aquella que se promueve fuera de la temporada normal de la producción mediante el proceso de adelantar o retrasar la iniciación del crecimiento y desarrollo, o ambos. La producción forzada de zarzamora se realiza mediante las siguientes prácticas: poda a piso, conducción de cañas y despunte de las mismas, sazonomiento de cañas, poda (cuadrado de setos), defoliación, estimulación del rompimiento de yemas y alargamiento de cargadores, floración y amarre de frutos, desarrollo y maduración de frutos.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación se enfocó en conocer el efecto de soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico sobre el desarrollo, producción y acumulación de materia seca (MS) en zarzamora, en cuatro etapas fenológicas bajo un sistema de producción forzada, en un suelo tipo andosol de Los Reyes, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un huerto ubicado en Atapan municipio de los Reyes, Michoacan entre los paralelos 19°39'15.6" latitud Norte y 100 °27'16.1" longitud oeste a una altura de 1491 msnm. El suelo donde se estableció el cultivo presento los siguientes parámetros: textura franca, densidad aparente (D_a) = 1.0 g cm⁻³, materia orgánica (MO) = 2.31%, pH = 6.3 y una conductividad eléctrica (CE) = 0.28 dS m⁻¹. Se hicieron enmiendas de suelo con cal agrícola y sulfato de potasio para equilibrar las bases intercambiables. Se evaluaron diferentes SN con diferente PO (Cuadro 1), tomando como base la solución nutritiva universal de Steiner (1984), modificada con amonio (Juárez *et al.*, 2006).

Las SN se aplicaron cada semana en drench con una bomba manual a partir de la poda a piso de las plantas; hasta los 6 meses que comenzó la época de lluvia se aplicó la SN con N a base de NO₃⁻. Una vez comenzando la época de lluvia se cambió la base del N a NH₄⁺ para evitar la lixiviación.

Cuadro 1. Soluciones Nutritivas aplicados en base a la solución universal de Steiner (1984).

Ψ^o MPa	Concentración de macronutrientes, mg l ⁻¹					
	N-NO ₃ +N-NH ₄	P-PO ₄	K	Ca	Mg	S-SO ₄
-0.018	42	8	68	45	12	28
-0.036	84	16	137	90	24	56
-0.054	126	23	205	135	36	84
-0.072	168	31	273	180	48	112
-0.090	210	39	341	225	60	140

Ψ^o = potencial osmótico; MPa= megapascuales

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 3 repeticiones. En cada bloque se evaluaron 5 tratamientos (8 Plantas por tratamiento); teniendo 40 plantas por bloque y un total de 120 plantas en todo el experimento. Las etapas fenológicas consideradas en el estudio fueron las siguientes: Etapa I = vegetativa – antes de defoliación; Etapa II = después de defoliación – brotación; Etapa III = brotación – floración; Etapa IV = floración – fructificación.

En cada una de las etapas se hizo un análisis destructivo de planta por órganos (raíz, corona, tallo, hojas, flores y frutos, según la etapa) para cada tratamiento y repetición. Por separado se tomó el peso de materia fresca de los órganos en una báscula de precisión; posteriormente, éstos se lavaron primeramente con agua corriente y después con agua destilada. Las muestras fueron secadas en una estufa a 70°C con circulación de aire forzado hasta que alcanzaron un peso constante (72 horas); posteriormente se pesaron en seco en una báscula de precisión. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se observa que hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la variable MS en corona para la etapa vegetativa – antes de defoliación. El mayor contenido de MS en corona se presentó en el tratamiento con el PO de -0.054 MPa (1.5 dS/m de CE). Las plantas de zarzamora toleran un PO de -0.216 MPa como máximo, después de estos niveles de salinidad las plantas mueren, sin embargo, el PO óptimo para la etapa de producción oscila entre -0.054 y -0.072 MPa (Bischoff, 1999). El gradiente de acumulación de MS en los órganos para esta etapa es el siguiente: tallo > hoja > raíz > corona, lo que coincide con Malik *et al.* (1991) quienes afirman que en el cultivo de zarzamora el tallo es uno de los órganos que componen la mayoría de la biomasa. Vega (1999) y Olalde *et al.* (2000) consignan que la mayor asignación de materia seca ocurre en el tallo en frijol y girasol, respectivamente.

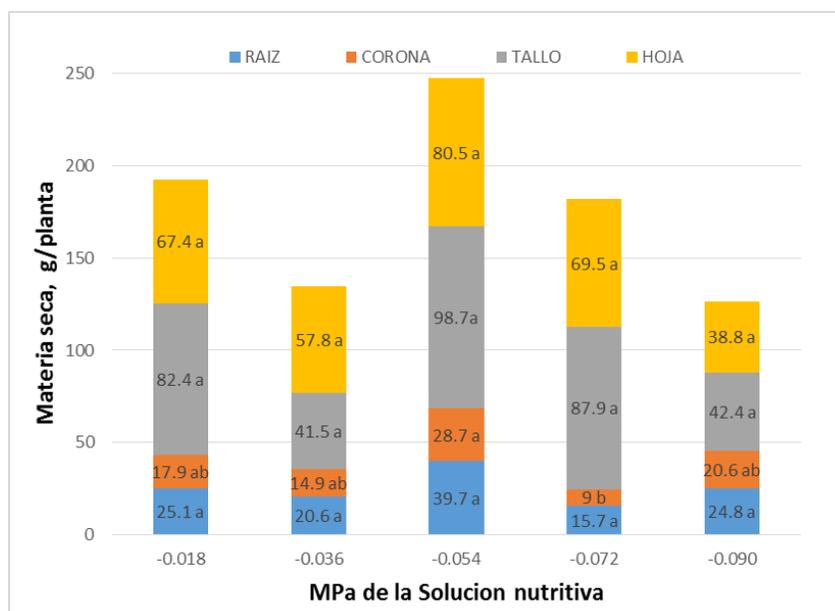


Figura 1. Contenido de materia seca en raíz, corona, tallo y hojas de zarcamora var. Tupy para la etapa vegetativa – antes de defoliación por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva. Barras del mismo color, con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

En la segunda etapa de muestreo correspondiente a la fase después de defoliación - brotación (Figura 2) no se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En comparación con la etapa vegetativa – antes de defoliación (Figura 1), la cantidad de biomasa seca en corona, tallos y hoja en esta fase, disminuyó considerablemente ya que las plantas entran en una etapa de franca recuperación como respuesta a la producción forzada. Se detectó nuevamente que el órgano que más biomasa seca acumuló fue el tallo, en comparación con los demás órganos.

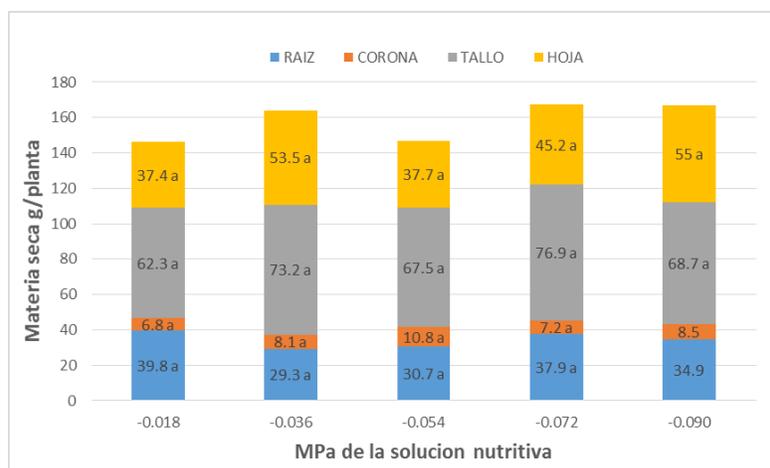


Figura 2. Contenido de materia seca en raíz, corona, tallo y hojas de zarcamora var. Tupy para la etapa después de defoliación – brotación por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva. Barras del mismo color, con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

En la Figura 3 se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la variable MS en tallo y hojas en la etapa brotación - floración. En esta fase se nota claramente como el tratamiento con un PO de la SN igual a -0.090 MPa es diferente a los demás.

De acuerdo con Argote (2010), la MS aumenta proporcionalmente al incremento de la concentración de fertilizantes en zarcamora, ya que después de la defoliación viene la brotación y con la presencia de nitrógeno y otros elementos disponibles estos pueden ser tomados por las raíces y a su vez, translocados a la parte aérea donde se demanda por los brotes vegetativos y florales (Salisbury and Ross, 2000; Diaz, 2002).

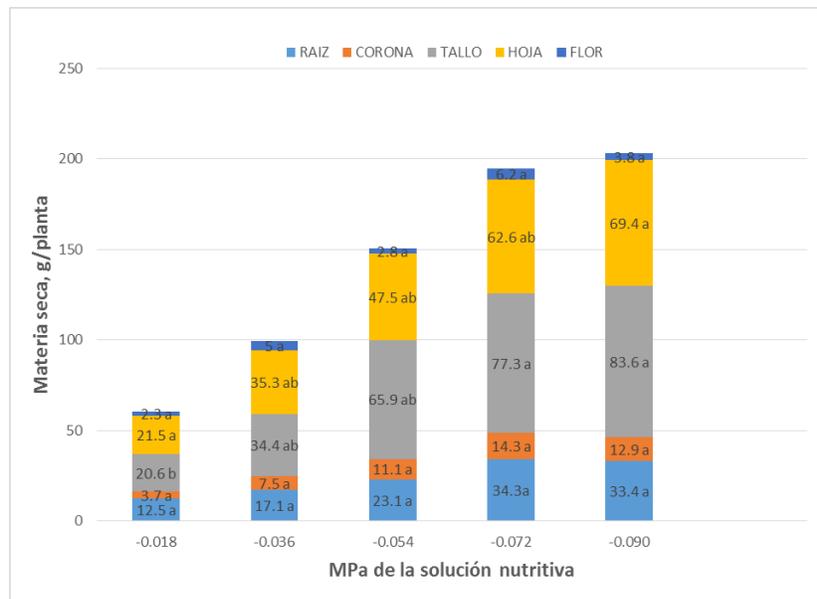


Figura 3. Contenido de materia seca en raíz, corona, tallo, hojas y flores de zarzamora var. Tupy para la etapa brotación – floración por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva. Barras del mismo color, con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Moore y Skirvin (1990) explican que las plantas de zarzamora al final de la cosecha han desarrollado en su totalidad las primocañas, floricañas y laterales floricañas, por lo que aumenta el peso de la MS.

En la Figura 4 no se observan diferencias significativas por efecto de tratamientos para la variable materia seca en la fase floración – fructificación. Los tratamientos con un PO de la SN igual a -0.018 y 0.090 MPa consiguieron la mayor acumulación de biomasa seca en esta etapa.

En la Figura 5 se muestra la acumulación de biomasa seca en plantas completas de zarzamora por efecto de tratamientos con diferente PO de la SN. En esta se observa que la mayor cantidad de MS acumulada se presentó en el tratamiento con un PO de -0.054 MPa (808.5 g/planta), lo cual coincide con Bischoff (1999), quien menciona que el PO óptimo para zarzamora en la etapa de producción oscila entre -0.054 y -0.072 MPa. Molina (2013) señala que el adecuado suministro de fertilizantes en zarzamora promueve el crecimiento vegetal, por ende incrementa la biomasa y formación de frutos.

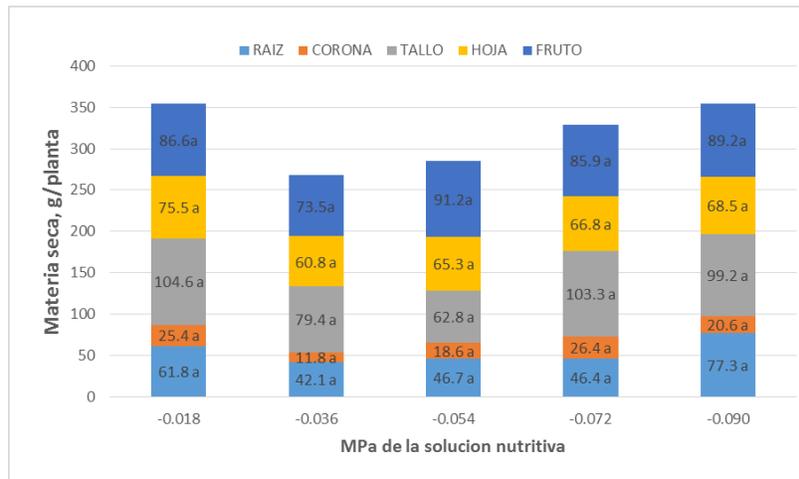


Figura 4. Contenido de materia seca en raíz, corona, tallo, hojas y frutos de zarzamora var. Tupy para la etapa floración - fructificación por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva. Barras del mismo color, con la misma letra, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

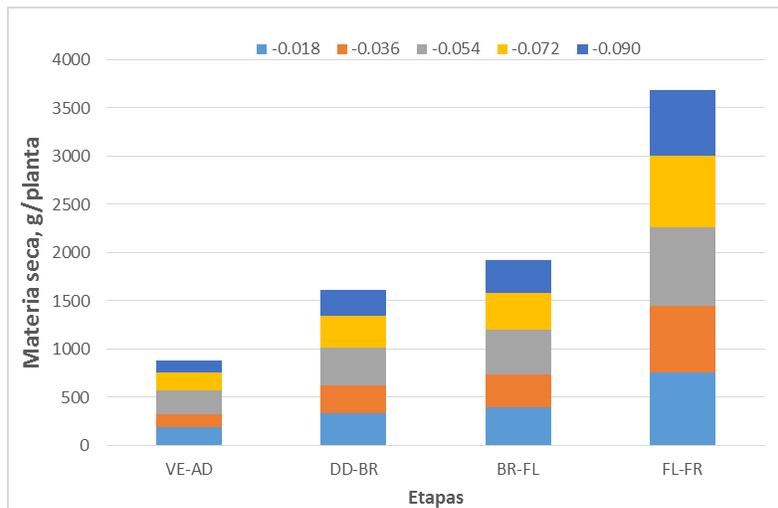


Figura 5. Acumulación de materia seca en plantas de zarzamora var. Tupy en diferentes etapas fenológicas por efecto de tratamientos con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva.

CONCLUSIONES

Se concluye que el mayor contenido de MS en planta se observó en los tratamientos con un PO de -0.072 y -0.090 MPa de la SN. En las cuatro etapas evaluadas el órgano que mayor contenido de materia seca acumuló fue el tallo, en comparación con los demás órganos.

LITERATURA CITADA

Bischoff, J. 1999. Salt/salinity tolerance of common horticultural crops in South Dakota. Garden and vegetable / woody fruit crops. South Dakota Extensión. Fact sheet 904. 6 pages.

Diaz M., D. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor, S.A. México.

Juárez Hernández, Ma. de Jesús; Baca Castillo, Gustavo A.; Aceves Navarro, Lorenzo A.; Sánchez García, Prometeo; Tirado Torres, Juan Luis; Sahagún Castellanos, Jaime; Colinas De León, María Teresa. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*. 31 (4): 246-253.

Gutiérrez, V. M. O., Estrada, J. A. E., García, P. S., Chávez, L. T., Lagunas, A. A. M., & Román, E. C. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra*, 18(4), 314.

Malik, H., D. D Archbold and C. T. Mackown. 1991. Nitrogen partitioning by Chester Thornlees blackberry in pot culture. *HortScience* 26 (12):1492-1494.

Molina E., 2003. Características y manejo de fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio. In: Molina E. y G. Meléndez (eds.). *Fertilizantes: Características y manejo*. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica.

Moore, J. N., Skirvin, R.M. 1990. Blackberry management. *In: Small fruit crop management*. Prentice Hall. New Jersey. USA.

Salisbury, F. y C. Ross. 2000. Fisiología de las Plantas 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental Trad. por Alonso J. M. Thomson Internat. Madrid, España.

Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. In: I. S. O. C. S. Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. pp. 633-649.

6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. pp. 633-649.

Vega, R.M. 1999. Crecimiento y rendimiento de girasol (*Helianthus annuus* L.) en función del nitrógeno, densidad de población y época de aclareo. Tesis de Maestría en Ciencias.

Especialidad de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx

Venegas N., J.1999. Establecimiento de la Zarcamora (*Rubus sp*) Variedad Brazos. In El Cultivo de Zarcamora. Asociación Nacional de Egresados de la Facultad de Agrobiología. UMSNH Facultad de Agrobiología Pte. Juárez. Uruapan, México.

**V. EFECTO DEL POTENCIAL OSMOTICO SOBRE LA DINAMICA DE
CONCENTRACIÓN DE NPK EN ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius* Schott)
VARIEDAD TUPY**

**OSMOTIC POTENTIAL EFFECT ON NPK CONCENTRATION DYNAMICS OF
BLACKBERRY (*Rubus ulmifolius* Schott) IN TUPY VARIETY**

María Concepción Oseguera Alvarez¹, Prometeo Sánchez García¹, Antonio Trinidad Santos¹, Luis Mario Tapia Vargas².

¹Colegio de Postgraduados, Km 35.5, carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P.56230 (mcoa66hotmail.com, promet@colpos.mx, trinidad@colpos.mx)

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Avenida Latinoamericana 1101, Col. Los Ángeles. Uruapan, Michoacán. C.P. 60150 (mariotv60@hotmail.com)

RESUMEN

El potencial osmótico (PO) de la solución del suelo juega un papel determinante en la asimilación de nutrientes por las plantas. Se desarrolló un experimento con plantas de zarzamora variedad Tupy, en Los Reyes, Michoacán para evaluar el efecto del PO sobre la dinámica de concentración de NPK en raíces, corona, tallo, hojas, flores y frutos por etapas fenológicas. Se estudiaron soluciones nutritivas con diferente PO (en MPa): -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 y -0.090, tomando como base la solución nutritiva universal de Steiner, modificada con amonio. Las etapas fenológicas consideradas en el estudio fueron las siguientes: Etapa I = vegetativa – antes de defoliación; Etapa II = después de defoliación – brotación; Etapa III = brotación – floración; Etapa IV = floración – fructificación. Se determinó N total en los diferentes órganos por el método de microkjeldahl, fósforo (P) y potasio (K) por emisión atómica (AES-ICP).

Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas para N en corona para la etapa brotación – floración, P en corona para la etapa después de defoliación - brotación y K en tallo para la etapa brotación – floración.

Palabras clave: *concentración nutrimental, solución nutritiva, etapas fenológicas.*

ABSTRACT

Osmotic potential (OP) of the soil solution plays an important role in nutrient uptake by plants. An experiment with blackberry plants ‘Tupy’ in Los Reyes, Michoacan was developed to evaluate the effect of OP on the NPK concentration dynamics in roots, crown, stem, leaves, flowers and fruits per phenological stages. Nutrient solutions with different OP (in MPa) were studied: -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 and -0.090, based on the universal Steiner nutrient solution modified with ammonium. Phenological stages considered in the study were as follows: Stage I = Vegetative - before defoliation; Stage II = after defoliation - sprouting; Stage III = sprouting - flowering; Stage IV = flowering - fruiting. Total N was determined in different organs by the micro Kjeldahl method, phosphorus (P) and potassium (K) by atomic emission (ICP-AES). The results showed statistically significant differences for N in crown for sprouting - flowering stage, P in crown for after defoliation - sprouting stage and K in stem for sprouting – flowering stage.

Key words: *nutrient concentration, nutrient solution, phenological stages.*

INTRODUCCIÓN

La importancia del potencial osmótico (PO) en una solución nutritiva (SN) es que al disminuir su valor, debido al incremento en el contenido de nutrientes, disminuye la energía libre del agua (Salisbury y Ross, 2000); por consiguiente, la absorción de agua y de algunos nutrientes por la planta puede ser afectada (Schwarz, 1995; Steiner, 1973).

Las plantas de zarzamora toleran un PO de -0.216 MPa como máximo, después de estos niveles de salinidad las plantas mueren, sin embargo, el PO óptimo para la etapa de producción oscila entre -0.054 y -0.072 MPa (Bischoff, 1999).

Consecuentemente, la planta llega a ser susceptible a daños causados por el PO y por los iones específicos; así como a los desórdenes nutricionales que pueden dar lugar a una producción o a una calidad reducida del producto agrícola (Schwarz, 1995). Los desequilibrios nutricionales pueden ocurrir en plantas estresadas de varias maneras, disponibilidad, absorción, competencia y transporte o distribución de nutrientes al interior de la planta o se puede causar la inactivación fisiológica de un determinado nutriente, dando como resultado un aumento en el requerimiento interno de la planta para ese elemento esencial (Grattan y Grieve, 1994).

En las plantas de zarzamora, como en otras especies, la composición nutrimental de las hojas varía con la especie, la edad y la posición de las mismas en los brotes, el tipo de brote y el estado fenológico. Por ejemplo, los valores de N, P, K y S en hojas de zarzamora disminuyen a medida que la hoja aumenta de edad y el Ca y Mg se incrementan (Grandall, 1995) y la concentración en las hojas está en función de la variedad. En la época de floración y fructificación, los valores de K son bajos, lo que se atribuye a su movilización hacia los frutos en formación. El contenido foliar de K, Ca y Mg también varía entre fechas, de manera que al disminuir K, se incrementa Ca y, en menor grado, Mg (Guerra y Bautista, 2002). Por esta razón, el muestreo de hojas para el análisis debe considerar edad y posición de la hoja en el brote, tipo de brote y etapa fenológica. Para zarzamora, Clark (1992) recomienda muestrear la quinta hoja a partir del ápice en primocañas (brotes vegetativos).

En lo que se refiere al aspecto nutricional en la planta, hay un extenso registro en la literatura (Mengel y Kirkby, 2001; Marschner, 1995). El nitrógeno es componente de las proteínas, clorofila y enzimas y se absorbe mediante flujo de masas, por lo que un PO alto incide negativamente en la asimilación de este.

Los niveles de N requeridos por este cultivo no son elevados y es importante en la fase de desarrollo vegetativo y postcosecha (Grandall, 1995). Un exceso de este nutriente, principalmente en forma de amonio, provoca serios problemas en la calidad de la fruta (poca firmeza) y la hace muy susceptible al daño mecánico y enfermedades (Cárdenas-Navarro *et al.*, 2006). Mahler y Barney (2000) mencionan que el fósforo es importante al establecer plantas de frutillas ya que promueve el desarrollo de raíces. La acumulación de potasio en el xilema reduce el PO de la savia y por eso eleva la absorción de agua y la presión de las raíces de las plantas. Además, en las células, elevadas concentraciones de potasio en el mesófilo también provocan reducción del PO. Esto también tiene un efecto benéfico en el consumo de agua, ya que el bajo potencial osmótico mejora la retención de humedad. En plantas bien abastecidas de potasio, la tasa de transpiración no depende sólo del PO del mesófilo de la célula, sino también del control que él ejerce sobre la abertura y cierre de los estomas (Marschner, 1995).

El PO de la solución del suelo influye directamente en la absorción de agua por las raíces e indirectamente, en la asimilación de algunos iones, principalmente aquellos que se mueven por flujo de masas (Molinos *et al.*, 2004; Adams y Ho, 1989; Navarro *et al.*, 2000).

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el efecto del potencial osmótico de la solución nutritiva sobre la dinámica nutrimental de N, P y K en el cultivo de zarzamora var. Tupy, en Los Reyes, Michoacán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un huerto ubicado en Atapan, municipio de los Reyes, Michoacán entre los paralelos 19°39'15.6" latitud Norte y 100 °27'16.1" longitud Oeste a una altura de 1491 msnm. El suelo donde se estableció el cultivo presentó los siguientes parámetros: textura franca, densidad aparente = 1.0 g cm^{-3} , materia orgánica = 2.31%, pH = 6.3 y una conductividad eléctrica = 0.28 dS m^{-1} .

En el complejo de intercambio del suelo predominó el magnesio sobre el calcio y potasio, por lo que se hicieron enmiendas con cal agrícola y sulfato de potasio para lograr su equilibrio. Las plantas de zarzamora que se utilizaron para el experimento fueron de la variedad Tupy con 7 meses de edad y se establecieron con una densidad de 27,000 plantas ha^{-1} . La variedad Tupy es el resultado del cruce entre las variedades "Uruguay" y "Comanche" (Correã y Bassols, 2004). Esta fue desarrollada en Brasil y es de bajo requerimiento de frío, con espigas y de tipo semierecto. El desarrollo de fruto ocurre aproximadamente a los 40 días a partir de la floración con rendimientos promedio de 8 a 10 ton ha^{-1} . La producción forzada de zarzamora se realizó mediante las siguientes prácticas: poda a piso, conducción de cañas y despunte de las mismas, sazónamiento de cañas, poda (cuadrado de setos), defoliación, estimulación del rompimiento de yemas y alargamiento de cargadores, floración y amarre de frutos, desarrollo y maduración de frutos.

Se evaluaron diferentes SN con diferente PO (Cuadro 1), tomando como base la solución nutritiva universal de Steiner (1984), modificada con amonio (Juárez *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico.

Ψ^o (MPa)	Concentración de macronutrientes (mg L ⁻¹)					
	N-NO ₃ + N-NH ₄	P-PO ₄	K	Ca	Mg	S-SO ₄
-0.018	42	8	68	45	12	28
-0.036	84	16	137	90	24	56
-0.054	126	23	205	135	36	84
-0.072	168	31	273	180	48	112
-0.090	210	39	341	225	60	140

Ψ^o = potencial osmótico; MPa= megapascuales

Las SN se aplicaron cada semana en drench directamente al suelo con una bomba manual. A partir de la poda a piso de las plantas hasta los 6 meses se aplicó la SN con N a base de NO₃⁻. Una vez que comenzó la época de lluvias se cambió la fuente de N a NH₄⁺ para evitar la lixiviación, volviendo a la solución anterior una vez que terminaron las lluvias. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 3 repeticiones. En cada bloque se evaluaron 5 tratamientos (8 plantas por tratamiento), con lo cual se obtuvo 40 plantas por bloque y un total de 120 plantas en todo el experimento. Las etapas fenológicas consideradas en el estudio fueron las siguientes: Etapa I = vegetativa – antes de defoliación; Etapa II = después de defoliación – brotación; Etapa III = brotación – floración; Etapa IV = floración – fructificación. En cada una de las etapas se hizo un análisis destructivo de planta por órganos (raíz, corona, tallo, hojas, flores y frutos, según la etapa) para cada tratamiento y repetición. Las muestras fueron secadas durante 72 horas en una estufa a 70°C con circulación de aire forzado hasta que alcanzaron un peso constante; posteriormente éstas se pesaron en seco y se molieron en un molino de acero inoxidable. El nitrógeno total se determinó por el método microkjeldahl, y el fósforo y potasio, mediante una digestión húmeda con un espectrómetro de emisión atómica (AES-ICP) marca Varian® (Alcántar y Sandoval, 1999). Los resultados se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) con el paquete estadístico SAS, versión 9 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de la concentración de nitrógeno en diferentes órganos de zarzamora y etapas fenológicas por efecto del potencial osmótico de la SN. En este se observan diferencias estadísticas significativas solo para la corona en la etapa brotación - floración. Posiblemente este fenómeno coincidió con la generación de reservas (almidones y compuestos nitrogenados) en dicho órgano (Macías-Rodríguez *et al.*, 2002), que de acuerdo con Muratalla *et al.* (1994) en la producción forzada de zarzamora la práctica de defoliación es una actividad común y su objetivo es promover una brotación vigorosa como resultado de la retranslocación de los fotosintatos generados en las hojas y posteriormente enviados a la corona como reserva. La concentración de N se incrementó en todos los órganos desde la etapa vegetativa hasta la floración, posteriormente, en formación de fruto ésta decrece, debido posiblemente a que ocurre la exportación de compuestos nitrogenados de las hojas hacia los órganos de demanda, en esta caso, los frutos de zarzamora (polidrupas). La concentración de N en las hojas para la etapa brotación – floración coinciden con los rangos óptimos reportados para zarzamora por Mills y Jones (1991) y Clark (1992) y oscilan entre 30 y 40 mg g⁻¹.

Cuadro 2. Concentración de nitrógeno en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrollada con diferente potencial osmótico, por etapas fenológicas.

Tratamientos	Órgano						Planta completa
	R	C	T	H	FL	FR	
----- mg g ⁻¹ -----							
Etapa vegetativa – antes de defoliación							
-0.018	4.2 a	8.9 a	7.7 a	21.6 a	-	-	10.6 a
-0.036	7.5 a	6.1 a	6.5 a	12.7 a	-	-	8.2 a
-0.054	6.8 a	7.0 a	6.3 a	20.0 a	-	-	10.0 a
-0.072	5.9 a	7.7 a	6.8 a	12.2 a	-	-	8.2 a
-0.090	5.4 a	7.0 a	9.2 a	21.8 a	-	-	10.9 a
DMS	7.56	3.26	6.27	19.06	-	-	5.81
CV (%)	45.000	15.699	30.355	38.219	-	-	21.501
r ²	0.587	0.730	0.457	0.508	-	-	0.587
Etapa después de defoliación – brotación							
-0.018	9.7 a	7.9 a	11.5 a	15.9 a	-	-	11.3 a
-0.036	11.9 a	9.9 a	10.1 a	21.4 a	-	-	13.3 a
-0.054	13.1 a	10.6 a	11.9 a	17.1 a	-	-	13.17 a
-0.072	13.1 a	11.5 a	11.5 a	23.7 a	-	-	14.9 a
-0.090	15.5 a	19.0 a	13.7 a	17.8 a	-	-	16.5 a
DMS	10.13	16.56	7.69	20.63	-	-	11.69
CV (%)	28.325	49.838	23.250	38.095	-	-	29.921
r ²	0.362	0.446	0.344	0.242	-	-	0.264
Etapa brotación - floración							
-0.018	18.3 a	17.9 a	15.7 a	32.4 a	28.6 a	-	22.6 a
-0.036	17.8 a	12.4 ab	13.6 a	32.4 a	26.6 a	-	20.6 a
-0.054	16.9 a	15.7 ab	12.4 a	31.1 a	28.4 a	-	20.9 a
-0.072	16.2 a	11.0 b	16.4 a	32.6 a	29.3 a	-	21.1 a
-0.090	16.6 a	14.3 ab	12.2 a	34.9 a	30.5 a	-	21.7 a
DMS	4.07	6.59	7.01	6.16	7.04	-	3.42
CV (%)	8.415	16.362	17.654	6.675	8.698	-	5.670
r ²	0.674	0.738	0.520	0.423	0.569	-	0.699

Etapa floración – Fructificación							
-0.018	9.8 a	10.9 a	10.5 a	20.4 a	-	11.5 a	14.5 a
-0.036	13.0 a	12.2 a	10.9 a	20.1 a	-	12.0 a	17.4 a
-0.054	12.0 a	9.1 a	11.7 a	25.2 a	-	12.1 a	17.9 a
-0.072	12.8 a	10.1 a	10.9 a	21.6 a	-	12.4 a	16.9 a
-0.090	10.6 a	10.3 a	10.6 a	21.3 a	-	11.8 a	16.6 a
DMS	4.21	7.09	2.14	8.4	-	4.98	4.23
CV (%)	12.823	23.863	6.940	13.704	-	14.762	8.999
r ²	0.599	0.250	0.583	0.514	-	0.243	0.579

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). R= raíz; C= corona; T= tallo; H= hoja; FL= flores; FR= frutos; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

En el Cuadro 3 se observa que existen diferencias estadísticas significativas para fósforo en la corona para la etapa después de defoliación – brotación. De acuerdo con Macías-Rodríguez *et al.* (2002), en las reservas de las coronas se encuentran altas cantidades de *myo*-inositol y una de las muchas funciones de éste compuesto es la biosíntesis del ácido fítico, que se considera como una importante fuente de fosfato en las plantas. Sobre la base de este conocimiento, es posible asumir que el *myo*-inositol en coronas podría ser considerado como un portador de fosfato en la forma de ácido fítico, que se bombea constantemente desde la corona a las partes aéreas en todo el desarrollo de la planta.

Al igual que el N, la concentración de P se incrementó en todos los órganos desde la etapa vegetativa hasta la floración, ya que en esta última se requieren altas cantidades de P, junto con Ca, B y Zn (Marschner, 1995) para la generación de flores. De acuerdo con Mills y Jones (1991) y Clark (1992) los rangos óptimos de P en hojas para la etapa brotación – floración oscilan entre 2 y 6 mg g⁻¹, lo cual coincide con los valores reportados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Concentración de fósforo en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrollada con diferente potencial osmótico, por etapas fenológicas.

Tratamientos	Órgano						Planta completa
	R	C	T	H	FL	FR	
	----- mg g ⁻¹ -----						
Etapa vegetativa – antes de defoliación							
-0.018	1.0 a	0.6 a	0.7 a	1.0 a	-	-	0.8 a
-0.036	0.9 a	0.7 a	0.6 a	0.9 a	-	-	0.8 a
-0.054	0.8 a	0.8 a	0.6 a	0.7 a	-	-	0.7 a
-0.072	0.7 a	0.7 a	0.7 a	0.7 a	-	-	0.7 a
-0.090	1.0 a	0.7 a	0.6 a	0.8 a	-	-	0.7 a
DMS	0.64	0.40	0.67	1.00	-	-	0.41
CV (%)	25.544	20.815	37.533	42.791	-	-	19.148
r ²	0.550	0.306	0.113	0.336	-	-	0.448
Etapa después de defoliación – brotación							
-0.018	1.8 a	1.8 a	1.2 a	1.8 a	-	-	1.7 a
-0.036	1.8 a	1.6 ab	1.3 a	1.7 a	-	-	1.6 a
-0.054	1.6 a	1.2 bc	1.4 a	1.8 a	-	-	1.5 a
-0.072	1.6 a	1.1 c	1.3 a	1.7 a	-	-	1.4 a
-0.090	1.9 a	1.4 bc	1.4 a	1.8 a	-	-	1.6 a
DMS	0.48	0.35	0.31	0.14	-	-	0.20
CV (%)	9.771	8.857	8.484	3.024	-	-	4.703
r ²	0.770	0.886	0.504	0.934	-	-	0.86
Etapa brotación – floración							
-0.018	1.8 a	1.5 a	1.5 a	2.0 a	3.2 a	-	2.0 a
-0.036	2.0 a	1.2 a	1.0 a	1.9 a	3.1 a	-	1.9 a
-0.054	1.7 a	1.5 a	1.2 a	1.9 a	3.2 a	-	1.8 a
-0.072	1.7 a	1.2 a	1.3 a	1.9 a	3.3 a	-	1.9 a
-0.090	1.66 a	1.6 a	1.4 a	2.1 a	3.3 a	-	2.0 a
DMS	1.44	1.13	0.42	0.39	0.96	-	0.54
CV (%)	28.951	28.227	11.822	7.1851	10.569	-	10.069
r ²	0.329	0.421	0.685	0.567892	0.223	-	0.349

	Etapa brotación – fructificación						
-0.018	1.5 a	1.8 a	1.4 a	1.6 a	-	1.3 a	1.5 a
-0.036	1.3 a	1.5 a	1.3 a	1.5 a	-	1.4 a	1.4 a
-0.054	1.5 a	1.7 a	1.3 a	1.5 a	-	1.4 a	1.4 a
-0.072	1.7 a	1.5 a	1.3 a	1.7 a	-	1.4 a	1.5 a
-0.090	1.9 a	1.8 a	1.3 a	1.6 a	-	1.4 a	1.6 a
DMS	1.03	0.84	0.44	0.67	-	0.33	0.37
CV (%)	23.183	18.039	11.938	15.129	-	8.611	8.865
r ²	0.435	0.376	0.547	0.269	-	0.384	0.312

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). R= raíz; C= corona; T= tallo; H= hoja; FL= flores; FR= frutos; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

Los resultados del Cuadro 4 muestran la concentración de potasio en diferentes órganos de zarzamora y etapas fenológicas por efecto del PO de la SN. En este se muestran diferencias estadísticas significativas para tallo en la etapa brotación – floración. Cabe mencionar que la corona es un tallo corto engrosado (Hancock, 1999), por lo tanto, en esta etapa se encontraron mayores cantidades de K, quien participa en el transporte de carbohidratos de las hojas hacia los órganos de demanda (Marschner, 1995), en este caso, los tallos. En el tratamiento con un PO de -0.018 MPa de la SN se observa la mayor concentración de N, P y K en corona y tallo (Cuadros 2, 3 y 4), lo que indica que la absorción nutrimental en zarzamora se presenta a bajos PO, lo que coincide con Bischoff (1999), quien consigna lo mismo.

La concentración de potasio se incrementó en todos los órganos desde la etapa vegetativa hasta la floración, posteriormente, en formación de fruto ésta decrece, debido posiblemente al movimiento de fotosintatos, principal función del potasio, de las hojas hacia los frutos. De acuerdo con Mills y Jones (1991) y Clark (1992) los rangos óptimos de K en hojas para la etapa brotación – floración oscilan entre 25 y 35 mg g⁻¹, lo cual no coincide con los valores reportados en el Cuadro 4, en donde se observa que los niveles son mayores.

Cuadro 4. Concentración de potasio en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrollada con diferente potencial osmótico, por etapas fenológicas.

Tratamientos	Órgano						Planta completa
	R	C	T	H	FL	FR	
----- mg g ⁻¹ -----							
Etapa vegetativa – antes de defoliación							
-0.018	20 a	15 a	20 a	27 a	-	-	20 a
-0.036	21 a	14 a	25 a	25 a	-	-	21 a
-0.054	16 a	17 a	22 a	14 a	-	-	17 a
-0.072	13 a	13 a	22 a	14 a	-	-	15 a
-0.090	19 a	14 a	16 a	18 a	-	-	17 a
DMS	1.13	1.12	3.19	2.92	-	-	1.48
CV (%)	22.501	27.281	54.258	53.550	-	-	28.903
r ²	0.758	0.184	0.160	0.479	-	-	0.437
Etapa después de defoliación – brotación							
-0.018	27 a	21 a	34 a	39 a	-	-	30 a
-0.036	29 a	25 a	38 a	39 a	-	-	33 a
-0.054	24 a	25 a	37 a	42 a	-	-	32 a
-0.072	29 a	19 a	34 a	39 a	-	-	31 a
-0.090	26 a	24 a	30 a	39 a	-	-	30 a
DMS	1.48	1.46	1.59	1.16	-	-	0.77
CV (%)	19.367	22.587	16.356	10.345	-	-	8.762
r ²	0.516	0.325	0.252	0.365	-	-	0.444
Etapa brotación - floración							
-0.018	26 a	22 a	44 a	52 a	61 a	-	41 a
-0.036	33 a	19 a	29 b	54 a	63 a	-	39 a
-0.054	26 a	21 a	33 ab	58 a	54 a	-	38 a
-0.072	25 a	19 a	32 b	48 a	53 a	-	36 a
-0.090	24 a	20 a	38 ab	58 a	42 a	-	36 a
DMS	1.928	1.397	1.011	2.102	3.447	-	0.962
CV (%)	25.53	24.399	10.122	13.795	22.382	-	8.922
r ²	0.293	0.4707	0.786	0.378	0.4164	-	0.4101
Etapa floración - fructificación							

-0.018	16 a	11 a	19 a	27 a	-	23 a	19 a
-0.036	16 a	12 a	22 a	29 a	-	22 a	20 a
-0.054	16 a	10 a	20 a	42 a	-	27 a	23 a
-0.072	19 a	14 a	24 a	34 a	-	28 a	24 a
-0.090	18 a	13 a	22 a	38 a	-	27 a	24 a
DMS	0.961	1.01	1.337	1.972	-	1.028	0.535
CV (%)	19.815	29.946	21.965	20.339	-	14.425	8.585
r ²	0.592	0.293	0.240	0.704	-	0.541	0.708

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

R= raíz; C= corona; T= tallo; H= hoja; FL= flores; FR= frutos; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que los niveles de PO evaluados (desde -0.018 hasta -0.090 MPa) poco incidieron en la asimilación de NPK en los diferentes órganos de zarzamora por etapas fenológicas. Sin embargo, el PO de -0.018 MPa de la SN permitió incrementar significativamente la concentración de N en corona para la etapa brotación – floración, P en corona para la etapa después de defoliación - brotación y K en tallo para la etapa brotación – floración.

LITERATURA CITADA

Adams, P. and L. Ho C. 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *J. Horticult. Sci.* 67: 827-839.

Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.

Bischoff, J. 1999. Salt/salinity tolerance of common horticultural crops in South Dakota. Garden and vegetable / woody fruit crops. South Dakota Extensión. Fact sheet 904. 6 pages.

Correã, A.L.E and R. Bossols M.C. 2004. Aspectos Técnicos da Cultura da Amora-Preta. Embrapa. Pelotas, Brasil.

Cárdenas-Navarro, R.; P.L López.; P. Lobit.; C.R. Ruiz., and M.V. Castellanos. 2006. Effects of nitrogen source on growth and development of strawberry Plants. *Journal of Plant Nutrition.* 29: 1699–1707.

Clark, J.R. 1992. Blackberry production and cultivars in North America east of the Rocky Montains. *Fruit Var. J.* 46: 217-222.

Grandall P.C. 1995. Bramble Production: The Management and Marketing of Raspberries and Blackberries. Food Product Press, an imprint of the Haworth Press Inc., Binghamton, NY. 213 pp.

Grattan, S.R. and C.M. Grieve. 1993. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments . *In: Handbook of Plant and Crop Stress.* M. Pessarakli, editor. Marcel Dekker, New York, Basel, Hong Kong. pp. 203-226.

Guerra, E. y D. Bautista. 2002. Contenido foliar de elementos nutricionales en tres clones de guayaba (*Psidium guajava* L.) en época de alta actividad de crecimiento. Bioagro. 14 (2): 99-104.

Hancock J. F. 1999. Strawberries. Editor CABI Pub, England. 237 pp.

Juárez Hernández, Ma. de Jesús; Baca Castillo, Gustavo A.; Aceves Navarro, Lorenzo A.; Sánchez García, Prometeo; Tirado Torres, Juan Luis; Sahagún Castellanos, Jaime; Colinas De León, María Teresa. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. Interciencia. 31 (4): 246-253.

Macias-Rodriguez, Lourdes; Edgar Quero, and Mercedes G. Lopez J. 2002. Carbohydrate Differences in Strawberry Crowns and Fruit (*Fragaria 'ananassa'*) during Plant Development. Agric. Food Chem. 50:3317-3321

Mahler, R.L. and D.L. Barney. 2000. Blueberries, raspberries and strawberries. Univ. of Idaho Extension, Northern Idaho Fertilizer Guide, CIS 815.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press. Second edition. 889 pp.

Mengel, K. and E. Kirkby A. 2001. Principles of Plant Nutrition. Editor Springer Netherlands. 849 pp.

Mills, H.A. and B.J. Jones. 1996. Plant Analysis Handbook II. Micro-Macro Publishing. Athens, Georgia.

Molinos da Silva Christiane; Ángel Villegas Monter ; Prometeo Sánchez García ; Gabriel Alcántar González ; Ma. Nieves Rodríguez Mendoza ; Lucero del Mar Ruiz Posadas. 2004. Efecto del potencial osmótico y contenido de Ca en el medio de cultivo sobre la

distribución de Ca^{2+} y K^+ , producción de biomasa y necrosis apical de Vid R110. *Interciencia*. 29 (7): 384-388.

Muratalla, L. A.; M. Livera M.; F. Chavez S.; J. Rodriguez A.; J. Lopez A.; A Salazar G.; J. López M.; R. Nauteras U. y L. Arévalo G. 1994. El cultivo de la zarzamora. *In: Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional. Memoria del XXXV Aniversario del Colegio de Posgraduados en Ciencias agrícolas. Primera Reunión Internacional y Segunda Nacional. Montecillo, Mexico. pp 179-185.*

Navarro, J. M., M. Botella A., A. Cerdá, and V. Martínez. 2000. Effect of salinity X calcium interaction on cation balance in melon plants grown under two regimes of orthophosphate. *J. Plant Nutr.* 23: 991-1006.

Salisbury, F. y C. Ross. 2000. *Fisiología de las Plantas 1. Células: Agua, Soluciones y Superficies.* Trad. por Alonso J. M. Thomson Internat. Madrid, España. 304 pp.

Steiner, A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. *Proc. 3rd Int. Cong. Soilless Culture. ISOSC. Sassari, Italia. pp. 43-53.*

Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *In: I. S. O. C. S. Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. pp. 633-649.*

Schwarz, M. 1995. *Soilless Culture Management.* Springer. Berlín, Alemania. 197 pp.

VI. EXTRACCION DE NPK EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA (*Rubus ulmifolius*) VARIEDAD TUPY BAJO PRODUCCION FORZADA

RFEMOVAL OF NPK IN BLACKBERRY (*Rubus ulmifolius*) TUPY VARIETY UNDER FORCED PRODUCTION, IN LOS REYES, MICHOACAN

María Concepción Oseguera Alvarez¹, Prometeo Sánchez García¹, Antonio Trinidad Santos¹, Luis Mario Tapia Vargas².

¹Colegio de Postgraduados, Km 35.5, carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P.56230 (mcoa66hotmail.com, promet@colpos.mx, trinidad@colpos.mx).

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Avenida Latinoamericana 1101, Col. Los Ángeles. Uruapan, Michoacán. C.P. 60150 (mariotv60@hotmail.com).

RESUMEN

Los estudios de demanda nutrimental contabilizan los requisitos de cosecha, la extracción total o el consumo de nutrimentos que efectúa un cultivo en particular para completar su ciclo de producción. Se desarrolló un experimento con plantas de zarzamora variedad Tupy, en Los Reyes, Michoacán para evaluar el efecto del PO sobre la extracción de NPK en raíces, corona, tallo, hojas, flores y frutos por etapas fenológicas. Se estudiaron soluciones nutritivas con diferente PO (en MPa): -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 y -0.090, tomando como base la solución nutritiva universal de Steiner, modificada con amonio. Las etapas fenológicas consideradas en el estudio fueron las siguientes: Etapa I = vegetativa – antes de defoliación; Etapa II = después de defoliación – brotación; Etapa III = brotación – floración; Etapa IV = floración – fructificación. Se determinó el N total en los diferentes órganos por el método de microkjeldahl, fósforo (P) y potasio (K) por emisión atómica (AES-ICP), además del contenido de biomasa seca, rendimiento y calidad del fruto.

Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la extracción de P y K en planta completa en la etapa brotación-floración.

Palabras clave: *biomasa seca, concentración nutrimental, rendimiento.*

ABSTRACT

Studies on nutrient removal quantifies the total consumption of nutrients that performs a particular crop to complete its production cycle. An experiment with blackberry plants 'Tupy' in Los Reyes, Michoacan was developed to evaluate the effect of OP on the NPK removal in roots, crown, stem, leaves, flowers and fruits per phenological stages. Nutrient solutions with different OP (in MPa) were studied: -0.018, -0.036, -0.054, -0.072 and -0.090, based on the universal Steiner nutrient solution modified with ammonium. Phenological stages considered in the study were as follows: Stage I = Vegetative - before defoliation; Stage II = after defoliation - sprouting; Stage III = sprouting - flowering; Stage IV = flowering - fruiting. Total N was determined in different organs by the micro Kjeldahl method, phosphorus (P) and potassium (K) by atomic emission (ICP-AES), in addition to dry matter, yield and fruit quality. The results showed statistically significant differences between treatments for P and K removal at sprouting – flowering stage.

Key words: Dry matter, nutrient concentration, yield.

INTRODUCCIÓN

Para obtener rendimientos cercanos a los máximos en cualquier cultivo, se requiere que las necesidades nutrimentales básicas de los cultivos sean satisfechas (Etchevers, 1999). Existen factores limitantes que influyen principalmente en el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de zarzamora (clima, agua y nutrición). Este último es un factor que puede aprovecharse para incrementar la cantidad y calidad de los frutos (Sánchez, 2010).

La fertilización debe ser ajustada a cada especie y condición de crecimiento, por lo que se requiere que los programas actuales de fertilización deben basarse en la demanda nutrimental, la cual se relaciona con la producción de biomasa o requerimiento interno (Greenwood, 1983).

De acuerdo con Freire (2004) un programa de fertilización para zarzamora no debe fundamentarse únicamente en la sintomatología visual y el análisis foliar, sino complementarse con el suministro nutrimental del suelo y la demanda nutrimental del cultivo.

La intensidad y época de absorción nutrimental de los árboles están influenciados por la fenología de la especie y la cantidad de nutrientes que éste requiere para mantener un adecuado desarrollo y productividad en varios ciclos (Díaz, 2000).

En los frutales, la extracción nutrimental está determinada por los frutos, el crecimiento de las raíces y partes aéreas perennes. La extracción de nutrientes por los frutos es variable dentro de una misma especie, dependiendo del cultivar y el nutrimento (Trocme y Gras, 1979). La curva de extracción nutrimental determina la cantidad de nutrimentos extraída por una planta, a través de su ciclo de vida, por lo que mediante esta información podemos conocer las épocas de mayor demanda y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo (Molina *et al*, 1993).

Los estudios de demanda nutrimental contabilizan los requisitos de cosecha, la extracción total o el consumo de nutrimentos que efectúa un cultivo en particular para completar su ciclo de producción. Las curvas de extracción son parte de estos estudios y permiten el conocimiento de la demanda de nutrimentos de acuerdo con la etapa fenológica de un cultivo; son muy útiles para establecer programas de fertilización ya que permiten un ajuste más preciso con el fin de maximizar la eficiencia de la fertilización en el ciclo del cultivo (Bertsch, 2003), especialmente si se acompaña de la técnica del fertirriego (Sandoval *et al.*, 2007). Con base en las curvas de absorción, se han sugerido numerosos programas de fertilización confiables en cultivos de alto valor económico como tomate, melón, sandía y chile dulce entre otros (Bertsch, 2003; Azofeifa y Moreira, 2005).

La construcción de las curvas de extracción se lleva a cabo mediante muestreos secuenciales de la biomasa total desglosada por tejidos. Cada muestreo debe ser representativo de una etapa particular en el desarrollo fenológico del cultivo, de manera que se pueda definir la cantidad de nutrimentos que la planta requiere diariamente durante su ciclo de crecimiento; teóricamente esta es la cantidad mínima de nutrimentos que deben suministrarse al cultivo (Bertha, 2003).

Con base a lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la remoción nutrimental en el cultivo de zarzamora por etapas fenológicas y en diferentes órganos, bajo producción forzada.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en un huerto ubicado en Atapan, municipio de los Reyes, Michoacán entre los paralelos 19°39'15.6" latitud Norte y 100 °27'16.1" longitud Oeste a una altura de 1491 msnm. El suelo donde se estableció el cultivo presentó los siguientes parámetros: textura franca, densidad aparente = 1.0 g cm⁻³, materia orgánica = 2.31%, pH = 6.3 y una conductividad eléctrica = 0.28 dS m⁻¹. En el complejo de intercambio del suelo predominó el magnesio sobre el calcio y potasio, por lo que se hicieron enmiendas con cal agrícola y sulfato de potasio para lograr su equilibrio. Las plantas de zarzamora que se utilizaron para el experimento fueron de la variedad Tupy con 7 meses de edad y se establecieron con una densidad de 27,000 plantas/ha.

La producción forzada de zarzamora se realizó mediante las siguientes prácticas: poda a piso, conducción de cañas y despunte de las mismas, sazónamiento de cañas, poda (cuadrado de setos), defoliación, estimulación del rompimiento de yemas y alargamiento de cargadores, floración y amarre de frutos, desarrollo y maduración de frutos.

Se evaluaron diferentes SN con diferente PO (Cuadro 1), tomando como base la solución nutritiva universal de Steiner (1984), modificada con amonio (Juárez *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Soluciones nutritivas con diferente potencial osmótico.

Ψ^o (MPa)	Concentración de macronutrientes (mg L ⁻¹)					
	N-NO ₃ + N-NH ₄	P-PO ₄	K	Ca	Mg	S-SO ₄
-0.018	42	8	68	45	12	28
-0.036	84	16	137	90	24	56
-0.054	126	23	205	135	36	84
-0.072	168	31	273	180	48	112
-0.090	210	39	341	225	60	140

Ψ^o = potencial osmótico; MPa = megapascales

Las SN se aplicaron cada semana en drench directamente al suelo con una bomba manual. A partir de la poda a piso de las plantas hasta los 6 meses se aplicó la SN con N a base de NO_3^- . Una vez que comenzó la época de lluvias se cambió la fuente de N a NH_4^+ para evitar la lixiviación, volviendo a la solución anterior una vez que terminaron las lluvias. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 3 repeticiones. En cada bloque se evaluaron 5 tratamientos (8 plantas por tratamiento), con lo cual se obtuvo 40 plantas por bloque y un total de 120 plantas en todo el experimento. Las etapas fenológicas consideradas en el estudio fueron las siguientes: Etapa I = vegetativa – antes de defoliación (0 – 170 ddt) ; Etapa II = después de defoliación – brotación (170 – 220 ddt); Etapa III = brotación – floración (220 - 270 ddt); Etapa IV = floración – fructificación (270 – 340 ddt). En cada una de las etapas se hizo un análisis destructivo de planta por órganos (raíz, corona, tallo, hojas, flores y frutos, según la etapa) para cada tratamiento y repetición. Las muestras fueron secadas durante 72 horas en una estufa a 70°C con circulación de aire forzado hasta que alcanzaron un peso constante; posteriormente éstas se pesaron en seco y se molieron en un molino de acero inoxidable. El nitrógeno total se determinó por el método microkjeldahl, y P, K, Ca, Mg y S, mediante una digestión húmeda con un espectrómetro de emisión atómica (AES-ICP) marca Varian® (Alcántar y Sandoval, 1999). La extracción nutricional se determinó mediante la siguiente ecuación: Extracción (mg/planta) = (% del nutriente en la planta x g/planta de biomasa seca)/100. El rendimiento se determinó con el promedio del peso de frutos de 5 plantas, a la madurez comercial (color marrón a negro). El contenido de los sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$) se obtuvo del promedio de 3 frutos por tratamiento y se midió con un refractómetro marca Spectrum Technologies modelo REF102/112. La firmeza de los frutos se midió con un penetrómetro digital marca GÜSS modelo Gs, con el promedio de 3 frutos por tratamiento al inicio y al final de la cosecha.

Los resultados se analizaron con un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) con el paquete estadístico SAS, versión 9 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 no se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la variable extracción de nitrógeno por efecto del potencial osmótico de la solución nutritiva en diferentes etapas fenológicas. Sin embargo, la mayor extracción de N en la etapa VE-AD se detectó en el tratamiento con un PO de -0.054 MPa, para la etapa DD-BR el mejor tratamiento fue PO -0.072 MPa y para las etapas BR-FL y FL-FR el tratamiento con un PO de -0.090 MPa permitió extraer mayor cantidad de N por las plantas de zarzamora. Esta diferencia en la extracción de N por etapas fenológicas está relacionada seguramente con la particularidad del cultivo de zarzamora que de acuerdo con Bischoff (1999), el PO óptimo para la etapa de producción oscila entre -0.054 y -0.072 MPa.

La fertilización con N en la producción de zarzamora influye en el crecimiento y rendimiento y la acumulación de éste es influenciado por la densidad de plantación y la variedad (Strik, 2008). Mohadjer *et al.* (2001) reportan para el cultivo de zarzamora Arapaho una extracción total de 52 kg ha⁻¹ de N en un ciclo.

Del total del nitrógeno total acumulado en la etapa VE-AD se acumuló el 25.75%, debido a que el nitrógeno es esencial en la división y expansión celular, y por lo tanto en el crecimiento (Jones *et al.*, 1999). En las etapas DD-BR y BR-FL disminuyó la extracción de N (19.09% y 3.77%, respectivamente) y en la etapa FL-FR se observa nuevamente un repunte en la remoción de N con un 51.39% del total, contrariamente a lo que describe Thompson (1982), quien indica que el N absorbido por kg de material vegetal es máximo cuando las plantas son jóvenes y declina gradualmente con la edad, esto en un sistema sin producción forzada.

Cuadro 2. Extracción de nitrógeno en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrolladas con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva, por etapas fenológicas.

Tratamientos	Etapa fenológica			
	MPa	VE-AD	DD – BR	BR-FL
	----- mg/planta -----			
-0.018	2045.6 a	1999.0 a	229.4 a	5038.0 a
-0.036	1173.0 a	2275.0 a	307.3 a	4674.0 a
-0.054	2649.5 a	1965.0 a	388.2 a	5290.0 a
-0.072	1465.3 a	2465.0 a	528.6 a	5537.0 a
-0.090	1388.8 a	2355.0 a	551.1 a	5939.0 a
DMS	1803.6	3763.2	2247.2	4449.6
CV (%)	36.652	60.318	26.635	29.786
r ²	0.755	0.495	0.814	0.600

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). VE= vegetativa; AD= antes de defoliación; DD= después de defoliación; BR= brotación; FL= floración; FR= fructificación; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 se muestra la extracción de fósforo por las plantas completas de zarzamora en diferentes etapas fenológicas. Se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con diferente PO de la SN solo para la etapa BR-FL. La mayor extracción de P en la etapa VE-AD se detectó en el tratamiento con un PO de -0.054 MPa, para la etapa DD-BR el mejor tratamiento fue PO -0.036 MPa y para las etapas BR-FL y FL-FR el tratamiento con un PO de -0.090 MPa permitió extraer mayor cantidad de P por las plantas de zarzamora.

El fósforo es un componente estructural de numerosas macromoléculas, incluyendo ácidos nucleicos y fosfolípidos. Además, el P juega un papel esencial en varios procesos importantes como la transferencia de energía, la fotosíntesis, la glicólisis, la respiración, la síntesis de las membranas, la regulación enzimática, las reacciones redox, el metabolismo de carbohidratos y la fijación de nitrógeno (Raghothama, 1999).

En un trabajo similar en Brasil, Pereira (2008) encontró que la variedad Tupy removi6 del suelo 6.14 kg ha⁻¹ de P con la biomasa y 1.71 kg ton⁻¹ de P con el fruto.

Cuadro 3. Extracci6n de f6sforo en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrolladas con diferente potencial osm6tico de la soluci6n nutritiva, por etapas fenol6gicas.

Tratamientos MPa	Etapa fenol6gica			
	VE-AD	DD – BR	BR-FL	FL-FR
	----- mg planta ⁻¹ -----			
-0.018	153.7 a	246.1 a	121.3 b	534.9 a
-0.036	107.6 a	280.9 a	185.3 ab	377.4 a
-0.054	194.6 a	230.2 a	282.9 ab	426.1 a
-0.072	126.3 a	237.9 a	362.21 a	497.8 a
-0.090	99.8 a	276.7 a	401.1 a	563.2 a
DMS	129.33	408.69	218.36	401.56
CV (%)	33.623	56.961	28.610	29.665
r ²	0.756	0.600	0.798	0.600

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadisticamente iguales (Tukey, 0.05). VE= vegetativa; AD= antes de defoliaci6n; DD= despu6s de defoliaci6n; BR= brotaci6n; FL= floraci6n; FR= fructificaci6n; DMS= diferencia m6nima significativa; CV= coeficiente de variaci6n.

De acuerdo con P6rez y Herrera (2010), en un estudio con *Arabidopsis thaliana*, la deficiencia de f6sforo alter6 el crecimiento de la ra6z primaria, as6 como la formaci6n y elongaci6n de las ra6ces laterales y de los pelos radiculares, lo cual estuvo 6ntimamente relacionado con las auxinas. Esto concuerda con nuestros resultados, ya que el tratamiento con un PO de -0.054 MPa fue el que acumul6 mayor biomasa seca en ra6ces.

De igual manera, L6pez *et al.* (2002) encontraron que las ra6ces de plantas crecidas en condiciones limitantes de f6sforo son m6s sensibles a auxinas porque incrementan la formaci6n de ra6ces laterales a concentraciones m6s bajas de auxinas que las ra6ces de plantas crecidas en condiciones 6ptimas de f6sforo.

La mayor extracción de P en los tratamientos con mayor concentración de este elemento en la SN para las etapas BR-FL y FL-FR se relaciona con el papel fundamental del fósforo en el proceso de floración como consignan Erel *et al.* (2008), quienes encontraron que la fertilización fosfórica incrementaba la floración del olivo conforme se incrementaba el contenido de P en la hoja. Jiménez y Fernández (2011) también señalan un incremento del porcentaje de las inflorescencias totales formadas en olivos.

En el Cuadro 3 se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con diferente PO de la SN para la variable extracción de potasio por efecto del potencial osmótico de la solución nutritiva en la etapa BR-FL.

La mayor extracción de K en la etapa VE-AD se detectó en el tratamiento con un PO de -0.054 MPa, para la etapa DD-BR el mejor tratamiento fue PO -0.036 MPa y para las etapas BR-FL y FL-FR el tratamiento con un PO de -0.090 MPa permitió extraer mayor cantidad de K.

El potasio es usado en algunos frutales como promotor de la brotación floral solo o conjuntamente con otras sustancias (Rojas, 1998). Quijada *et al.* (2000) señalan que la aplicación de nitrato de potasio en árboles de mango permitió incrementar el número de panículas por planta y número de flores por panícula, en comparación con el tratamiento testigo. Esto se relaciona con que el potasio en las plantas desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP), compuesto esencial en la floración (Erel *et al.*, 2008). Además de que el K participa en la síntesis de proteínas y almidones (Alcántar y Trejo, 2009).

La mayor acumulación de potasio se observó en la etapa FL-FR en el tratamiento que tuvo la mayor concentración de este elemento en la SN (-0.090 MPa), lo cual está relacionado con una de las principales funciones del potasio que es el transporte de fotosintatos a los órganos de demanda, en este caso, los frutos (Epstein, 2004).

Pereira (2008) encontró que la variedad Tupy removió del suelo 33.37 kg ha⁻¹ de K con la biomasa y 6.84 kg ton⁻¹ de K con el fruto.

Cuadro 4. Extracción de potasio en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrolladas con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva, por etapas fenológicas.

Tratamientos MPa	Etapa fenológica			
	VE-AD	DD – BR	BR-FL	FL-FR
	----- mg planta ⁻¹ -----			
-0.018	376.0 a	459.5 a	248.8 b	693.6 a
-0.036	287.7 a	571.4 a	392.6 ab	543.4 a
-0.054	448.6 a	463.4 a	577.6 ab	680.7 a
-0.072	286.9 a	513.7 a	684.5 ab	761.0 a
-0.090	228.7 a	512.6 a	754.9 a	833.1 a
DMS	368.26	812.33	502.32	548.79
CV (%)	40.097	57.126	33.493	27.700
r ²	0.689	0.581	0.719	0.680

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). VE= vegetativa; AD= antes de defoliación; DD= después de defoliación; BR= brotación; FL= floración; FR= fructificación; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

En el Cuadro 5 no se observan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para las variables rendimiento, sólidos solubles totales y firmeza de frutos. Sin embargo, el tratamiento que presentó el mayor rendimiento (16.6 Mg ha⁻¹) fue aquel en el que la SN tenía un PO igual a -0.036 MPa. De acuerdo con el SIAP (2014) el promedio de rendimiento en zarzamora para México fue de 10.9 Mg ha⁻¹, y el precio osciló alrededor de 31.75 \$ kg⁻¹, por lo que la producción en todos los tratamientos evaluados fue superior al promedio nacional.

Cuadro 5. Rendimiento, sólidos solubles totales y firmeza de frutos en plantas de zarzamora var. Tupy, desarrolladas con diferente potencial osmótico de la solución nutritiva, por etapas fenológicas.

Tratamientos (MPa)	R (Mg ha ⁻¹)	SST (%)	FIC (kg cm ⁻²)	FTC (kg cm ⁻²)
-0.018	11.6 a	9.3 a	0.17 a	0.20 a
-0.036	16.6 a	9.6 a	0.18 a	0.22 a
-0.054	12.0 a	9.3 a	0.19 a	0.16 a
-0.072	14.0 a	9.3 a	0.18 a	0.19 a
-0.090	14.0 a	9.0 a	0.19 a	0.15 a
DMS	11.90	2.027	0.119	0.118
CV (%)	30.87	7.70	22.95	22.26
r ²	0.475	0.436	0.434	0.473

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). R= rendimiento; SST= sólidos solubles totales; FIC= firmeza al inicio de cosecha; FTC= firmeza al final de la cosecha; CV= coeficiente de variación.

De igual manera, el tratamiento con un PO de -0.036 MPa, equivalente a una CE de 1.0 dS m⁻¹, tuvo los frutos más dulces (9.6% SST) y la mayor firmeza al final de la cosecha (0.22 kg cm⁻²) en comparación con el resto de los tratamientos.

Mohsenin (1974) considera que las propiedades mecánicas de los frutos y hortalizas pueden tener aplicaciones prácticas, como la caracterización del material, la determinación del tiempo óptimo de cosecha y del mejor método de separación del árbol o planta, la eliminación de productos con calidad indeseable, y la disminución del daño mecánico durante su cosecha y postcosecha.

Rodríguez *et al.* (2010) señalan que la zarzamora variedad Tupy alcanza hasta 5 °Brix en la última fase de maduración, la acidez titulable se reduce hasta 0.02%, con lo cual se alcanza un índice de dulzura de 63.

Pereira (2008) encontró 9.1 °Brix en promedio para la variedad Tupy en un experimento con diferentes dosis de fertilización.

Watada (1995) también considera que la firmeza puede ser medida con la fuerza requerida para deformar o penetrar un producto, y agrega que el método de deformación permite registrar la curva del tiempo-fuerza conocida como perfil de firmeza.

Chávez *et al.* (2000) señalan que la firmeza de los frutos de zarzamora puede variar desde 2.378 kg cm⁻² en la fase verde en 50% del fruto hasta 0.248 kg cm⁻² en la fase negro en 98% del fruto, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el mejor tratamiento.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el tratamiento PO -0.090 MPa presentó la mayor extracción de N, P y K durante el ciclo, en comparación con los demás tratamientos. Sin embargo, el mayor rendimiento y calidad de fruto, en términos de SST y firmeza, se observaron en el tratamiento PO -0.036 MPa.

LITERATURA CITADA

Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.

Alcántar G., G. y Trejo T., L. 2009. Nutrición de Cultivos. Editorial Mundiprensa. México.

Argote H., C.N. 2012. Interacciones causales del necrosamiento de yemas florales en zarzamora var. Tupy. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México.

Azofeifa, A. y M. A. Moreira. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. Agron. Costarricense 29: 77-84.

Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Publicación Especial de la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.

Bischoff J. 1999. Salt/salinity tolerance of common horticultural crops in South Dakota. Garden and vegetable / woody fruit crops. South Dakota Extensión. Fact sheet 904. 6 pages.

Correã A., L.E, Bossols R., M.C. Aspectos Técnicos da Cultura da Amora-Preta. 2004. Embrapa. Pelotas, Brasil.

Chávez-Franco Sergio H., Enrique Vázquez-García y Crescenciano Saucedo-Veloz. 2000. Agrociencia 34 (3): 329-335.

Díaz M., D. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor, S.A. México.

Epstein, E and A. J. Bloom 2004. Mineral Nutrition of Plants. Principles and Perspectives 2nd. Edition. Sinaur Associates, Inc. Publishers. USA.

Erel, R.; Dag, A.; Ben-Gal, A.; Schwartz, A.; Yermiyahu, U. 2008. Flowering and fruit set of olive trees in response to nitrogen, phosphorus and potassium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 133(5):639-647.

Etchevers Barra, J. D. (1999). Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 209-219.

Freire C.J. da S. 2004. Nutricao e adubacao. In: Aspectos Técnicos da Cultura da Amora-preta. Ed. ANTUNES, L.E.C. and RASEIRA, M. do C.B. Pelotas. P. 29-35.

Grandall P.C. 1995. *Bramble Production: The Management and Marketing of Raspberries and Blackberries*. Food Product Press, an imprint of the Haworth Press Inc., Binghamton, NY. 213pp.

Greenwood, D. J. 1983. Quantitative theory and the control of soil fertility. *New Phytol.* 94: 1-18. and blackberries. 172 p.

Jones J. B., Wolf, B., & Mills, H. A. 1991. *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens, GA, USA.

Jiménez-Moreno, M.J. and Fernández-Escobar, R. 2011. Effect of phosphorus fertilization on flowering of young olive trees. IV International conference for olive tree and olive products. Chania, Creta, Grecia.

Juárez Hernández, Ma. de Jesús; Baca Castillo, Gustavo A.; Aceves Navarro, Lorenzo A.; Sánchez García, Prometeo; Tirado Torres, Juan Luis; Sahagún Castellanos, Jaime; Colinas De León, María Teresa. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*. 31 (4): 246-253

López-Bucio, J., Hernández-Abreu, E., Sánchez-Calderón, L., Nieto-Jacobo, M.F., Simpson, J. and Herrera-Estrella, L. (2002). Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. *Plant Physiology* 129: 244-256.

Mohadjer, P., Strik, BC, Zebarth, BJ y Righetti, TL 2001. La asimilación de nitrógeno, la separación y la removilización de blackberry 'Kotata' en la producción alternativo años. *J. Hort. Ciencia. Biotechnol.* 76: 700-708.

Molina, E., R. Salas y A. Castro. 1993. Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Chandler) en Alajuela. *Agron. Costarricense* 17: 67-73.

Mohsenin, N. N. 1974. Mechanical properties of fruits and vegetables. Review of a decade of research applications and future needs. *Trans. ASAE* 15: 1064-1070.

Muratalla L., A., M., Livera M, F. Chavez S., J. Rodriguez A., J. Lopez A., A Salazar g., J. López M., R. Nauteras U y L. Arévalo G. 1994. El cultivo de la zarzamora. In: *Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional. Memoria del XXXV Aniversario del Colegio de Posgraduados en Ciencias agrícolas. Primera Reunion Internacional y Segunda Nacional. Montecillo Mexico.* pp 179-185.

Pereira, Ivan dos Santos. Adubação de pré-plantio no crescimento, produção e qualidade da amoreira-preta (*Rubus* sp.). 2008. 148f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Pérez Torres Claudia Anahí y Luis R. Herrera Estrella. 2010. Estudio de la formación de raíces laterales bajo condiciones de carencia de fósforo. *Publicación Especial LANGEBIO.*

Pineda-Pineda, J., Avitia-García, E., Castillo-González, A., Corona-Torres, T., Valdez-Aguilar, L., & Gómez-Hernández, J. (2008). Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. *Terra Latinoamericana*, 26(4), 333-340.

Quijada Omar, Ramón Camacho, Yolanda Fonseca y Jhonny Rivas. 2002. Efecto del nitrato de potasio sobre la floración del mango 'Haden'. Folleto divulgativo FONAIAP (abril-junio).

Raghothama, K.G. 1999. Phosphate Acquisition. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 665-693).

Rodríguez García M.V.A, Guzmán Maldonado S. H. B, Andrade Esquivel E. A. y Hernández López, D. A. 2010. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de jugo obtenido mediante tratamiento enzimático en zarzamora comercial (*Rubus Spp*) del Estado de Michoacán. *In: XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Guanajuato, Gto. pp 851-871.

Rojas. E. 1998. La Poda y el Paclobutrazol en la Brotación Floral y Vegetativa del mango cv. Haden. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 42:222-225.

Sánchez G.P. 2009. Manual de nutrición de zarzamora. Colegio de Postgraduados.

Sandoval, M., P. Sánchez y G. Alcántar. 2007. Principios de la hidroponía y del fertirriego. pp. 373-438. *In: G. Alcántar y L. Trejo (eds.). Nutrición de cultivos*. Mundi Prensa y Colegio de Postgraduados. México, D. F.

Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *In: I. S. O. C. S. Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. The Netherlands. pp. 633-649.

Strik, B. 2008. Una revisión de la nutrición nitrogenada de *Rubus*. *Acta Hort.* 777: 403-410.

Thompson, L. M. 1982. Los Suelos y su fertilidad. Reverte. Barcelona España.

Trujano F., D.E. 2009. Dinamica Nutrimental en Hojas de Zarcamora “Tupi”. Tesis de Maestria. UACH. Texoco Mexico.

Watada, A. E. 1995. Methods for determining quality of fruits and vegetables. Acta Hort. 379: 559-567.