

PRODUCTIVIDAD Y CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN MANÍ *Arachis hypogaea*  
L., BAJO TRES LÁMINAS DE RIEGO



DIEGO FERNANDO ARCOS CALVACHE

CATALINA ZAMBRANO REVELO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA INGENIERÍA AGRONOMICA

PASTO, NARIÑO

2016

PRODUCTIVIDAD Y CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN MANÍ *Arachis hypogaea*  
L., BAJO TRES LÁMINAS DE RIEGO

DIEGO FERNANDO ARCOS CALVACHE

CATALINA ZAMBRANO REVELO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Agronomo

Presidente de tesis

HUGO RUÍZ ERAZO I.A; Ph.D.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA INGENIERÍA AGRONOMICA

PASTO, NARIÑO

2016

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores. Artículo 1° del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente jurado

---

Firma de Jurado

---

Firma de Jurado

San Juan de Pasto, 22 de noviembre de 2016

## **Productividad y contenidos de nutrientes en maní *Arachis hypogaea* L., bajo tres láminas de riego**

Diego Arcos<sup>1</sup>, Catalina Zambrano<sup>1</sup>, Hugo Ruiz<sup>2</sup>, Marino Rodriguez<sup>3</sup>.

### **RESUMEN**

El riego localizado de alta frecuencia se caracteriza por ser un método efectivo y oportuno para el suministro de agua exacta que necesita la planta, se le entrega a la zona radicular agua suficiente para reponer la que se pierde diariamente por la evaporación del suelo y transpiración de la planta. La zona donde se realizó el ensayo está clasificada como bosque seco tropical donde predomina la vegetación xerofítica y presenta condiciones climáticas que pueden ser limitantes para el desarrollo óptimo de cualquier cultivo; la falta de agua en la zona, estudios e implementaciones de nuevas tecnologías se han reflejado en la obtención de bajos rendimientos que se ven reflejados en menores ingresos para los agricultores afectando su calidad de vida. Los objetivos del trabajo fueron contribuir al manejo del agua y nutrientes y su relación con los rendimientos en el cultivo de maní *Arachis hypogaea*, bajo el sistema de 3 láminas de riego. Los resultados mostraron que con la lámina de riego Kc 1 se obtuvo el más alto rendimiento del cultivo, 41,90 kg por parcela que equivale a 5986,90 kg.ha<sup>-1</sup>; igualmente los más altos niveles nutricionales en parte aérea y raíz se presentaron con esta lámina. Con base en lo anterior se infiere, que el riego localizado de alta frecuencia en zonas donde se presentan déficit hídrico puede ser tomado como una oportunidad para aumentar los rendimientos de los cultivos de manera eficiente y amable con el medio ambiente.

**Palabras claves:** agua; déficit hídrico; nutrición; rendimiento.

---

<sup>1</sup> Estudiante Universidad de Nariño, Ingeniería Agronómica diegofarcos@gmail.com

<sup>1</sup> Estudiante Universidad de Nariño, Ingeniería Agronómica. catuca20d01@gmail.com

<sup>2</sup> Profesor tiempo completo. I. A. Ph. D. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. hugoruize@yahoo.com

<sup>3</sup> Profesor hora catedra. I.A.MS.c. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. danmaro25@hotmail.com

## ABSTRACT

High frequency localized irrigation is characterized as an effective and timely method for the exact water supply needed by the plant, sufficient water is delivered to the root zone to replenish the amount lost daily by soil evaporation and transpiration plant. The area where the test was performed is classified as dry tropical forest where xerophyte vegetation predominates and presents climatic conditions that may be limiting for the optimal development of any crop; The lack of water in the area, studies and implementations of new technologies have been reflected in obtaining low yields that are reflected in lower incomes for farmers affecting their quality of life. The objectives of the work were to contribute to the management of water and nutrients and their relationship with the yields of *Arachis hypogaea* peanut under the system of 3 irrigation sheets. The results showed that with the irrigation sheet Kc 1 the highest yield of the crop was obtained 41.90 kg per plot equaling 5986.90 kg.ha-1; also the highest nutritional levels in aerial part and root were presented with this blade. Based on the above, it is inferred that localized high frequency irrigation in areas where water deficits are present can be taken as an opportunity to increase crop yields efficiently and environmentally friendly.

**Keywords:** nutrition; production; water; water deficit.

## CONTENIDO

Introducción	1
Materiales y métodos	3
Localización	3
Características físicas y químicas del suelo	3
Diseño experimental	4
Tratamientos	4
Método estadístico	5
Aérea de la unidad experimental	5
Mapa de campo	5
Preparación y siembra de la unidad experimental	5
Fertilización y manejo agronómico	5
Riego por goteo	6
Uso consuntivo	6
Tiempo de riego	7
Evapotranspiración	7
Lamina de riego	8
Volumen de agua	8
Gasto de agua	8
Riego por aspersión	11
Variables evaluadas	12
Resultados y discusión	13
Contenidos nutricionales parte aérea y raíz	13
Rendimiento	10
Conclusiones	24
Referencias bibliográficas	25

## INTRODUCCION

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es una oleaginosa que pertenece al grupo de las leguminosas de grano. Su cultivo se extiende por zonas templadas, tropicales y subtropicales. El maní es uno de los alimentos más importantes para la alimentación humana y animal por sus características nutritivas como lo son: el alto contenido de aceite (47,7 %) proteína (30,4 %), y la presencia de vitaminas B y E (Quisbert, 2005)

De acuerdo con el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario (2010), En Colombia las zonas que cultivan maní son Tolima ocupando el primer lugar con una participación del 63% con rendimientos de 1,5 a 2 t.ha<sup>-1</sup> en segundo lugar se encuentra Nariño con una participación del 30,05% con un rendimiento de 1,3 a 1,5 t.ha<sup>-1</sup>, Cauca que participa con 6,1% con un rendimiento de 987 kg.ha<sup>-1</sup>; Boyacá con 0,4% con un rendimiento de 605 kg.ha<sup>-1</sup>.

En el departamento de Nariño para el año 2013 el área sembrada de Maní fue de 1078 hectáreas, situación que a la vez condujo a un incremento en la generación de empleo, en especial en el Municipio de Taminango que es en Nariño el principal productor con un total de 600 hectáreas sembradas. La producción en el departamento fue de 564,6 toneladas con un rendimiento de 1258,6 kg.ha<sup>-1</sup> (Consolidado Agropecuario De Nariño, 2012).

En el departamento de Nariño como en otras regiones de Colombia, la escasez de agua es un problema que tiende a complicarse, debido a la insuficiencia de fuentes hídricas, fenómenos climáticos y la falta de concientización del hombre en el cuidado de fuentes y remanentes; por lo cual se ha recurrido a la implementación de diversos sistemas de riego. (Legarda y García, 2002).

En el municipio de Taminango se encuentran dos zonas de vida bosque seco premontano y bosque muy seco tropical que presentan sequías en tiempo de verano por los largos periodos. (CORPONARIÑO, 2008). De igual forma al existir un desconocimiento de los nuevos paquetes tecnológicos para el uso adecuado del riego en los cultivos, más las

condiciones ambientales que se tornan desfavorables causan pérdidas a los productores; siendo el recurso agua el primer inconveniente en este municipio para un desarrollo óptimo de la agricultura.

El objetivo principal de esta investigación fue contribuir al manejo del agua y nutrientes en el cultivo de maní con el fin de aumentar los rendimientos del cultivo realizando un uso adecuado del recurso agua siendo beneficiados los productores de Taminango.

Se evaluó el riego usado comúnmente por el agricultor que es el riego por aspersión contra el riego por goteo a diferentes potenciales, con el fin de generar nuevos conocimientos para poder dar a conocer a la comunidad del municipio nuevas tecnologías que les brinden una eficiencia en el uso del agua que se refleja en mejores producciones.

La investigación se basó en la eficiencia de 3 láminas de riego en los contenidos nutricionales del cultivo de maní y su intervención en el rendimiento de este cultivo, teniendo en cuenta el conjunto suelo-agua-planta para realizar un uso adecuado del agua y los nutrientes para que se vean reflejados en el aumento de la producción, de tal manera que el agricultor aporte al medio ambiente ahorrando agua y obteniendo a la vez mejores ingresos.

Según Legarda *et al.* (2002) el objetivo del riego es proporcionar a las plantas el agua necesaria para lograr un normal desarrollo del cultivo. El riego puede considerarse como una práctica tecnológica que al integrarse con otras, permite aumentar la producción de una manera sostenible, lo cual garantiza la seguridad alimentaria, la disminución de la pobreza, y el mejoramiento de la calidad de la vida de los productores.

## MATERIALES Y METODOS

**Localización.** El trabajo se realizó en el corregimiento del remolino, municipio de Taminango, departamento de Nariño.

El municipio se encuentra localizado entre las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 1° 30' 00'' N (Desembocadura río mayo en el río Patía), 1° 41' 05'' N (Desembocadura del río Pasto en el río Juanambu), Longitud: 77° 14' 35'' W (Cerro Chiquito, límites con San Lorenzo), 77° 22' 58'' W (Desembocadura río Juanambu en el río Patía)

A una altura de 620 msnm, con una temperatura promedio de 26°C, precipitación anual de 835.4 mm, humedad relativa del 65%. Esta zona está clasificada como bosque seco tropical (bms-T) (Holdridge, 1979) donde predomina la vegetación xerofítica, como cactus, tuna, espinos, guayacos entre otros.

**Características físicas y químicas del suelo.** Para describir el suelo y su fertilidad, se realizó un análisis de suelos, en el que se determinó que el lote pertenece a un suelo *Typic Haplustalf*, La textura del suelo corresponde a un Franco-Arenoso-Arcilloso, con 7,37% de materia orgánica, pH de 6,5; además presenta altos contenidos de nitrógeno, fosforo y potasio, con niveles bajos de calcio, hierro, manganeso y zinc. Las características obtenidas del análisis de suelos se indican en la Tabla. 2.

**Tabla 2.** Características Físico-Químicas del lote de evaluación, municipio de Taminango, Departamento de Nariño.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad Medida</b>	<b>Nivel</b>
pH	7,9	Básico
Materia orgánica	7,37%	Alto
N	0,312%	Alto
P	212,8236 mg/kg	Alto
Ca	116,5 cmolcarga/kg	Alto
Mg	1,64 cmolcarga/kg	Adecuado
K	11,54 cmolcarga/kg	Alto
Fe	2,118 cmolcarga/kg	Bajo
Mn	1,67 cmolcarga/kg	Bajo
Cu	2,98 cmolcarga/kg	Adecuado
Zn	0,332 cmolcarga/kg	Bajo

**Diseño experimental.** El diseño correspondió a bloques completos al azar con arreglo de franjas divididas con tres repeticiones y 24 unidades experimentales. Dentro de las franjas se localizaron las láminas de riego como factor A y en las subparcelas se localizaron las 2 variedades de maní como factor B.

**Tabla 3.** Factores evaluados, láminas de riego en Kc y m<sup>3</sup> y variedad

<b>Factor A</b>	<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>
<b>Láminas de riego (Kc)</b>	<b>Láminas de riego (m<sup>3</sup>)</b>	<b>(variedad)</b>
0,75	0,543	ROJA
0,85	0,652	BLANCA
1,0	0,815	
Testigo (Aspersión)	2,154	

## **Tratamientos**

- T1 Aplicación de Kc 0.75 con lámina 0543m<sup>3</sup> en variedad roja
- T2 Aplicación de Kc 0.85 con lámina 0,652 m<sup>3</sup> en variedad roja
- T3 Aplicación de Kc 1.0 con lámina 0,815m<sup>3</sup> en variedad roja
- T4 Aplicación de Kc 0.75 con lámina 0543m<sup>3</sup> en variedad blanca
- T5 Aplicación de Kc 0.85 con lámina 0,652 m<sup>3</sup> en variedad blanca
- T6 Aplicación de Kc 1.0 con lámina 0,815m<sup>3</sup> en variedad blanca
- T7 Testigo; aplicación de 2,16m<sup>3</sup> de agua mediante aspersión en variedad roja
- T8 Testigo; aplicación de 2,16m<sup>3</sup> agua mediante aspersión en variedad blanca

**Método Estadístico.** Se hizo la prueba de hipótesis mediante un análisis de varianza y la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey al 0.5% y se realizó una prueba de regresión y correlación para establecer el efecto de los nutrientes en parte área y raíz con respecto al rendimiento.

**Área de la Unidad Experimental.** El tamaño de la unidad experimental correspondió a tres módulos de 11,7m x 5,2m, dejando 0,35m de calle para un área de 60,84m<sup>2</sup>. El área útil de la unidad experimental fue 40,04m<sup>2</sup>. Cada módulo tuvo un área experimental total de 182,52m<sup>2</sup>, para un área total de 730,08m<sup>2</sup>.

**Preparación y siembra de la unidad experimental.** Se establecieron en campo 4 parcelas con 8 tratamientos, cada uno con 3 subparcelas y dentro de cada uno de ellos 5 líneas, las subparcelas midieron 11,7 m de largo por 5,2 m de ancho cada uno, para un área de 60,84 m<sup>2</sup> /subparcela, área total del lote 730,08m<sup>2</sup>. En cada línea se sembró 3 semillas a 30 cm entre ellas con una profundidad de 5 cm, para un total de 117 semillas por subparcela.

**Fertilización y manejo agronómico.** Se realizó la fertilización edáfica a los 15 días después de la siembra de acuerdo al análisis de suelo; tomando solo el 60% de las necesidades de fertilización para la aplicación edáfica y el 40% por medio de fertirriego.

En la fertilización edáfica se aplicó 10,8 kg.ha<sup>-1</sup> de urea, 1,3 kg.ha<sup>-1</sup> de cloruro de potasio (KCl), 0,78 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico (DAP), 1,74 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrato de Calcio (Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), 0,60 kg.ha<sup>-1</sup> de sulfato de magnesio (MgSO<sub>4</sub>), por submódulo. El nitrato de Ca se aplicó por separado, por motivos de incompatibilidad entre fertilizantes. El fertirriego se aplicó a los 35 DDS antes de floración y a los 70 días DDS antes de la formación y llenado de frutos, se realizó el fertirriego por goteo una vez por semana. La cantidad de nutrientes aplicada vía fertirriego fue 7,2 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 0,52 kg.ha<sup>-1</sup> de Fosforo, 0,94 kg.ha<sup>-1</sup> de Potasio, 1,16 kg.ha<sup>-1</sup> de Ca, 0,44 kg.ha<sup>-1</sup> de Magnesio por goteo, igualmente se aplicaron elementos menores por medio del fertirriego.

Resaltando que las parcelas con riego por aspersión (Testigo) solo recibieron fertilización edáfica.

El control de arvenses se realizó aplicando un herbicida de contacto 8 días antes de la siembra (Gramoxone), en dosis de 1.5 lt/ha. En el desarrollo del cultivo el control de arvenses se hizo de manera manual, cada 15 días o dependiendo de la presencia de las arvenses en las calles del cultivo.

**Riego Por Goteo.** Se instaló un sistema de riego por goteo, para suministrar las tres láminas de riego 0,75mm 0,85mm y 1mm.

La lamina a aplicar se obtuvo de acuerdo con la siguiente fórmula a partir de la evapotranspiración y el Kc. (Sánchez, 2003)

### **Uso consuntivo**

$$Uc = Area * Kc * Ev$$

Donde:

Uc: uso consuntivo m<sup>3</sup>

Área: 182.52m<sup>2</sup> (Área total a regar por parcela)

Kc: coeficientes del cultivo (de acuerdo al tratamiento y etapa de desarrollo del cultivo)

Ev: Evaporación en mm (se obtuvo con base en los datos registrados en la estación viento libre)

**Tiempo de Riego.** Para la aplicación de riego se calibro la presión de las tres parcelas a 15 PSI aproximadamente; para ello se instalaron tres manómetros para cada parcela de riego, y se realizaron aforos en campo. Cada parcela manejo una lámina de riego de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo. (Sánchez, 2003).

El tiempo de riego se calcula a través de la siguiente formula:

$$T.R = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{gasto de agua parcela/hora}}$$

Para obtener el volumen de agua y el gasto de agua parcela/hora se realiza el siguiente procedimiento.

**Evapotranspiración.** Considerando que la evaporación fue de 3.58mm y que el Kc variaba de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo, se procedió a calcular la evapotranspiración con la siguiente formula. (Sánchez, 2003).

$$ETC: Ev * Kc$$

ETC: evapotranspiración del cultivo (m)

Ev: Evaporación (mm)

Kc: coeficiente de desarrollo del cultivo

## Lámina de riego

$$L.R = \frac{Etc}{eficiencia\ de\ riego\ (0.8)} = m$$

## Volumen de Agua

$$VdA = L.R * Area\ (m^2) = m^3$$

**Nota:** posteriormente el volumen de agua se pasó a litros.

**Gasto de agua.** Se calculó de la siguiente manera para cada parcela (Sánchez, 2003).

Con base al número de líneas 15 líneas por parcela, a la distancia de línea 11,7m, a la distancia de separación entre goteros 0,3m se tomó solo los goteros útiles y su respectivo caudal 1,2L/h.

Calculo de número de goteros por parcela

**Distancia de líneas:** 11,7m

Por lo tanto

$$Numero\ de\ goteros\ por\ línea: \frac{11,7m}{0,3m} = 39\ goteros/línea$$

Por lo tanto

$$Numero\ de\ goteros\ por\ módulo: 39\ goteros * 15\ líneas = 585\ goteros/módulo$$

$$Gasto\ de\ agua\ modulo : 585 * 1,2: 702lt/hora$$

**Tiempo de Riego.** Con los anteriores datos ya se calcula el tiempo de riego de acuerdo a cada kc y etapa de desarrollo del cultivo. (Sánchez, 2003)

$$T.R = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{gasto de agua modulo/hora}}$$

### Etapas de desarrollo

- I. Establecimiento (Germinación y Emergencia)
- II. Prefloración (Crecimiento Vegetativo)
- III. Floración
- IV. Formación Del Fruto
- V. Maduración

**Tabla 5.** Kc, lámina de agua, volumen de agua y tiempo de riego según la etapa de desarrollo del módulo I.

<b>Etapas De Desarrollo</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>No De Días</b>	29	55	69	83	100-110
<b>Kc</b>	0,6	0,6	0,95	0,75	0,55
<b>UC</b>	391,473	391,473	619,83	489,34	358,85
<b>Etc.</b>	2,148	1,969	2,69	2,69	1,97
<b>L Riego (m)</b>	0,002685	0,002188	0,002983	0,002983	0,002188
<b>V Agua (l)</b>	489,34	398,72	543,71	543,71	398,72
<b>V Agua (m<sup>3</sup>)</b>	0,48	0,39	0,54	0,54	0,39
<b>T Riego (h)</b>	0,70	0,57	0,77	0,77	0,57
<b>T Riego (min)</b>	41,82	34,08	46,47	46,47	34,08

**Tabla 6.** Kc, lámina de agua, volumen de agua y tiempo de riego según la etapa de desarrollo del módulo II.

<b>Etapa De Desarrollo</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Número De Días</b>	29	55	69	83	100-110
<b>Kc</b>	0,85	0,85	1	0,85	0,6
<b>UC</b>	554,58	554,58	652,45	554,58	391,47
<b>Etc.</b>	3,043	3,043	3,58	3,043	2,148
<b>L Riego (m)</b>	0,00358	0,00358	0,004475	0,00358	0,002685
<b>V Agua (Lt)</b>	652,45	652,45	815,56	652,45	489,34
<b>V Agua (m<sup>3</sup>)</b>	0,65	0,65	0,81	0,65	0,48
<b>T Riego (h)</b>	0,9294	0,9294	1,1618	0,9294	0,69
<b>T Riego (min)</b>	55,76	55,76	69,70	55,76	41,82

**Tabla 7.** Kc, lámina de agua, volumen de agua y tiempo de riego según la etapa de desarrollo del módulo III

<b>Etapa De Desarrollo</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>No De Días</b>	29	55	69	83	100-110
<b>Kc</b>	1	1	1,1	0,85	0,6
<b>UC</b>	652,46	652,46	717,70	554,59	391,47
<b>Etc.</b>	3,58	3,58	3,938	3,043	2,148
<b>L Riego (m)</b>	0,004475	0,004475	0,004923	0,003804	0,002685
<b>V Agua (Lt)</b>	815,56	815,56	897,12	693,23	489,34
<b>V Agua (m<sup>3</sup>)</b>	0,81	0,81	0,89	0,69	0,48
<b>T Riego (h)</b>	1,1618	1,1618	1,2780	0,9875	0,6971
<b>T Riego (min)</b>	69,71	69,71	76,68	59,25	41,82

**Riego por aspersión.** Se realizó el riego por aspersión utilizando aspersores tipo golondrina modelo 301 con las siguientes características:

- Círculo completo
- Rosca macho ¾" diámetro -14 NPT
- Diámetro de cobertura entre 25 y 37 m.
- Descarga entre 3 y 16 GPM, dependiendo de las boquillas y la presión. (Aspersores Colombianos LTDA , 2016)

Con base en a los datos anteriores se calculó aproximadamente el volumen de agua para las parcelas con riego por aspersión.

**Tabla 4.** Volumen de o gasto de agua en riego por aspersión para las parcelas testigo

<b>Volumen de agua riego por aspersión</b>	
Descarga GPM	9,5
Volumen de agua lt/min	35,91
Volumen de agua lt/hora	2154,6
Volumen de agua m <sup>3</sup> /hora	2,1546

## **Variables Evaluadas**

**Rendimiento (RTO) (t. ha<sup>1</sup>).** Después de cosechadas, secadas y desgranadas cada parcela se pesó el total de granos cosechados transformando este dato a toneladas por hectárea.

**Contenidos nutricionales parte aérea y raíz.** Se realizó la calcinación para los elementos Ca, K, Mg, Mn, P, Zn y Cu. La muestra de tejido vegetal seca y molida se calcina a 500°C y las cenizas se disuelven en Ácido Clorhídrico diluido.

Después del paso anterior se realiza para cada elemento lo siguiente:

**Concentración de P en la parte aérea y raíz.** Digestión con solución 3:1 de HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub>. Se tomó 1 ml del extracto y se adicionó 9 ml de solución coloreadora de fósforo y se realizó la lectura en el espectrofotómetro UV/VIS modelo 7230 (Ribeiro y Braga, 1974).

**Concentración de K en la parte aérea y raíz.** Digestión con solución 3:1 de HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub>. Se tomó 0.5 ml del extracto principal y se aforó a 100 ml. Luego se llevó a leer en el espectrofotómetro Perkin Elmer modelo 2380 (Ribeiro y Braga, 1974).

**Concentración de Ca, Mg, Mn, Zn y Cu en la parte aérea y raíz.** Cada muestra se llevó al horno a 75°C, durante 24 horas; luego se tamizó y pesó. Luego se determinó el contenido por el método de determinación de bases (Unigarro, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Contenidos nutricionales parte aérea y raíz

**Tabla 7.** Cuadrados medios de fósforo, calcio, magnesio, potasio, hierro, manganeso, zinc en parte aérea y cobre de dos cultivares de maní, como respuesta a la aplicación de tres láminas de agua mediante fertirriego.

Factor de Variación	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
<b>Modelo</b>	0,0032	0,29	0,02	0,06	323,66	137,95	45,82
<b>Lamina</b>	0,01	1,02*	0,07*	0,16	1188,44*	519,43*	159,65*
<b>Bloques</b>	0,000084	0,05	0,0014	0,0029	116,1	0,42	3,9
<b>Variedad</b>	0,000033	0,002	0,0001	0,01	1,89	25,5	8,56
<b>Lamina*Variedad</b>	0,0013	0,05	0,0026	0,02	46,56	19,49	7,78
<b>Erro A</b>	0,0015	0,08	0,0011	0,04	5,24	2,47	9,03
<b>Error B</b>	0,00015	0,01	0,00017	0,01	45,23	5,29	7,98
<b>Error C</b>	0,0012	0,00016	0,00043	0,02	5,55	4,47	9,76

\* = diferencias significativas ( $p < 0,05$ ); ns =diferencias no significativas

**Tabla 8.** Cuadrados medios de fósforo, calcio, magnesio, potasio, hierro, manganeso, zinc en raíz y cobre de dos cultivares de maní, como respuesta a la aplicación de tres láminas de agua mediante fertirriego.

Factor de Variación	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
<b>Modelo</b>	0,02	0,2	0,03	0,09	1424,17	865,76	166,24
<b>Lamina</b>	0,03	0,77*	0,13*	0,13	5642,41*	3282,18*	629,58*
<b>Bloques</b>	0,01	0,03	0,0031	0,08	1,32	252,02	4,95
<b>Variedad</b>	0,04	0,02	0,01	0,0047	1,1	4,52	8,85
<b>Lamina*Variedad</b>	0,01	0,02	0,00084	0,01	29,66	38,77	17,95
<b>Erro A</b>	0,0042	0,01	0,0018	0,15	19,82	56,17	12,76
<b>Error B</b>	0,00055	0,01	0,00051	0,06	11,9	1,27	0,28
<b>Error C</b>	0,000026	0,02	0,000077	0,02	69,4	164,87	1,71

\* = diferencias significativas ( $p < 0,05$ ); ns =diferencias no significativas

**Elementos menores en parte aérea y raíz.** Con base en a las tablas 7 y 8 de cuadrados medios se encontraron diferencias significativas en las tres láminas de riego localizadas de alta frecuencia con respecto al tratamiento testigo con riego por aspersión, se observó que con la lámina Kc 1 combinada con la variedad roja y blanca presentaron igual respuesta a esta lámina lo que implicó el incremento de la concentración de magnesio, manganeso y zinc en parte aérea significativamente con respecto al tratamiento con aspersión (Testigo), cabe destacar que el testigo es superado por los tratamientos con Kc 0,7 y 0,8.

De acuerdo a la tabla 7, se observó que en las láminas Kc 1, Kc 0,75, Kc 0,85, combinados con las variedades blanca y roja presentaron diferencia entre ellas con respecto al tratamiento aspersión (Testigo), se encontró que en las láminas Kc 1, Kc 0,75, Kc 0,8 niveles altos de calcio, cobre en parte aérea y niveles bajos de los mismos elementos en el tratamiento aspersión (testigo).

De acuerdo a la tabla 8, se observó que con la lámina Kc 1 combinada con la variedad roja y blanca presentaron igual respuesta a esta lámina incrementando la concentración de Calcio, Magnesio, Manganeso, Zinc, y Cobre en raíz significativamente con respecto al tratamiento de aspersión (Testigo). Cabe destacar que el testigo es superado por los tratamientos con Kc 0,75 y 0,85

**Tabla 9.** Promedios de Tukey para lámina de riego en la variable de Calcio, Magnesio, Manganeso, Zinc, Cobre Parte Aérea.

<b>Lamina</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Mn (ppm)</b>	<b>Zn (ppm)</b>	<b>Cu (ppm)</b>
	<b>Foliar</b>	<b>Foliar</b>	<b>Foliar</b>	<b>Foliar</b>	<b>Foliar</b>
<b>1 Kc</b>	2,26 A	0,53 A	73,33 A	51,5 A	21,08 A
<b>0,85Kc</b>	1,6 A B	0,41 B	54,05 B	37,13 B	15,45 A B
<b>0,7Kc</b>	1,48 A B	0,39 B	46,88 B	32,58 B	13,4 A B
<b>Aspersión</b>	1,04 B	0,21 B	31,83 C	24,3 C	5,8 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 10.** Promedios de Tukey para lámina de riego en la variable de Calcio, Magnesio, Manganeso, Zinc, Cobre Raíz.

Lamina	Ca (%) Raíz	Mg (%) Raíz	Mn (ppm) Raíz	Zn (ppm) Raíz	Cu (ppm) Raíz
<b>1 Kc</b>	2,01 A	0,6 A	99 A	106,23 A	53,88 A
<b>0,85Kc</b>	1,7 A	0,32 A	51,05 B	72,18 B	33,33 A B
<b>0,7Kc</b>	1,2 A	0,3 A	48,23 B	57,8 B C	31,45 A B
<b>Aspersión</b>	1,07 B	0,18 B	7,18 C	38,33 C	24,83 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener rendimientos elevados. Cuando existe deficiencia de uno o varios elementos menores, éstos se convierten en factores limitantes del crecimiento y de la producción, aunque existan cantidades adecuadas de los otros nutrientes (BRGlobal, 2010).

Los mecanismos de llegada de nutrientes a la raíz influyen en gran manera el aprovechamiento de los nutrientes en la planta y con la ayuda del riego localizado de alta frecuencia en zonas xerofíticas como donde se realizó la investigación que permitió un mejor uso de los nutrientes. Elementos como el Calcio, Magnesio, Manganeso, Hierro, Nitrógeno son elementos que se mueven por flujo de masa lo cual implica que estos nutrientes se muevan con el agua hacia las raíces de las plantas (UNAD, 2010).

Con base en a los mecanismos de llegada de nutrientes, relacionando el alto rendimiento que se obtuvo con la lámina Kc 1 teniendo en cuenta que el gasto para esta lamina fue de  $0,815\text{m}^3$  la disponibilidad de agua era mayor que en las otras laminas Kc 0,75 y Kc 0,85 y las aplicaciones fueron programadas de acuerdo a la etapa fisiológica del cultivo permitió

que el movimiento de nutrientes sea eficiente hacia la raíz y sean aprovechables por la planta.

Por lo tanto al asegurar un aprovechamiento de los nutrientes para la planta durante todo el ciclo del cultivo se tendrá una buena actividad de todos los procesos fisiológicos que con lleva a un buena producción de materia seca, llenado de vainas, numero de vainas entre otros que conducen a un buen rendimiento; como lo observado en la investigación donde el medio edáfico tenia condiciones ideales más la potencialización de los nutrientes a través del riego por goteo se pudo obtener un incremento en la producción.

Según Costa *et al.* (1997); Barros y Comerford, (2002) la disminución de la disponibilidad de agua en el suelo reduce el movimiento de nutrientes por flujo y difusión de masa. Estas condiciones llevan al cierre de estomas y la consiguiente reducción de la transpiración del mismo modo disminuye la entrada de CO<sub>2</sub> y la absorción de nutrientes. Bajo estas condiciones el crecimiento de las plantas se reduce y la cantidad de agua disponible se convierte en un factor limitante.

También observado en la investigación, donde los tratamientos tratados con riego por aspersion (testigo) donde la aplicación de agua no es uniforme ni tiene en cuenta la etapa fisiológica del cultivo incide en disminuir la absorción de nutrientes y por lo tanto se obtuvieron bajas concentraciones de nutrientes y del mismo modo bajos rendimientos en comparación con los otros tratamiento donde se utilizó el riego localizado de alta frecuencia.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Cadahia (2005), Guzmán (2004) y Peña (2004), quienes afirman que un aporte oportuno de nutrientes contribuye a reducir las pérdidas y aumenta la eficiencia de utilización de nutrientes, lo cual conduce a obtener una mejor estructura de la planta.

Cadahia (2005), Guzmán (2004), Peña (2004), afirman que la combinación de la irrigación con la fertilización está bien reconocida como el más efectivo y conveniente modo de

mantener un nivel óptimo de fertilidad y provisión de agua, de acuerdo a las exigencias específicas de cada planta y tipo de suelo, dando como resultado elevadas producciones y mejores calidades de cultivo.

Resultados similares se obtuvieron en trabajos con pepino donde el rendimiento supero las expectativas ya que pudo aportar todos los nutrientes durante el ciclo del cultivo lo que fue posible por contar con un riego localizado (modalidad cintas de goteo). (José Suniaga Q, 2008)

**Tabla 11.** Cuadrados medios de la regresión y correlación de calcio, magnesio, manganeso, zinc, cobre en comparación al rendimiento, como respuesta a la aplicación de tres láminas de agua mediante fertirriego en parte aérea y raíz.

<b>Factor de Variación</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Mn (ppm)</b>	<b>Zn (ppm)</b>	<b>Cu (ppm)</b>
	CM	CM	CM	CM	CM
<b>Foliar</b>	11975508 **	11383214,78**	14273637,42**	11301043,86**	10779706,11**
<b>Raíz</b>	3727279,93ns	9587091,96**	12385390,78**	11144092,11**	9597044,72**

\*\* = efecto altamente significativo ( $p < 0,01$ ); \* = efecto significativo ( $p < 0,05$ ); ns = efecto no significativo.

Con base en a la tabla 11 de comparación de cuadrados medios de la regresión y correlación de los elementos en comparación al rendimiento se encuentran efectos significativos de los elementos calcio, magnesio, manganeso, zinc y cobre en el rendimiento del cultivo de maní; lo que implicó un aumento en la producción del cultivo debido probablemente a que los diferentes nutrientes son esenciales para la planta por tener varias funciones o efectos fisiológicos, los elementos actúan como materiales plásticos o de construcción celular (protoplasma, pared celular, proteínas, etc.). Por ejemplo, constituyentes de las proteínas, las nucleoproteínas y del ATP; en caso del Mg de la clorofila; y demás nutrientes componentes de los carbohidratos, grasas y proteínas. Mantienen un grado deseable de hidratación de los coloides celulares. En general, los cationes monovalentes lo aumentan, mientras que los divalentes o los polivalentes lo

disminuyen. Participan en la regulación de la permeabilidad de las membranas. (Forero, 2009).

En la mayoría de los suelos básicos como en el que se realizó el ensayo donde el suelo presenta un pH de 7,9, la disponibilidad y el transporte de Ca y Mg hacia las raíces ocurre por flujo de masa en la solución de suelo. Las cantidades de Ca y Mg que alcanzan las raíces de las plantas por flujo de masa son normalmente cientos de veces mayores que la tasa de absorción por las raíces. Como resultado, el Ca y el Mg se acumulan cerca de las raíces de las plantas. (Barber, 1962).

Lo anterior confirma lo visto en la investigación, donde los niveles de Mg y Ca en la planta fueron altos para la lámina Kc 1 donde el agua acompañada de los elementos por el movimiento de flujo de masa permitió la llegada de los elementos donde las raíces podían aprovechar estos elementos para su nutrición y demás procesos fisiológicos.

Los micronutrientes Fe, Cu, Zn y Mn son muy reactivos con las partículas de arcilla y otros componentes del suelo; por lo tanto, cuando se los suministra al suelo como simples sales inorgánicas (por ejemplo, sulfatos), su disponibilidad para las plantas se ve muy reducida, y es probable que vuelvan rápidamente a formas indisponibles. Sin embargo, cuando se agregan por medio de fertirriego con elementos quelatados, mantienen su disponibilidad para la absorción por las plantas. (Morán, 2004).

Afectando directamente todos los procesos fisiológicos de la planta y de la misma manera directamente la producción del cultivo, es por eso que niveles adecuados a altos de los macronutrientes como se observó en el medio edáfico, potencializando estos niveles a través del riego localizado de alta frecuencia permitiendo niveles altos de micronutrientes en la parte aérea y raíz en la planta condujo a una buena disponibilidad para la planta por consiguiente un buen aprovechamiento de los nutrientes llevando a cabo todos los procesos fisiológicos que llevaron a aumentar el rendimiento del cultivo; demostrando que la lámina Kc 1 con un gasto de  $0,815\text{m}^3$  con un ahorro del 38% en comparación al gasto de aspersión que fue  $2,154\text{m}^3$  fue esta lámina la cantidad ideal de agua aplicada al mostrar mayores

rendimientos y mayores contenidos de nutrientes en parte aérea y raíz, seguida por la lámina Kc 0,85 con un gasto de 0,65 m<sup>3</sup>, y Kc 0,7 con un gasto de 0,54m<sup>3</sup>, caso contrario observado en el tratamiento testigo con riego por aspersion donde se encontraron niveles bajos de rendimiento y nutrientes en parte aérea y raíz.

**Rendimiento (RTO).** Según los resultados del análisis de varianza (tabla 4) para la variable rendimiento, se encontró diferencias estadísticamente significativas a nivel del 0,05 en láminas de riego, encontró diferencias estadísticamente significativas para variedad ni para la interacción lamina\*variedad.

**Tabla 12.** Cuadrados medios de rendimiento de dos cultivares de maní, como respuesta a la aplicación de tres láminas de agua mediante fertirriego.

<b>Factor de Variación</b>	<b>Rendimiento</b> CM
<b>Modelo</b>	1700747,04
<b>Lamina</b>	8394498,62*
<b>Bloques</b>	17212,29
<b>Variedad</b>	365686,06
<b>Lamina*Variedad</b>	374486,65
<b>Erro A</b>	351709,34
<b>Error B</b>	47688,63
<b>Error C</b>	124461,37

\* = diferencias significativas (p<0,05); ns =diferencias no significativas

Los rendimientos de maní de acuerdo con la comparación de promedios de Tukey se encontró que el mayor promedio lo presento el factor de cultivo Kc 1 5986,90 kg.ha<sup>-1</sup>, similar estadísticamente a la producción obtenida por el Kc 0,85 con 5193,21 kg.ha<sup>-1</sup>,

seguido por el Kc 0,7 con una producción de 4535,30 kg.ha<sup>-1</sup>. El menor promedio de rendimiento de 3192,14 kg.ha<sup>-1</sup> se obtuvo con el sistema de riego por aspersión (Tabla 12)

**Tabla 13.** Promedios de Tukey para lámina de riego en la variable de rendimiento (RTO)

<b>Lamina (mm/Ha)</b>	<b>Medias ( kg.ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Kc1</b>	5986,90 A
<b>Kc0.85</b>	5193,21 A B
<b>Kc0.7</b>	4535,30 B
<b>Aspersión</b>	3192,14 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Lo anterior muestra una tendencia cuadrática en la relación cantidad de agua aplicada y rendimiento de maní obtenido que indica que la producción aumenta en la medida que se aumenta la cantidad de agua hasta Kc 1 y se reduce cuando el volumen de agua aplicado es mayor en el riego por aspersión. Esta tendencia se encuentra en experimentos realizados en tomate de mesa y en general en todos los cultivos debido a que el exceso de humedad hasta tener gran cantidad de agua libre o gravitacional en el suelo puede producir sequia fisiológica

Al respecto (RODAS, 2010) hace referencia a un déficit hídrico que dura en el tiempo pero no es consecuencia de una falta de agua sino de la falta de disponibilidad de agua en el suelo. Normalmente se asocia el déficit hídrico con climas cálidos, pero esto no siempre es así. Esto se debe a que el agua en el suelo puede estar en abundancia pero no está disponible para la planta y las raíces no pueden absorberla. La parte aérea de la planta sigue transpirando, por lo que se pierde agua que no puede reponerse.

Lo anterior se debe probablemente a que el cultivo de acuerdo a una determinada etapa de desarrollo tiene unas necesidades específicas de agua y no acepta altas cantidades de riego no programadas, siendo esta agua desperdiciada, es decir, lo que se hace con el riego por aspersión donde el volumen de agua  $2,154\text{m}^3$  es mayor en 38% en comparación con las otras láminas  $Kc1=0,85\text{ m}^3$ ,  $Kc\ 0,85= 0,652\text{ m}^3$  y  $Kc\ 0,75= 0,543\text{ m}^3$  , pues para este estudio el fertirriego se programó a través de tensiómetros para el caso del riego por goteo en cambio para el riego por aspersión se programó en cualquier día, sin determinar la lámina exacta a regar ni la etapa en la que se encontraba el cultivo, por lo anterior se dice que la programación del riego influye en el peso de las vainas y definitivamente el fertirriego potencia la producción.

Del mismo modo el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2010) menciona que con el cambio de método de riego, de riego por surcos a riego por aspersión o goteo se puede lograr un ahorro en volumen de agua que va del 30 al 60%. Frecuentemente, los rendimientos de los cultivos se incrementan también, porque las plantas reciben prácticamente la cantidad precisa de agua que necesitan y también a menudo la de fertilizantes.

Es importante señalar que los métodos de riego localizados no solo permiten una mayor eficiencia y alta uniformidad en la aplicación del agua, sino que como se aplican con mayor frecuencia y con láminas pequeñas, se logra mantener en el suelo bajas tensiones de humedad, lo que permite obtener mayores rendimientos. (IMTA, 2010)

Al respecto (Paola Silva C, 2000) menciona que el agua es vital en la producción de cultivos ya que el crecimiento de las células vegetales se produce por acción del agua. La falta de este elemento provoca una menor área foliar, menor fotosíntesis y como consecuencia una menor producción.

Del mismo (Facultad de agronomía, UBA, 2008) La cantidad de agua que fluye a través de la planta o circula por unidad de superficie de cultivo depende de la oferta de agua del

suelo, de las características estructurales y funcionales de la planta o el cultivo, y de las condiciones atmosféricas. En cada momento de su vida, el estado hídrico de la planta depende del balance entre el agua que la planta absorbe del suelo y la que pierde por transpiración. Un exceso de transpiración con respecto a la absorción determina un balance hídrico negativo, generándose así una situación de déficit cuyas consecuencias dependerán de su magnitud y duración. El estado de déficit hídrico puede influir poderosamente sobre el crecimiento y la producción de materia seca por las plantas, y por ende sobre el rendimiento de grano, forraje, madera, etc.

De acuerdo a lo anterior el agua es indispensable en desarrollo normal de un cultivo, es por eso que es un factor primordial en las plantas ya que está relacionada directamente con la producción, por lo tanto falta de agua o su mal manejo resultaran en rendimientos bajos como lo apreciado en la investigación en el tratamiento con aspersión (Testigo) y caso contrario en los tratamientos de riego localizado de alta frecuencia donde un uso eficiente del agua trae como resultado incremento en el rendimiento. Resultados similares se han encontrado en otros trabajos realizados en la Universidad de Nariño en el municipio de Taminango, Remolino en cultivos de tomate, melón y frijol donde el ahorro del agua fue de aproximadamente el 60% con riego por exudación o goteo con respecto al tradicional y obteniendo mayores rendimientos en tomate y melón con respecto al promedio nacional. (Fredy Guerrero, 2000)

Teniendo en cuenta que la zona donde se realizó el trabajo es clasificada como bosque seco tropical con vegetación xerofítica el riego localizado con alta frecuencia dio una respuesta positiva en comparación al riego por aspersión donde no se obtuvieron buenos resultados.

Considerando que el crecimiento y rendimiento de las plantas dependen de la disponibilidad de los nutrientes en el suelo donde se desarrollan y del mantenimiento de estos dentro de ciertos límites, se da importancia al fertirriego para un adecuado suministro de elementos nutritivos manteniendo eficientes niveles de producción, según Corpoica 2007 debido a que la fertirrigación es el suministro de nutrientes a la planta directo y

mediante el agua de riego se disminuye la pérdida de nutrientes, incrementando la absorción de los mismos y aumentando la producción.

De acuerdo a lo anterior se resalta que el suelo donde se realizó el ensayo presenta características ideales para cultivar con un porcentaje alto de materia orgánica, fósforo y potasio más la ayuda del riego localizado permite mejor aprovechamiento de los nutrientes es por eso que se encontraron niveles altos de Calcio, Magnesio, Manganeso, Zinc y que intervinieron directamente con el aumento del rendimiento en el cultivo. Al respecto (Holzmann, 2015) menciona los nutrientes se encuentran formando parte de la materia orgánica y las arcillas y es gracias al agua que estos quedan disueltos y disponibles, transformándose en la “solución del suelo”. Como regla podemos decir que cuánto más materia orgánica y arcilla contenga un suelo, más nutrientes va a tener para ceder a los cultivos.

Según la Universidad estatal de Oregon 2003, la aplicación de nutrientes es más precisa con el riego por goteo. De este modo, se pueden reducir los gastos en fertilizantes y la pérdida de nitratos. Además, se puede escoger el mejor momento para fertilizar y satisfacer las necesidades de las plantas lo que con lleva a un aumento en el rendimiento y calidad, esto posible mediante la programación precisa del riego, la cual se hace posible con el sistema por goteo. Se han observado aumentos en rendimiento y calidad de cebolla, lúpulo, brócoli, coliflor, lechuga, melón, tomate, algodón y otros cultivos.

Cuando se usa métodos de riego a presión (goteo, aspersores, microaspersores), el fertiriego no es opcional, sino absolutamente necesario. Bajo riego por goteo solo el 20% del suelo es humedecido por los goteros, y si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo. Esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye mucho ya que los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado.

## CONCLUSIONES

Los más altos contenidos nutricionales de los elementos Ca, Mg, Mn, Zn y Cu fueron encontrados en las láminas Kc 1 seguida por Kc 0,85 y Kc 0,75 encontrando los contenidos nutricionales más bajos de estos elementos en el riego por aspersión, no encontrando diferencias significativas para los macronutrientes K y P.

La aplicación de riego localizado de alta frecuencia produjo los mejores rendimientos, la lámina con mayor rendimiento fue Kc 1, resultados similares con la lámina Kc 0,85, seguido por la lámina K 0,75, obteniendo los menores rendimientos con el riego por aspersión.

No hubo efecto de las dos variedades de maní *Arachis Hypogaea* no se presentaron diferencias estadísticas para la interacción lamina\*variedad ni en contenidos nutricionales ni rendimiento.

Se encontraron efectos significativos en la regresión y correlación de las láminas de riego con la parte aérea y raíz con respecto al rendimiento en los elementos K, Ca, Mg, Mn, Zn y Cu.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUARIO ESTADÍSTICO DEL SECTOR AGROPECUARIO. (2010). Información general. EN: <http://agronet.gov.co/www/htm3b/public/Anuario/anuarioEstadistico2010.pdf>; consulta: noviembre, 2015.

ASPERSORES COLOMBIANOS LTDA. (2016). Aspensor golondrina modelo 301. En: <http://www.empresario.com.co/aspercol/aspersores.html>; consulta: abril, 2015.

BARBER, S. A. (1962). A diffusion and mass flow concept of soil nutrients availability. Rev. Soil Sci. Soc. Am. J. 1 (2): 2-3.

BARROS, NF Y COMERFORD, NB. (2002). Sustentabilidade da Produção de florestas plantadas na região tropical. En: ÁLVAREZ, V, *et al.* Tópicos Ciência em hacer em solitário. Viçosa, MG. Rev. Sociedade Brasileira em Ciência do Solo. 2. (1): 487-592.

RIBEIRO, A.C. & BRAGA, J.M. 1974 Determinacao espectrofotometrica em extratos. *Experientiae*, 17: 293- 310

BR. GLOBAL. (2010). Br global limited. En: <http://www.brglimited.com/pdf>; consulta: agosto, 2016.

CADAHIA, C. (2005). Fertirrigación, Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. 3ª edición. Ediciones Mundiprensa, España. 681 p.

CONSOLIDADO AGROPECUARIO DE NARIÑO. (2012). Secretaria de agricultura y medio ambiente de Nariño. En: <http://es.slideshare.net/MemoJurado/consolidado-agropecuario-2012>; consulta: noviembre, 2015.

CORPOICA. (2007). Manejo del riego y la fertirrigación en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá. Bogotá - Colombia: Produmedios, 83p.

COSTA, LC.; MORISON, J. y DENNETT, M. (1997). Efectos del estrés hídrico sobre la fotosíntesis, la respiración y el crecimiento de Haba (*Vicia faba L.*), cultivadas bajo condiciones de campo. Rev. Bras. Agron 1. (5):9-16.

FACULTAD DE AGRONOMÍA, UBA. (2008). Agro UBA. En: <http://www.agro.uba.ar/users/batista/EE/papers/agua.pdf>; consulta: agosto, 2016.

FORERO, Y. (2009). InfoAgroColombia. En: [http://www.infoagrocolombia.com/yamel\\_lopez\\_elementos\\_de\\_fisiologia\\_vegetal\\_Capitulo%20IV.pdf](http://www.infoagrocolombia.com/yamel_lopez_elementos_de_fisiologia_vegetal_Capitulo%20IV.pdf); consulta: junio, 2016,

GUERRERO, J. (2000). Determinación del consumo de agua aprovechable en los cultivos de tomate (*lycopersicum esculentum*), melón (*cucumis melo l*) y frijol (*phaseolus vulgaris*), bajo el sistema de riego por exudación, en remolino, Nariño. Revista Ciencias Agrícolas. 1 (2): 198-199.

GUZMÁN, M. (2004). Fertilización, Población, Agua, Suelo y Fertilizante, Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo. Almería, España 1 (2): 5-25.

HOLZMANN, R. (2015). Relación Suelo-Planta-Agua: comunicaciones del INTA Alto Valle. Rio Negro, Argentina 1 (2): 4-5

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (IMTA). (2010). En: [http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenido web/índice publicaciones-nayarit](http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenido_web/índice_publicaciones-nayarit); consulta: septiembre, 2016.

SUNIAGA, J. (2008). Fertilización, mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo de cultivo del pepino (*Cucumis sativus L.*) en condiciones de bosque seco premontano. *Rev. Agricultura Andina*. 1 (2): 2-5

LEGARDA, L Y GARCIA, B. (2002). Manual de riego agrícola. Pasto: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 183 p.

MORAN, K. (2004). Micronutrient product types and their development. Proceedings No. 545. International Fertiliser Society, York, UK.

SILVA, P. (2000). Manual de estudios y ejercicios: laboratorio Relación Suelo Agua Planta. Santiago de Chile: 1 (3): 75-77.

PEÑA, C.; AÑEZ, B.; y DÁVILA, M. (2004). Evaluación de la respuesta de la berenjena (*Solanum melongera L.*) a la fertilización con N, P, K. *Rev. Agricultura Andina*. 9 (1): 93-100.

QUISBERT, V. (2005). Evaluación del comportamiento agronómico de seis variedades de maní (*Arachis hypogaea L.*) en la comunidad de San Félix del municipio de Coroico (Nor Yungas-La Paz). Tesis para optar al título de Ing. Agronómica. La Paz- Bolivia: Universidad Católica Boliviana.

RODAS. (2010). Repositorio de Objetos de Aprendizaje de la Universidad de Sevilla. En: <https://rodas5.us.es/access/home.do>; consulta: junio, 2016.

SÁNCHEZ, V. (octubre de 2003). Biblioteca Inifap. En: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/298/121.pdf?sequence=1>; consulta: abril, 2016.

UNAD. (2010). Universidad Abierta y a Distancia. En: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/302570/302025-/lesson\\_6.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/302570/302025-/lesson_6.html), consulta: agosto, 2016.

UNIGARRO, A. (2005). Métodos químicos para el análisis de suelos. Pasto, Nariño 1 (2): 50-60

UNIVERSIDAD ESTATAL DE OREGON. (2003). Library Oregon State. En: [//ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/37462/em8782-S.pdf](http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/37462/em8782-S.pdf); consulta: mayo, 2016.