

# AGRICULTURA Sostenible del Ecuador

ISBN: 978-9942-759-53-5





# Agricultura sostenible del Ecuador



## COMPILADORES

Phd. Ángel Marcelo Calvache Ulloa  
Máster Juan José Filgueira

La presente obra fue evaluada por pares académicos experimentados en el área.

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito al Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE) y de la Universidad Católica de Cuenca.

ISBN: 978-9942-759-53-5

Edición con fines académicos no lucrativos.

Impreso y hecho en Ecuador.

Diseño y Tipografía: Lic. Pedro Naranjo Bajaña.

Fecha de publicación: 7 de noviembre de 2017.



Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador.

Cdla. Martina Mz. 1 V. 4 - Guayaquil, Ecuador.

Tel.: 00593 4 2037524

[http. :/www.cidecuador.com](http://www.cidecuador.com)

### **Comité editorial**

Phd. Guillermo Arrazola Paternina.

Dr. Juan Carlos Barrientos Fuentes.

Msc. Juan José Figueira Duarte.

Phd. Guillermo A. León M.

PhD. Marcelo Calvache Ulloa.

## **Autores**

Alberto Gutiérrez A.  
Ana Belén Quinchiguango  
Ángel Augusto Conlago  
Carlos Abdón Cazco Logroño  
Carlos Abdón Cazco Logroño  
Félix Daniel Ibadango Ruíz  
Hermes Bayardo Conlago Farinango  
Jorge Dobronski A.  
Karla Jaramillo J.  
Luciano Valle V.  
Luis Lanchimba S.  
Marcelo Calvache U.  
Marcelo Calvache Ulloa  
Mario José Añazco Romero  
Valdano Tafúr R.

## Índice

<b>Eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (<i>fragaria vesca</i> l.), en la granja experimental Yuyucocha, Imbabura.....</b>	<b>7</b>
Msc. Ing. Carlos Abdón Cazco Logroño Ing. Félix Daniel Ibadango Ruíz Ing. Ana Belén Quinchiguango	
<b>Evaluación en invernadero el comportamiento agronómico de cuatro variedades de tomate riñón (<i>solanum lycopersicum</i> l.) en el sistema hidropónico y convencional en la granja Yuyucocha, Ibarra.....</b>	<b>22</b>
Msc. Ing. Carlos Abdón Cazco Logroño Ing. Ángel Augusto Conlago Ing. Hermes Bayardo Conlago Farinango	
<b>Fenología y desarrollo radicular de <i>Helianthus annuus</i> L. cultivar ‘Sunbright’, en el valle interandino del Ecuador.....</b>	<b>38</b>
Luciano Valle V., Mg. Ing. Agr. Alberto Gutiérrez A., Mg. Ing. Agr. Jorge Dobronski A., Mg. Ing. Agr.	
<b>Hacia la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el Ecuador continental...un aporte del árbol a la diversificación agrícola y ganadera.....</b>	<b>49</b>
Mario José Añazco Romero	
<b>Evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de Arrayán (<i>Myrcianthes Hallii</i>) (o. Berg) Mc Vaugh. Quito, Pichincha.....</b>	<b>72</b>
Karla Jaramillo J. Marcelo Calvache Ulloa Valdano Tafúr R	
<b>Respuesta de seis cultivares de rosa (<i>Rosa sp.</i>) a tres relaciones catiónicas del suelo. Cayambe, Pichincha.....</b>	<b>90</b>
Marcelo Calvache U. Luis Lanchimba S.	

## Prólogo

Alimentarse es prioridad fundamental para la familia, alimentarse bien es esencial para toda la sociedad, aún más cuando el hombre y la mujer son sujetos fundamentales para este desarrollo, por ello es necesario promover la fortificación de una agricultura eficiente a nivel biológico y productivo, cuestión que hace ineludible brindar espacios de encuentro para socializar, debatir y reflexionar acerca de conocimientos, tecnologías e innovaciones de las ciencias del agro. El Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador, y el Centro de Estudios Transdisciplinarios (CET) Bolivia, convocó a todos los profesionales y estudiantes de agronomía y carreras afines a nivel nacional e internacional a participar en el IX Congreso Latinoamericano de Agronomía, que se realizó del 22 al 24 de noviembre de 2017, en Baños de Agua Santa, Tungurahua, Ecuador.

Durante el Congreso se mostraron una diversidad de trabajos, presentados en diferentes modalidades (poster, ponencias y conferencias), todos concernientes al aprovechamiento y optimización de los recursos, con miras a incrementar la rentabilidad y producción de los sistemas frutícolas, hortícolas, tradicionales (cacao y café), forrajeros (pastos) y forestales. En el magno evento hicieron presencia prestigiosas universidades e institutos de investigación de América Latina, principalmente de Ecuador, Colombia, Costa Rica, Bolivia y Perú.

El Congreso logro alcanzar los objetivos planteados, al promover procesos de discusión que permitieron transformaciones en las actitudes y aptitudes de los participantes, sobre temas como: 1. La producción de alimentos, 2. Agroindustria y postcosecha, 3. Cambio climático y agricultura precisión, orgánica y agroecológica. 4. Mercado laboral agrícola y educación agraria, entre otros. Estos como estrategias para fortalecer profesionalmente los diferentes países y así mitigar el hambre y la pobreza de muchas familias latinoamericanas.

El Comité Organizador incita a la comunidad gestora del conocimiento, usuarios de la ciencia, innovadores y productores agrícolas, a elevar sus capacidades de investigación científica, tecnológica y humanística, destinadas a generar conocimientos, teorías, estrategias, planes y proyectos que contribuyan a confrontar y dar solidez a los procesos de desarrollo humano y por ende alcanzar el progreso de toda América Latina.

# **Eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*fragaria vesca l.*), en la granja experimental Yuyucocha, Imbabura**

**Msc. Ing. Carlos Abdón Cazco Logroño**

Colegio de Ingenieros Agrónomos de Imbabura  
carloscazcol@yahoo.com

**Ing. Félix Daniel Ibadango Ruíz**

Colegio de Ingenieros Agrónomos de Imbabura  
daniel\_ibafel@hotmail.com

**Ing. Ana Belén Quinchiguango**

Colegio de Ingenieros Agrónomos de Imbabura  
qb.annya-88@yahoo.es

## **Resumen**

El presente estudio se realizó en la granja experimental Yuyucocha, Caranqui, Ibarra, Imbabura, con la finalidad de determinar la eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca L.*). La investigación estuvo conformada por seis tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental tuvo un área de 3,06 m<sup>2</sup> en el sistema hidropónico vertical, y en suelo de 2,40 m<sup>2</sup>. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de prendimiento; porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha; porcentaje de frutos/parcela neta; rendimiento/parcela neta; clasificación de frutos, grados brix (°Bx) y análisis económico. Los datos se analizaron con diseño de parcelas divididas, donde la parcela grande fue los sistemas de siembra y la parcela pequeña las variedades. Esta investigación brindó información de carácter científico en el campo agrícola, siendo un aporte que beneficiará a los agricultores como una nueva alternativa del sistema hidropónico vertical para la producción de fresa, ya que el análisis económico determinó al sistema hidropónico vertical y la variedad Monterrey como el mejor ya que alcanzó una tasa de retorno marginal de 9132%, seguido por el sistema hidropónico vertical y la variedad Albión con 8611% de tasa de retorno marginal.

**Descriptoros claves:** Sistema hidropónico vertical, Sustrato, Convencional, Variedad, Grados brix.

## **Introducción**

Ecuador ocupa el puesto número 12 como proveedor mundial de frutas; y, es el segundo, en Sudamérica. El principal abastecedor internacional de frutas es Estados Unidos y el primero en Sudamérica es Chile, país que está en el tercer lugar a nivel mundial (Macas, 2014). La fresa (*Fragaria sp.*) es uno de los frutos apetecidos por sus características y cualidades. El Ecuador ocupa el puesto 72 en el ranking de los mayores exportadores de fruta en el mundo (Macas, 2014). Según el Centro de Comercio Internacional en el país existen 1 200 ha en producción de fresa (El Comercio, 2012). No obstante, el uso excesivo de pesticidas y malas prácticas agrícolas de agricultores y técnicos, ha producido un grave daño en el ambiente debido a la contaminación del agua y del suelo, residuos de pesticidas en los productos cosechados, pérdida de la biodiversidad, erosión severa del suelo y costos de producción más elevados (Anguiano, y otros, 2011). Sin duda, la agricultura es una de las potencialidades más grandes que posee el país; sin embargo, las exigencias de los mercados nacionales e internacionales han hecho sentir a los agricultores y profesionales del sector agropecuario, la necesidad de un



cambio en el manejo de los cultivos. Este cambio implica una reducción paulatina del uso de agroquímicos, el impulso hacia la agricultura Sustentable y la incursión en la producción de nuevos sistemas de cultivo (FAO, 2003). Por tal motivo los objetivos específicos que persiguieron esta investigación fueron: evaluar la eficiencia del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (*Fragaria vesca* L.); determinar el mejor sistema y variedad para la producción de fresa (*Fragaria vesca* L.) y realizar el análisis económico de presupuesto parcial, mencionando que el sistema hidropónico vertical y el cultivo en suelo, en la producción de fresas, difieren en eficiencia y rentabilidad, como hipótesis alternativa.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

La presente investigación se realizó en la Granja “Experimental Yuyucocha”, ubicada en la provincia Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Caranqui, con una altitud de 2243 msnm, 00°21’53” de latitud Norte y 78°06’32” de longitud Oeste, con una temperatura promedio de 17,50°C, 746.37 mm de precipitación y 70% de humedad relativa.

### **Factores en estudio**

- Variedades de fresa: V1= Albión  
                                  V2= Monterrey  
                                  V3= San Andreas
- Sistema de cultivo: H1= Hidropónico vertical  
                                  S2= Suelo

### **Tratamientos**

- T1: Sistema hidropónico, Variedad Albión
- T2: Sistema hidropónico, Variedad Monterrey
- T3: Sistema hidropónico, Variedad San Andreas
- T4: Sistema suelo, Variedad Albión
- T5: Sistema suelo, Variedad Monterrey
- T6: Sistema suelo, Variedad San Andreas

### **Diseño Experimental:**

Se utilizó un Diseño de Parcelas Divididas (DPD), donde la parcela grande fue los sistemas de siembra (Factor A) y la parcela pequeña las variedades (Factor B).

### **Variables**

- Porcentaje de prendimiento
- Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha
- Número de frutos/parcela neta
- Rendimiento/parcela neta
- Clasificación de frutos
- Grados Brix
- Análisis económico de los tratamientos

### **Manejo específico del experimento**

En la investigación se evaluó el sistema hidropónico vertical y suelo, con seis tratamientos y tres repeticiones, 18 unidades experimentales.

<b>Hidroponía Vertical</b>	<b>Suelo</b>
Forma: Rectangular	Rectangular
Largo: 1,75 m	3,00 m
Ancho: 1,75 m	0,80 m
Área total: 3,06 m <sup>2</sup>	2,40 m <sup>2</sup>
Área neta: 0,45 m <sup>2</sup>	1,60 m <sup>2</sup>
Separación parcelas: 0,40 m	0,50 m
Separación repeticiones: 0,40 m	0,50 m
Área total ensayo: 27,54 m <sup>2</sup>	21,60 m <sup>2</sup>
Área experimental del ensayo:	49,14 m <sup>2</sup>

Cabe mencionar que, los datos de las variables se tomaron de la parcela neta.

**Sistema hidropónico vertical: Construcción de la estructura.** La estructura hidropónica se construyó con postes de madera en una superficie de 9,18 m<sup>2</sup>. Los postes tuvieron una longitud de 2,50 m, de los cuales los 0,50 cm se introdujeron en el suelo. En las vigas de madera horizontales se suspendieron los chimbuzos hidropónicos.

**Sustratos: preparación y desinfección.** Los sustratos pomina y cascarilla de arroz fueron lavados con abundante agua limpia, para eliminar contaminantes. Para precautelar la sanidad de las plantas se desinfectó con solución de Vitavax (Carboxim + Thiram) al 1%.

**Contenedores hidropónicos verticales.** Se utilizó mangas verticales hidropónicas de polietileno de 120 cm de largo y su diámetro de 60 cm.

**Ubicación de los contenedores en la estructura hidropónica.** Los contenedores hidropónicos constituidos de 50% de cascarilla de arroz y 50% de pomina en mezcla, se colocaron en las vigas horizontales a un distanciamiento de 63 cm en cuadro, tomando en cuenta la distribución al azar y el diseño experimental a utilizar en la investigación.

**Sistema en suelo: preparación de platabandas.** Se construyeron las platabandas de 80 cm de ancho, 3 m de largo, y 25 cm de alto, los mismos que fueron construidos en forma manual con azadón.

**Fertilización de platabandas.** Con base en los resultados del análisis de suelo, se procedió a realizar las enmiendas de macro y micro elementos faltantes con fertilizantes de acuerdo a los resultados del análisis y el requerimiento del cultivo se aplicó; 50 g/platabanda de urea (46-0-0), 40 g/platabanda de fosfato diamónico (18-46-0) y 40 g/platabanda de muriato de potasio (0-0-60). Como fuente de materia orgánica se utilizó humus de lombriz a razón de 13 kg/platabanda. Cada platabanda tuvo una superficie de 2,40 m<sup>2</sup>, en base a la recomendación.

**Desinfección del suelo.** - El suelo de las parcelas experimentales se desinfectó con una solución de Vitavax (Carboxim + Thiram) al 1%, utilizando una bomba de mochila manual.

**Acolchado.** Sobre las platabandas se colocaron en forma adecuada un plástico de polietileno de color negro para formar el acolchado de las mismas.

**Hoyado.** En el plástico se realizaron hoyos de 5 cm de diámetro, en suelo a 40 x 40 cm (densidad del agricultor) y en los contenedores hidropónicos a 20 x 20 cm, en una distribución de tres bolillos, respectivamente.

**Construcción de la estructura para el riego por goteo.** En un trípode de madera de 3 m de altitud, se colocó un tanque plástico de 1000 litros de capacidad (1 m<sup>3</sup>). En la base se instaló una manguera de salida de agua, un filtro y una llave de paso, para proveer de agua a las plantas de los contenedores hidropónicos y las platabandas en suelo.

**Pruebas de humedecimiento.** Antes de iniciar la investigación, se procedió a realizar las pruebas de humedecimiento en los contenedores hidropónicos y en las platabandas del suelo. Se tomó en cuenta el tiempo de riego y el volumen de agua consumida, durante tres días. Los resultados de las pruebas fueron que en cada contenedor hidropónico, así como en cada platabanda de suelo se debió regar con 2 litros de solución nutritiva durante 4 minutos.

**Siembra.** Se utilizaron las variedades: Albión, Monterrey y San Andreas. Las plántulas se adquirieron en la empresa Agro21, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Yaruquí.

**Desinfección de plántulas y trasplante de plantas.** La desinfección de plántulas se realizó con una solución de vitavax (Carboxim + Thiram) al 1%, sumergiendo la parte radical de la planta en la solución para luego realizar el trasplante de forma manual en suelo. En el caso de las platabandas y en los hoyos de los contenedores hidropónicos.

**Fertilización.** La fertilización, tanto para el sistema hidropónico vertical y suelo fueron los mismos. En el desarrollo de la investigación se utilizó el agua proveniente del canal de riego que ingresa al reservorio de la granja experimental Yuyucocha y recogida en un tanque plástico de 1,0 m<sup>3</sup> de capacidad. En él se preparaba la solución nutritiva con las sales fuentes Hakapos (13-40-13) y Blaunkorm Azul (12-12-17(+2), para ser utilizado como ferti-irrigación. Al follaje se aplicaron los fertilizantes foliares señalados en la tabla 4. Antes de la preparación de la solución nutritiva el agua fue desclorizada durante 20 horas, aproximadamente.

**Preparación de la solución nutritiva.** La preparación de la solución nutritiva se realizó en un recipiente de 20 litros de capacidad, donde se mezclaron las sales fuentes indicadas anteriormente, hasta alcanzar su disolución completa. Luego se colocó en el tanque de distribución con 500 litros de agua, para proceder a los riegos en la mañana (08:00 am) y en la tarde (17:00 pm) aproximadamente, tanto al sistema hidropónico vertical como en suelo.

**Control de plagas y enfermedades.** En el crecimiento y desarrollo del cultivo se observó la presencia de mosca blanca (*Bremisia tabaci*), trips (*Frankliniella occidentalis*) como insectos plaga; así como la botritis (*Botrytis cinerea*), enfermedad que infectó al follaje y al fruto. Para el control de los insectos se aplicaron los insecticidas Cigaral (Imidacloprid) y Olate (Acefato) en forma alternada y para la enfermedad fúngica Korso (Carbendazim) en diferentes etapas fisiológicas del cultivo. La aplicación se realizó utilizando una bomba de fumigar manual en el sistema hidropónico vertical y suelo.

**Cosecha.** La cosecha se realizó de forma manual, cuando los frutos alcanzaron el estado de madurez fisiológica (3/4 pintón), es decir, tres partes con la coloración rojiza y una parte con la coloración crema. Esta labor se ejecutó semanalmente hasta finalizar la cosecha, durante cinco ciclos, para garantizar los datos de rendimiento.

**Clasificación.** Luego de la cosecha los frutos fueron seleccionados de acuerdo a las variedades en estudio: Albión, Monterrey y San Andreas, en frutos de primera, segunda, tercera y cuarta categorías, según la escala consultada. Los frutos fueron almacenados en un lugar adecuado con temperaturas entre los 13 y 14°C para su conservación.

**Comercialización.** De acuerdo a la información del mercado, el rango de fluctuación de precios fue de 0,80 a 1,50 USD/libra de fresa, en tarrinas plásticas o en cajas de cartón. Para el análisis económico se utilizó el precio de 0,80 USD/libra en tarrina plástica.

### Resultados y discusión

**Porcentaje de prendimiento.** El sistema hidropónico vertical presentó mayor porcentaje de prendimiento de plantas (97,23%) con relación al sistema suelo (94,44%), debido a que en hidroponía se utilizó sustratos limpios e inertes que promovieron un rápido desarrollo de las raíces del cultivo. En el caso de las variedades, se observó que la variedad San Andreas tuvo mejor prendimiento (H-100% y S-97,23%) que las variedades Albión (H-97,23% y S-94,43%) y Monterrey (H-94,47% y S-91,67%), tanto en el sistema hidropónico como en el suelo.

**Tabla 1.**

ADEVA porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2017

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de F		F $\alpha_{0,05}$	F $\alpha_{0,01}$
Total	590,56	17					
Repeticiones	92,96	2	46,48	1,34	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	35	1	35	0,75	ns	18,51	98,49
Error a	92,96	2	46,48				
Factor B: Variedades	92,41	2	46,2	1,33	ns	5,14	10,92
A x B	0,0011	2	0,00056	0,000016	ns	5,14	10,92
Error b	277,22	8	34,65				
<b>CV= 6,14</b>							

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha.** El sistema hidropónico vertical presentó un mayor porcentaje de plantas a la cosecha (96,30%) en relación al sistema en suelo (93,52%), datos que concuerdan con el porcentaje de prendimiento de plantas. El comportamiento de las variedades Albión y Monterrey fue mejor en el sistema hidropónico vertical que en suelo, a excepción de San Andreas, observación que influyó en el rendimiento de frutos.

**Tabla 2.**  
ADEVA porcentaje de plantas a la cosecha. Ibarra, 2017

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>		<b>F<math>\alpha_{0,05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0,01}</math></b>
Total	714,98	17					
Repeticiones	162,96	2	81,48	2,64	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	34,72	1	34,72	0,43	ns	18,51	98,49
Error a	54,14	2	27,07				
Factor B: Variedades	53,58	2	26,79	0,87	ns	5,14	10,92
A x B	162,41	2	81,2	2,63	ns	5,14	10,92
Error b	247,16	8	30,9				
<b>CV = 4,52</b>							

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Número de frutos/planta.** El sistema hidropónico vertical alcanzó 170 frutos y 141 en suelo, con un 17% de diferencia. En el caso de las variedades: Albión produjo 182 frutos, luego Monterrey con 188 y San Andreas con 139 frutos en el sistema hidropónico, mientras que, en suelo, Albión alcanzó 153 frutos, Monterrey 139 frutos y al final San Andreas con 131 frutos respectivamente.

**Tabla 3.**  
ADEVA Número de frutos/planta. Ibarra, 2017

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>		<b>F<math>\alpha_{0,05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0,01}</math></b>
Total	34516,00	17					
Repeticiones	3684,78	2	1842,39	0,71	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	3640,89	1	3640,89	1,98	*	18,51	98,49
Error a	1322,33	2	661,17				
Factor B: Variedades	3834,33	2	1917,17	0,74	ns	5,14	10,92
A x B	1200,11	2	600,06	0,23	ns	5,14	10,92
Error b	20833,56	8	2604,19				
<b>CV= 32,85</b>							

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Rendimiento/planta.** Con el sistema hidropónico se consiguieron mejores rendimientos (12,57 frutos) antes que en suelo (9,79 frutos), por lo que las variedades presentaron diferencias matemáticas: Albión con 11,77 frutos, Monterrey con 11,18 frutos y San Andreas con 10,58 frutos.

**Tabla 4.**  
ADEVA Rendimiento de frutos/planta. Ibarra, 2017

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>F<math>\alpha_{0,05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0,01}</math></b>
Total	47,59	17				
Repeticiones	2,27	2	1,13	2,07	ns	19,00
Factor A: Sistemas	34,75	1	34,75	30,65	*	18,51
Error a	0,98	2	0,49			
Factor B: Variedades	4,25	2	2,12	3,88	ns	5,14
A x B	0,96	2	0,48	0,87	ns	5,14
Error b	4,38	8	0,55			
<b>CV = 6,62</b>						

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Tabla 5.**  
Prueba de Tukey 5% para peso de frutos en los sistemas de siembra. Ibarra, 2017

**Tabla 6.**  
Prueba Tukey al 5% para Rendimiento en las interacciones Sistemas de siembra y Variedades. Ibarra, 2017

<b>Sistemas</b>	<b>Peso promedio de frutos (g)</b>	<b>Rangos</b>
H1	12,57	A
S2	9,79	B

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

<b>Sistemas</b>	<b>Variedades</b>	<b>Peso promedio de frutos (g)</b>	<b>Rango</b>
H1	V1	12,85	A
H1	V2	12,64	A
H1	V3	12,21	A
S2	V1	10,70	A B
S2	V2	9,72	B
S2	V3	8,96	B

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Clasificación de frutos.** El sistema hidropónico vertical alcanzó el mayor porcentaje de frutos extra-grandes: variedad Monterrey con 40,67%; a continuación suelo y variedad San Andreas con 32,65% de frutos grandes y 9,18% de frutos pequeños; luego, suelo y variedad Monterrey con 48,33% de frutos medianos y al final,

Sistema hidropónico y variedad Albión con 0,73% de frutos para la agroindustria, en comparación al resto de tratamientos en estudio y a las categorías de clasificación.

**Tabla 7.**

ADEVA para la Clasificación de frutos. Ibarra, 2017

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>		<b>F<math>\alpha</math>,05</b>	<b>F<math>\alpha</math>,01</b>
Total	0,46	17					
Repeticiones	0,01	2	0,0036	0,67	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	0,33	1	0,33	92,51	*	18,51	98,49
Error a	0,0045	2	0,0023				
Factor B: Variedades	0,03	2	0,02	2,88	ns	5,14	10,92
A x B	0,04	2	0,02	3,99	ns	5,14	10,92
Error b	0,04	8	0,01				

**CV= 2,63**

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Tabla 8.**

Prueba Tukey al 5% para clasificación de frutos en sistemas de siembra. Ibarra, 2017

<b>Sistemas</b>	<b>Promedio de diámetro (cm)</b>	<b>Rango</b>
H1	2,93	A
S2	2,66	B

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Tabla 9.**

Prueba Tukey al 5% para clasificación de frutos en la interacción sistemas de siembra y variedades. Ibarra, 2017

<b>Sistemas</b>	<b>Variedades</b>	<b>Promedio de diámetro (cm)</b>	<b>Rangos</b>		
H1	V2	2,94	A		
H1	V3	2,93	A		
H1	V1	2,91	A		
S2	V1	2,77	A	B	
S2	V2	2,65		B	C
S2	V3	2,55			C

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Grados Brix.** Con el sistema suelo se alcanzó 7,06 grados brix (**°Bx**) y el sistema hidropónico 6,59 grados brix (**°Bx**). La variedad Monterrey, San Andreas y Albión, tuvieron 6,99 °Bx, 6,82 °Bx y 6,67°Bx, respectivamente.

**Tabla 10.**

ADEVA grados brix (**°Bx**). Ibarra, 2017

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>		<b>F<math>\alpha_{0,05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0,01}</math></b>
Total	2,46	17					
Repeticiones	0,02	2	0,01	0,59	ns	19,00	99,00
Factor A: Sistemas	2,3	1	0,33	20,4	*	18,51	98,49
Error a	0,96	2	0,96				
Factor B: Variedades	0,31	2	0,15	9,57	*	5,14	10,92
A x B	1,01	2	0,51	31,5	**	5,14	10,92
Error b	0,16	8	0,02				
<b>CV= 1,86</b>							

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Tabla 11.**

Prueba Tukey al 5% para grados brix en sistemas de siembra. Ibarra, 2017

<b>Sistemas</b>	<b>Promedio de Grados Brix (<b>°Bx</b>)</b>	<b>Rango</b>
S2	7,06	A
H1	6,59	B

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Tabla 12.**

Prueba Tukey al 5% para grados brix (**°Bx**) en variedades. Ibarra, 2017

<b>Variedades</b>	<b>Promedio de Grados Brix (<b>°Bx</b>)</b>	<b>Rango</b>
V2	6,99	A
V3	6,82	A B
V1	6,67	B

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz



**Tabla 13.**

Prueba Tukey al 5% para grados brix (°Bx) en la interacción sistemas de siembra y variedades. Ibarra, 2017

<b>Sistemas</b>	<b>Variedades</b>	<b>Promedio de Grados Brix (°brix)</b>	<b>Rangos</b>
S2	V2	7,52	A
S2	V1	6,88	B
H1	V3	6,87	B
S2	V3	6,77	B C
H1	V2	6,46	C
H1	V1	6,45	C

**Elaborado por:** Félix Ibadango Ruiz

**Análisis económico.** El análisis de la curva de beneficios netos demostró que los tratamientos: Sistema hidropónico vertical y Variedad Monterrey con 9132% y Sistema hidropónico vertical y Variedad Albión con 8611% de Tasa de Retorno Marginal resultaron económicamente recomendables.

**Tabla 14.**

Presupuesto parcial en el estudio del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa.

	<b>T1 (H1V1)</b>	<b>T2 (H1V2)</b>	<b>T3 (H1V3)</b>	<b>T4 (S2V1)</b>	<b>T5 (S2V2)</b>	<b>T6 (S2V3)</b>
<b>RENDIMIENTO MEDIO (Kg/ha)</b>	13212	12592	10821	10660	8854	9073
<b>RENDIMIENTO AJUSTADO 2% (Kg/ha)</b>	12948	12340	10605	10447	8677	8892
<b>BENEFICIOS BRUTOS DE CAMPO (USD/ha)</b>	10358	9872	8484	8357	6942	7113
SISTEMA DE RIEGO (USD/ha)	550,48	550,48	550,48	825,68	825,68	825,68
PLASTICO DE POLITILENO NEGRO (USD/ha)	117,28	117,28	117,28	234,64	234,64	234,64
ESTRUCTURA HIDROPONICA (USD/ha)	86,24	86,24	86,24	0	0	0
SUSTRATOS (USD/ha)	1940	1940	1940	0	0	0
ACOLCHADO (USD/ha)	0	0	0	1783,5	1783,5	1783,5
TRANSPORTE (USD/ha)	118,91	113,33	98,29	96	79,69	81,66
<b>TOTAL COSTOS QUE VARIAN (USD/ha)</b>	<b>2812,91</b>	<b>2807,33</b>	<b>2792,29</b>	<b>2939,82</b>	<b>2923,51</b>	<b>2925,48</b>
<b>BENEFICIOS NETOS (USD/ha)</b>	<b>7545</b>	<b>7065</b>	<b>5691</b>	<b>5418</b>	<b>4018</b>	<b>4188</b>

**Tabla 15.**

Análisis de dominancia económica de los tratamientos evaluados. Ibarra, 2017

Tratamiento		Rendimiento	Rendimiento	Beneficios	Total costos	Beneficios	DOMIN/
Cód	Descripción	Medio (kg/ha)	ajustado 2% (kg/ha)	Brutos (USD/ha)	que varían (USD/ha)	netos (USD/ha)	
T3	H1V3	10821	10605	8484	2792	5691	
T2	H1V2	12592	12340	9872	2807	7065	
T1	H1V1	13212	12948	10358	2813	7545	
T5	S2V2	8854	8677	6942	2924	4018	<b>D</b>
T6	S2V3	9073	8892	7113	2925	4188	<b>D</b>
T4	S2V1	10660	10447	8357	2940	5418	<b>D</b>

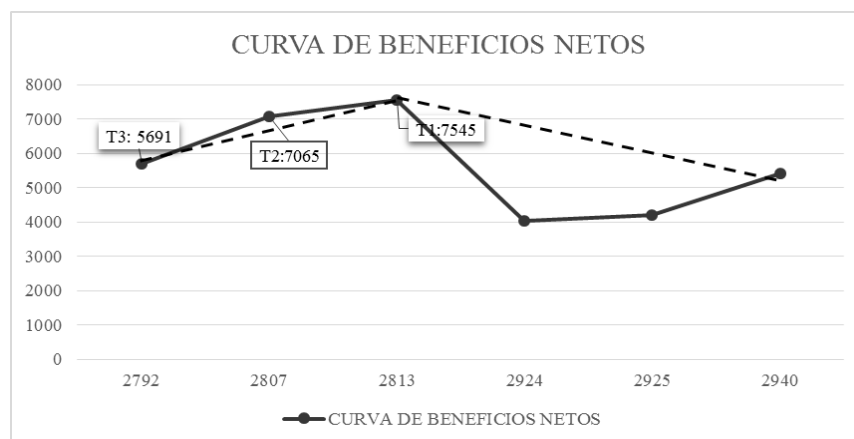
Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz

**Tabla 16.**

Tasa de retorno marginal (TRM). Ibarra, 2017

TRATAMIENTOS		Total	Costos	Beneficios	Beneficios	Tasa
Cód.	Descripción	costos que varían (USD/ha)	marginales (USD/ha)	netos (USD/ha)	marginales (USD/ha)	de retorno marginal (%)
T3	H1V3	2792		5691		
			15		1373	9132
T2	H1V2	2807		7065		
			5.58		481	8611
T1	H1V1	2813		7545		

Elaborado por: Félix Ibadango Ruiz



**Figura 1.**

Curva de beneficios netos de los tratamientos no dominados. Ibarra, 2017



**Figura 2.**

### **Conclusiones**

- El sistema hidropónico vertical presentó un mayor porcentaje de prendimiento de plantas, plantas a la cosecha y número de frutos con 97,23%, 96,30% y 170 frutos, en relación al sistema suelo con el 94,44%, 93,52% y 141 frutos, respectivamente.
- Con el sistema hidropónico vertical se obtuvo el mejor rendimiento de frutos que con el sistema en suelo sin embargo, se observaron diferencias entre variedades Albión, Monterrey y San Andreas con 11,77 g, 11,18 g y 10,58 g, respectivamente.
- En la clasificación de los frutos, el mejor calibre se alcanzó con la variedad Albión (2,84 cm), seguido por Monterrey (2,80 cm) y San Andreas (2,74 cm), bajo el sistema hidropónico vertical.
- El sistema de siembra en suelo obtuvo mejor dulzor del fruto (7,06°Bx) que el sistema hidropónico (6,59°Bx), identificando a la variedad Monterrey como la mejor (6,99 °Bx), seguido por San Andreas (6,82 °Bx) y Albión (6,67°Bx).
- El análisis económico determinó al Sistema hidropónico vertical y la Variedad Monterrey como el mejor ya que alcanzó una tasa de retorno marginal de 9132%, seguido por el Sistema hidropónico vertical y la Variedad Albión con 8611% de tasa de retorno marginal.

### **Recomendaciones**

- Realizar trabajos de investigación sobre dosis de macro y microelementos nutricionales de origen orgánico y químico, para mejorar los grados Brix en la fresa en el sistema hidropónico vertical.
- Estudiar otros tipos de sustratos de uso hidropónico con el cultivo de fresas.
- Realizar investigaciones sobre densidades de siembra de fresa en el sistema hidropónico vertical.

## Referencias

- Alpízar, L. (2004) *Hidroponía*. San José de Costa Rica, Costa Rica: Tecnológica de CR.
- Álvarez, M., & Ángel, M. (2011) *Operaciones culturales, riego y fertilización: horticultura y floricultura (UF0003)*. Madrid, España: IC Editorial.
- Anguiano, O. L., Souza, M. S., Ferrari, A., Soleño, J., Pechen de D'angelo, A. M., & Montagna, C. M. (4 de Junio de 2011) *Los plaguicidas y sus efectos sobre el medio ambiente*. Recuperado de La Reserva: [http://www.lareserva.com/home/plaguicidas\\_pesticidas\\_efectos\\_medio\\_ambiente](http://www.lareserva.com/home/plaguicidas_pesticidas_efectos_medio_ambiente)
- Cantillano, R. F., Ávila, J. M., Peralba, M., Pizzolato, T. M., & Toralles, R. P. (2012) Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas. *Revista Horticultura Brasileira*. 4,(30) pp. 620 - 626.
- Caso, C., Chang, M., & Rodríguez-Delfín, A. (2010) *Efecto del sustrato sobre la producción de fresa en sistema de columna*. Recuperado de Red Hidroponía, Boletín 46.: [http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/redhidro/Boletin46/46\\_Sistema\\_Columnas\\_Fresa.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/redhidro/Boletin46/46_Sistema_Columnas_Fresa.pdf)
- CIMMYT. (1998) *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México, México: CIMMYT.
- Correa, M. (2009) *¿Qué es la hidroponía?* Buenos Aires, Argentina: El Cid Editor / Apuntes. *EcuRed*. (12 de Septiembre de 2016). Recuperado de: [https://www.ecured.cu/Agricultura\\_convencional#cite\\_note-1](https://www.ecured.cu/Agricultura_convencional#cite_note-1)
- El Comercio. (10 de Septiembre de 2011) *La frutilla es un cultivo rentable* . Recuperado de <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutilla-cultivo-rentable.html>
- El Comercio. (5 de Enero de 2012) *Más frutilla se siembra en Tungurahua*. Recuperado de <http://www.cotopaxinoticias.com/seccion.aspx?sid=11&nid=10372>
- FAO. (19 - 21 de Mayo de 2003) *Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-at738s.pdf>
- FAO. (2006) *Código Internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a0220s.pdf>
- FAO. (2011) *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>
- Furlani, P. R., & Fernández Junior, F. (2007) *Hidroponía vertical para la producción de fresa*. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/facultad/ciencias/hidroponia/redhidro/boletin36/hidroponia-vertical.pdf>

- García, C., & Durga, G. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo*, pp.2 - 4.
- Gómez Sánchez, V. D., & Vallejo Tipán, C. M. (2015). *Niveles óptimos de calcio, fósforo, y su interacción en la producción y calidad del cultivo de frutilla (Fragaria vesca L.) Variedad Festival. Sangolquí.* (Tesis de grado). Universidad de las Fuerzas Armadas. Espe. .
- Juárez Resete, C. R., Rodríguez Mendoza, M. N., Sandoval Villa, M., & Muratalla Lúa, A. (Enero-Marzo de 2007). Redalyc Sistema de Información Científica. México: *TERRA Latinoamericana*, 25, 1, Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero. Comparison of Three Strawberry Production Systems in Greenhouse: [https://www.researchgate.net/profile/Cecilia\\_JuarezRosete/publication/269168670\\_Comparacion\\_de\\_tres\\_sistemas\\_de\\_produccion\\_de\\_fresa/links/5483c3b20cf2f5dd63a914b0.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Cecilia_JuarezRosete/publication/269168670_Comparacion_de_tres_sistemas_de_produccion_de_fresa/links/5483c3b20cf2f5dd63a914b0.pdf)
- Leyva Morales, J. B., García de la Parra, L. M., Bastidas Bastidas, P., Astorga Rodríguez, J. E., Bejarano Trujillo, J., Cruz Hernández, A., . . . Betancourt Lozano, M. (2014) Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de México. *Revista internacional de contaminación ambiental (Revista Scielo)*. Volumen 30, 3 - México, s.p.
- Macas, G. (28 de Abril de 2014). *Ecuador aumenta sus exportaciones de frutas al mundo.* Recuperado de El Agro: <http://www.revistaelagro.com/2014/04/28/ecuador-aumenta-sus-exportaciones-de-frutas-al-mundo/>
- MAG. (2007). *Ministerio de Agricultura y Ganadería.* Recuperado de Agrocadena de Fresa: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00070.pdf>
- Marulanda, C., & Izquierdo, J. (2003). *Manual técnico. La huerta hidropónica Popular. Curso audiovisual.* Italia: D-FAO.
- Masagro. (2015). *Plantas de Fresa - Variedades.* Recuperado de <http://www.masagro.com/variedades-plantas-de-fresa.html>
- Pastor Sáez, J. N. (Junio de 2000). *Utilización de sustratos en viveros. Use of Growing Mediums in the Nursery Production.* Lleida-España: Universidad de Lleida, Dept. de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería, Avda. Rovira Roure. Recuperado de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30161/Curso\\_AVA\\_20142\\_/Unidad\\_1/Referencias\\_bibliograficas\\_requeridas/Utilizacion\\_de\\_sustratos\\_en\\_viveros.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30161/Curso_AVA_20142_/Unidad_1/Referencias_bibliograficas_requeridas/Utilizacion_de_sustratos_en_viveros.pdf)
- Quishpe, J. P. (Junio de 2013). *Evaluación de la respuesta de la frutilla (Fragaria dioica) al sistema de cultivo semihidropónico en el Quinche, Pichincha.* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Rivadeneira, D. (27 de Julio de 2016). *“Evaluación de tres dosis de zeolita para optimizar el rendimiento del cultivo de Fresa (Fragaria × ananassa), en el cantón Tulcán provincia del Carchi”* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

Secretaría de Economía. (2002). Norma Oficial Mexicana NMX-ff-062-SCFI-2002. *Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresa (Fragaria xananassa, Dutch) – especificaciones y método de prueba (Cancela a la NMX-FF-062-1987)*, pp. 6-7.

SINAGAP. (8 de Noviembre de 2016). *Sistema de consulta personalizada de los precios de productos agropecuarios* . Recuperado de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/mercados-bodega-camales-y-ferias>

Tarapacá, U. d. (2006). *Compostaje Industrial. Facultad de Ciencias Agronómicas*. Chile: Arica.

Yaselga , R. S. (2015). *Rendimiento de tres variedades de fresa (Fragaria vesca L) bajo dos tipos de cobertura de suelos en sistemas de microtúneles en El Ángel, Carchi, Ecuador*. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo.

# Evaluación en invernadero el comportamiento agronómico de cuatro variedades de tomate riñón (*solanum lycopersicum* l.) en el sistema hidropónico y convencional en la granja Yuyucocha, Ibarra

**Msc. Ing. Carlos Abdón Cazco Logroño**  
Colegio de Ingenieros Agrónomos de Imbabura  
carlosczcol@yahoo.com

**Ing. Ángel Augusto Conlago**  
Colegio de Ingenieros Agrónomos de Imbabura  
c\_ang312@hotmail.com

**Ing. Hermes Bayardo Conlago Farinango**  
Colegio de Ingenieros Agrónomos de Imbabura  
hconlago@hotmail.com

## Resumen

La presente investigación se realizó en un invernadero de la granja experimental Yuyucocha, ubicada en el cantón Ibarra, Parroquia Caranqui, con el propósito de evaluar el comportamiento agronómico de cuatro variedades de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) en el sistema hidropónico, en tal sentido, los objetivos específicos planteados fueron: evaluar el rendimiento y comportamiento agronómico de las variedades; determinar la mejor variedad de tomate riñón desarrollada bajo invernadero y realizar un análisis económico de presupuesto parcial para determinar la mejor alternativa de producción del tomate riñón. La investigación estuvo conformada por ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental tuvo un área de 1,75 m<sup>2</sup> en el sistema hidropónico y suelo. Las variables evaluadas en las variedades Semiramis, Sheyla Victory, Tosmar 1062 y Sena fueron: altura de planta, días a la floración, días a la formación del futo, días al inicio de la cosecha, clasificación y número de frutos por categorías, número de frutos por planta, calibre de frutos, rendimiento y análisis económico, los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño de bloques en parcelas divididas (DPD), donde la parcela grande fue los sistemas de producción y la parcela pequeña las variedades. Esta experimentación brindó información de carácter científico en el campo agrícola, resultando un aporte que beneficiará a los agricultores como una nueva alternativa al sistema hidropónico para la producción de tomate de mesa, ya que el análisis económico determinó al sistema hidropónico y a la variedad Sena como el mejor, ya que alcanzó una tasa de retorno marginal mayor.

**Palabras claves:** Sistema hidropónico, Variedad, Agronómico, Ferti-irrigación, Invernadero.

## Introducción

El tomate riñón es una hortaliza ampliamente consumida a nivel mundial, por la disponibilidad de nutrientes que aporta en la dieta alimenticia diaria, por su alto nivel de producción, por la demanda internacional y local. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, (2011) en el país existían alrededor de 3 000 ha sembradas de tomate riñón, con una producción de 61 426 TM al año. Esto ha hecho que la producción del tomate de mesa se tecnifique, utilizando invernaderos para controlar las condiciones ambientales adversas para favorecer al desarrollo del cultivo de tomate y mejorar los sectores productores, así como la utilización de variedades más productivas y sugestivas. Las variedades no todas pueden ser sembradas en una región, por tal razón, es necesario que conozcan resultados de estudios de comportamientos

agronómicos de las variedades, esto permitirá definir el tipo de variedades que presenten mejores características, resultados de producción y rendimiento para cada zona del país (INIAP, 2009). El cultivo de tomate riñón por su naturaleza se puede cultivar en el sistema tradicional, así mismo en diferentes métodos avanzados como es el sistema hidropónico. En este último, se puede sembrar en distintos sustratos inertes y optimizar recursos tales como: el agua, espacios de siembra, los nutrientes empleados para el crecimiento y desarrollo del tomate solamente son administrados los requeridos por la planta (Salazar, 2015). El tomate riñón, sin restricciones se lo puede cultivar en una diversidad de lugares; sin embargo, al realizar siembras de las mismas variedades los agricultores tomateros no toman en cuenta que el potencial agronómico y rendimiento de los híbridos va descendiendo, lo que hace que estos materiales se degraden y pierdan las características agronómicas (Colón, 2009). De acuerdo con Salazar (2015) la producción tradicional de tomate riñón es ineficiente para el consumo nacional e internacional, dicha producción no es rentable para los agricultores, esto conlleva a pérdidas económicas y bajos rendimientos del cultivo. Por tal motivo los objetivos específicos que persiguieron esta investigación fueron: evaluar el rendimiento y comportamiento agronómico de las cuatro variedades de tomate riñón en el sistema hidropónico; determinar cuál es la mejor variedad de tomate riñón desarrolladas en el sistema hidropónico bajo invernadero y realizar un análisis económico de presupuesto parcial para determinar la mejor alternativa de producción del tomate riñón; mencionando que al menos una de las variedades de tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*) producidas en el sistema hidropónico o suelo tiene comportamiento agronómico y rendimiento diferente, como hipótesis alternativa.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

La presente investigación se realizó en la Granja “Experimental Yuyucocha”, ubicada en la provincia Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Caranqui, con una altitud de 2243 msnm, 00°21’53” de latitud Norte y 78°06’32” de longitud Oeste, con una temperatura promedio de 17,50°C, 746.37 mm de precipitación y 70% de humedad relativa.

### **Factores en estudio**

- Variedades de tomate riñón: V1= Semiramis  
V2= Sheyla Vistory  
V3= Tosma  
V4= Sena
- Sistema de cultivo: H1= Fundas hidropónicas  
S2= Suelo

### **Tratamientos**

- T1: Sistema hidropónico, Variedad Semiramis
- T2: Sistema hidropónico, Variedad Sheyla Victory
- T3: Sistema hidropónico, Variedad Tosmar
- T4: Sistema hidropónico, Variedad Sena
- T5: Sistema suelo, Variedad Semiramis
- T6: Sistema suelo, Variedad Sheyla Victory
- T7: Sistema suelo, Variedad Tosmar
- T8: Sistema suelo, Variedad Sena



### **Diseño Experimental:**

Se utilizó un Diseño de Parcelas Divididas (DPD), donde la parcela grande fue los sistemas de siembra (Factor A) y la parcela pequeña las variedades (Factor B).

### **Variables**

- Altura de planta
- Días a la floración
- Días a la formación de fruto
- Días al inicio de la cosecha
- Número de frutos por planta
- Clasificación y número de frutos por categorías
- Calibre de frutos
- Rendimiento
- Análisis económico de los tratamientos

### **Manejo específico del experimento**

En la investigación se evaluó el sistema hidropónico y suelo, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, 32 unidades experimentales.

<b>Hidroponía Vertical</b>	<b>Suelo</b>
Forma: Rectangular	Rectangular
Largo: 3,50 m	3,50 m
Ancho: 0,50 m	0,50 m
Área total: 1,75 m <sup>2</sup>	1,75 m <sup>2</sup>
Área neta: 1,25 m <sup>2</sup>	1,25 m <sup>2</sup>
Separación parcelas: 0,50 m	0,50 m
Separación repeticiones: 0,75 m	0,75 m
Área total ensayo: 131,75 m <sup>2</sup>	131,75 m <sup>2</sup>

Cabe mencionar que, los datos de las variables se tomaron de la parcela neta (5 plantas).

**Adecuación del sitio.** Se realizó la limpieza externa e interna del invernadero en forma manual, aplicando un herbicida para controlar malezas de hoja delgada y ancha. Para la instalación de los tratamientos se niveló el terreno.

**Preparación del sustrato hidropónico.** El sustrato fue una combinación entre pomina y cascarilla de arroz en una proporción de 50:50. Los sustratos fueron lavados con abundante agua para eliminar agentes contaminantes y precautelar la sanidad de las plantas, luego se desinfectaron con una solución de carboxín + captan (1 ml/litro de agua); en el suelo, se aplicó la solución con una bomba manual de mochila (100 ml de carboxín + captan en 100 litros de agua).

**Fundas hidropónicas.** Para el ensayo se utilizó fundas de polietileno de un diámetro de 50 cm de ancho y 60 cm de alto, mismas que se llenaron con el sustrato previamente preparado. Finalmente, estas fueron distribuidas a una distancia de 20 cm de separación y formar la unidad experimental con 7 plantas.

**Preparación de camas.** Se levantaron camas dentro del invernadero para poder comparar el comportamiento de las variedades en estudio con el sistema hidropónico. El área de la cama fue de 0,50 m de ancho por 3,50 m de largo.

**Construcción del sistema de riego.** Se implementó un sistema de riego por goteo, para lo cual se construyó una estructura de madera de 3 m de altura dentro del invernadero. Sobre esta estructura se ubicó un tanque de 1000 litros donde se preparó la solución nutritiva. En la salida del tanque se colocó un filtro al que se conectó una manguera primaria de tres cuartos para la conducción de agua. Para distribuir a las parcelas experimentales se realizaron conexiones secundarias con mangueras de 65 mm desde la manguera primaria y extendidas a lo largo de las unidades experimentales tanto en fundas hidropónicas como en el suelo.

**Adquisición de variedades.** En la empresa Plantines Alvert se obtuvieron plantines de las variedades Sena, Sheyla Victory, Tosmar (1062) y Semiramis, de 10 cm de altura y con buena formación de raíces, tallos y hojas verdaderas.

**Trasplante.** Antes del trasplante, las raíces de los plantines fueron desinfectados en una solución de carboxín + captan (1 ml/litro de agua) y luego, sembrados manualmente en las fundas hidropónicas y en el suelo.

**Preparación de soluciones nutritivas.** Previo a la preparación nutritiva, se realizaron pruebas de funcionamiento del sistema de riego e infiltración de agua en las fundas hidropónicas y suelo, para determinar el tiempo y frecuencia de riego. La frecuencia de riego fue de 10 minutos para los dos sistemas, por la mañana y a la tarde. La solución nutritiva se preparó de acuerdo con los requerimientos nutritivos del cultivo bajo el sistema hidropónico, con fertilizantes hidrosolubles de fácil asimilación para las raíces de las plantas (Heuvelink, 2005).

**Fertirrigación.** La solución nutritiva se preparó de acuerdo a las recomendaciones de Heuvelink (2005). La fertirrigación se realizó de acuerdo con la frecuencia establecida, es decir, 100 litros de solución durante 10 minutos en los dos sistemas de cultivo.

**Tutoreo.** Se colocó alambre a lo largo y ancho dentro del invernadero, tomando en consideración las hileras de los tratamientos ubicados dentro del invernadero. Para el tutoreo se utilizó cinta plástica de tutoraje de tomate riñón.

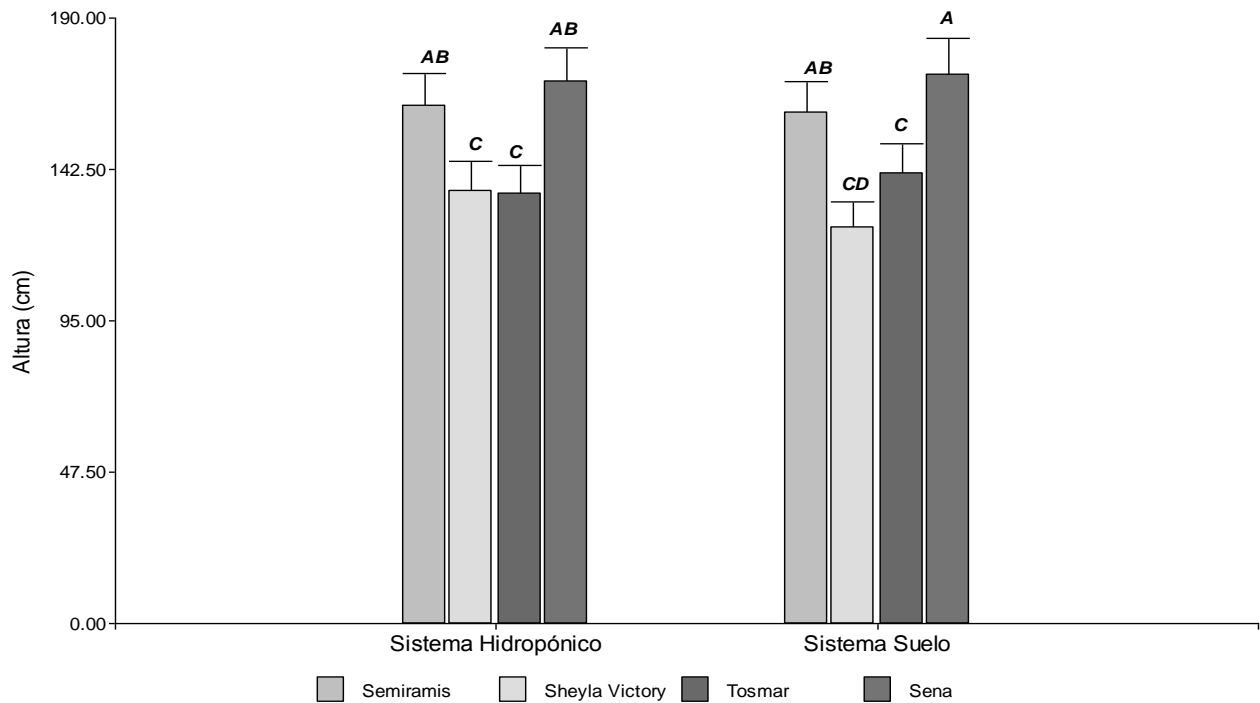
**Controles fitosanitarios.** Los controles fitosanitarios se realizaron de acuerdo a la presencia de síntomas expresados por las plagas y enfermedades, entre las cuales se monitorearon mosca blanca, ácaros, pulgones y oídium.

**Cosecha.** La recolección de los frutos se ejecutó en forma manual dos veces a la semana en las 5 plantas de la parcela neta cuando el fruto alcanzó la coloración tres cuartos pintón o madurez fisiológica.

**Clasificación.** Se utilizó una balanza graduada en gramos para clasificar los frutos en categorías de primera, segunda y tercera; al mismo tiempo se separaron los frutos dañados, enfermos o con defectos fisiológicos.

## Resultados y discusión

**Altura de planta:** Una vez realizado el análisis de varianza, los resultados muestran que no hay interacción entre días, sistema de producción y variedad para la variable altura de plantas. Sin embargo, existe una interacción entre sistemas de cultivo y variedad, así como entre días y variedad. En la interacción sistemas de producción y variedades, se observó que las variedades Sena y Semiramis comparadas con las otras variedades en cada uno de los sistemas presentan mayor altura.

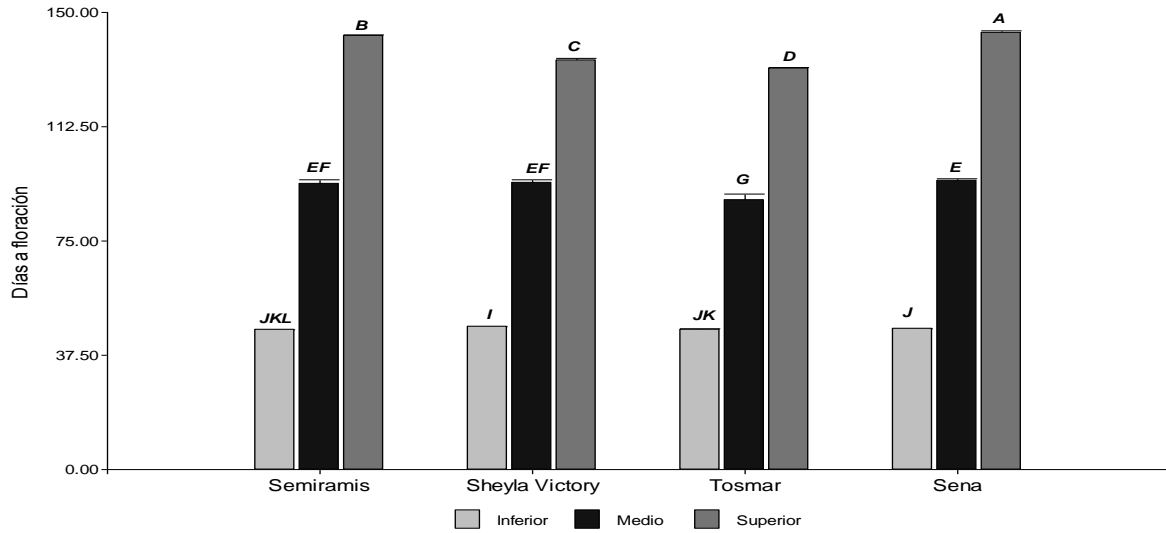


**Figura 1.**

Interacción entre sistema de producción y variedades de tomate riñón para altura de planta

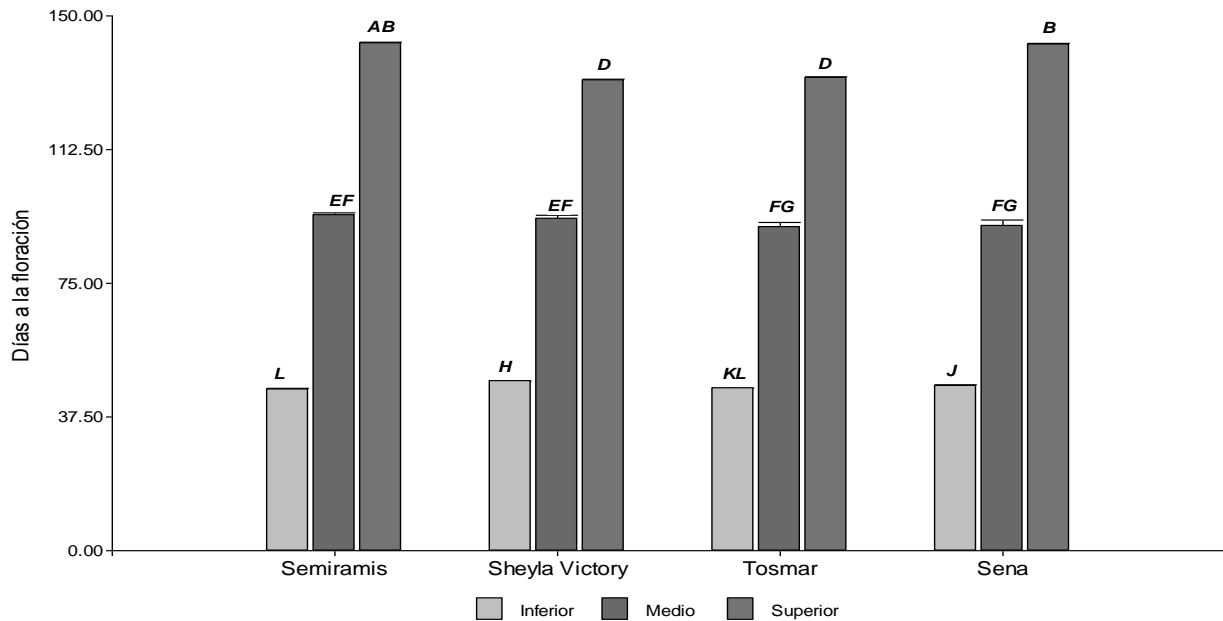
**Días a la floración:** El análisis de varianza para los datos de la variable días a la floración por piso mostró interacción entre sistemas de producción, variedad y piso de producción. En las variedades de tomate riñón de crecimiento indeterminado se consideraron las zonas de crecimiento inferior, medio y superior como pisos de producción, donde se tomaron los datos de esta variable.

Los resultados determinaron que la floración inició en el piso inferior, las variedades Semiramis, Tosmar y Sena iniciaron de manera similar en los dos sistemas de producción (en promedio 45 días), sin embargo, la variedad Sheyla empezó la floración con un día de diferencia en el sistema hidropónico. En el segundo piso de floración las variedades Sheila, Tosmar y Semiramis presentan similitud en los días de floración tanto para suelo como hidropónico (91 días en promedio), sin embargo, en este piso la variedad Sena inicia la floración con dos días en el sistema suelo comparados con el hidropónico. En el tercer piso, las variedades Sheila y Tosmar presentan similares días de floración en los dos sistemas de producción (132 días en promedio), por otro lado, las variedades Sheila y Sena muestran un día de adelanto en la floración en el sistema suelo.



**Figura 2.**

Interacción Sistema Hidropónico\*Variedad en tomate riñón para días de floración

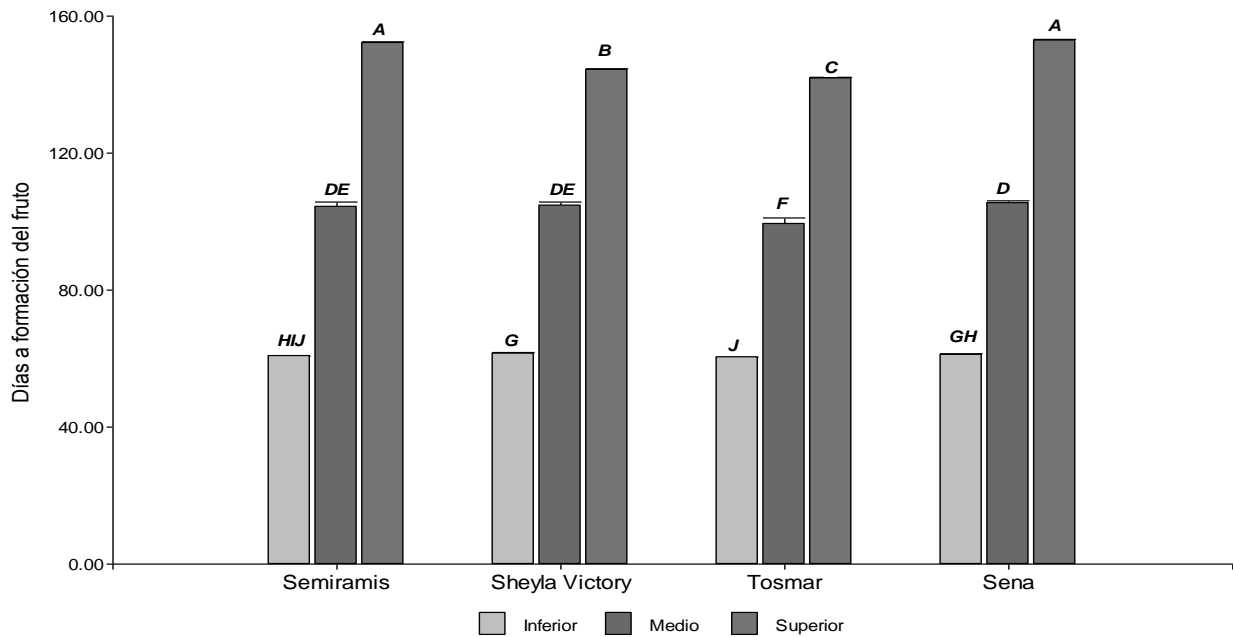


**Figura 3.**

Interacción Sistema Suelo\*Variedad en tomate riñón para días de floración

**Días a la formación del fruto:** Los análisis mostraron interacción entre sistemas de producción, variedad y piso para la variable días a la formación de fruto. De forma similar a los días de floración, en las variedades de tomate riñón de crecimiento indeterminado se observó la formación de frutos primero en la parte inferior (60 días), seguido de la media (101 días) y superior (150 días) de las plantas. En el piso inferior la variedad Sena presenta similares días en los dos sistemas de producción; las variedades Sheila, Semiramis y Tosmar presentan diferencia de un día con respecto a la formación de frutos, primero se presenta en el sistema suelo comparado con hidroponía. En el piso medio, las variedades Semiramis, Sheila y Tosmar presentan similitud en cuanto a

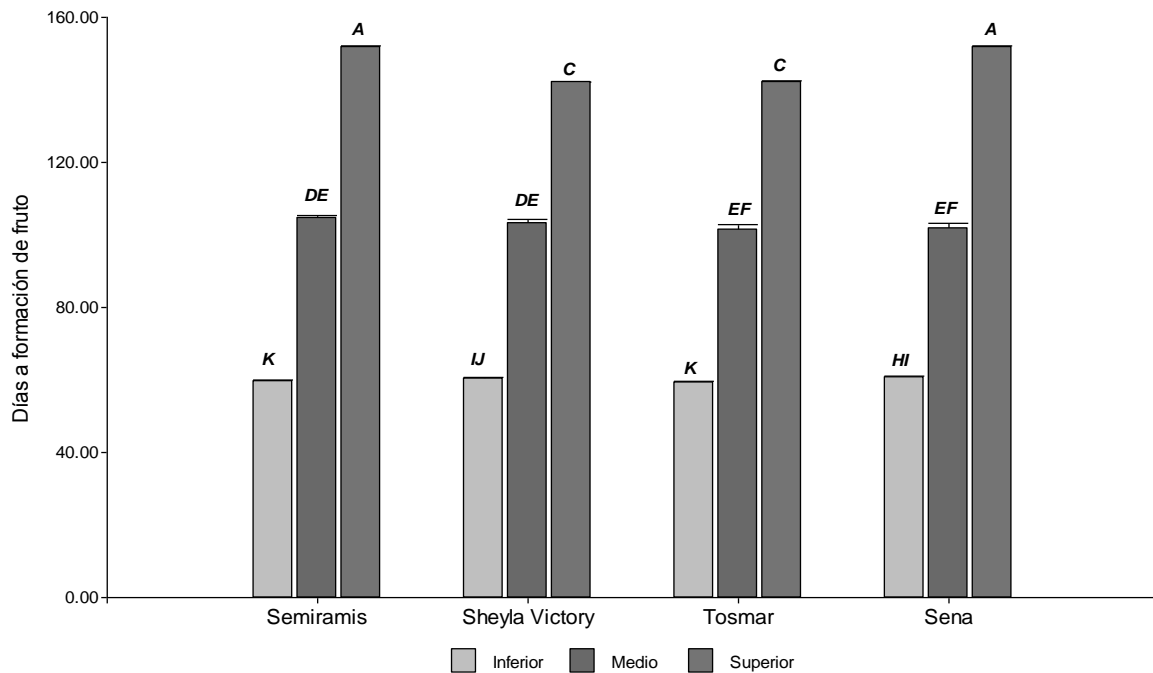
los días de formación de frutos, sin embargo, la variedad Sena inicia la formación de frutos a los 101 días en suelo y a los 105 en hidroponía, presentando una diferencia por sistema de producción. En el piso superior, las variedades Semiramis, Tosmar y Sena presentan similitud en cuanto a los días de formación de frutos; la variedad Sheyla inicia la formación de frutos en el sistema suelo con dos días de adelanto.



**Figura 4.**

Interacción Sistema Hidropónico\*Variedad\* para días de formación del fruto

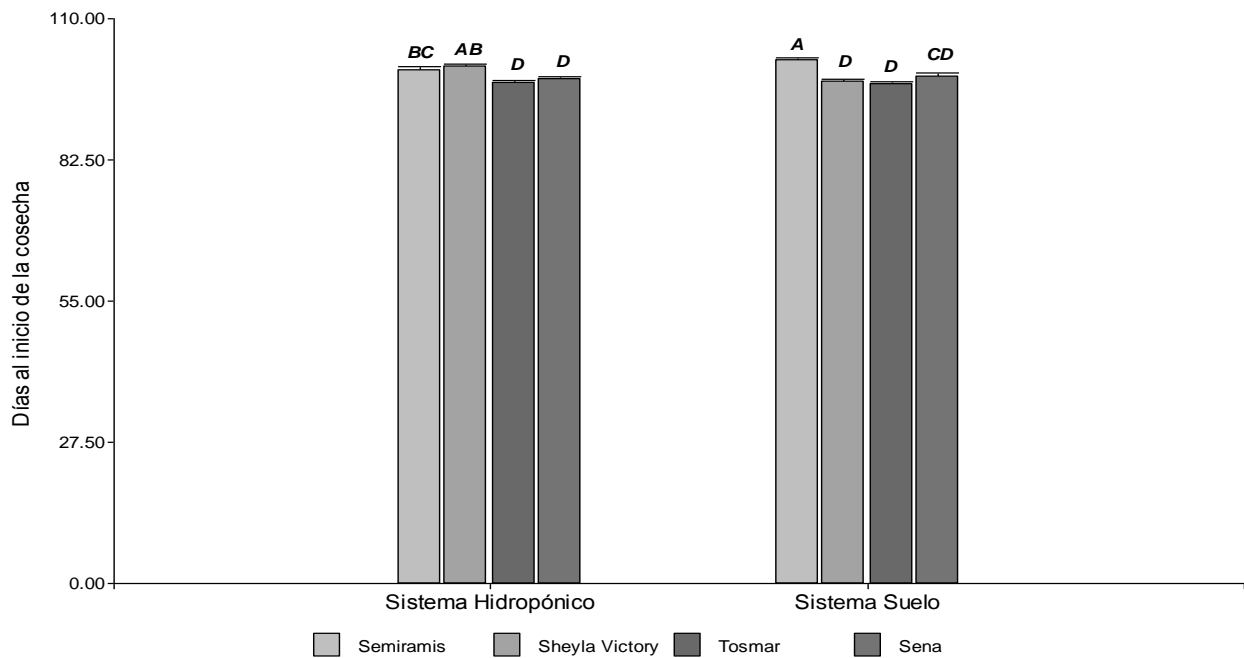
Fuente: El autor



**Figura 5.**

Interacción Sistema Suelo\*Variedad\* para días de formación del fruto

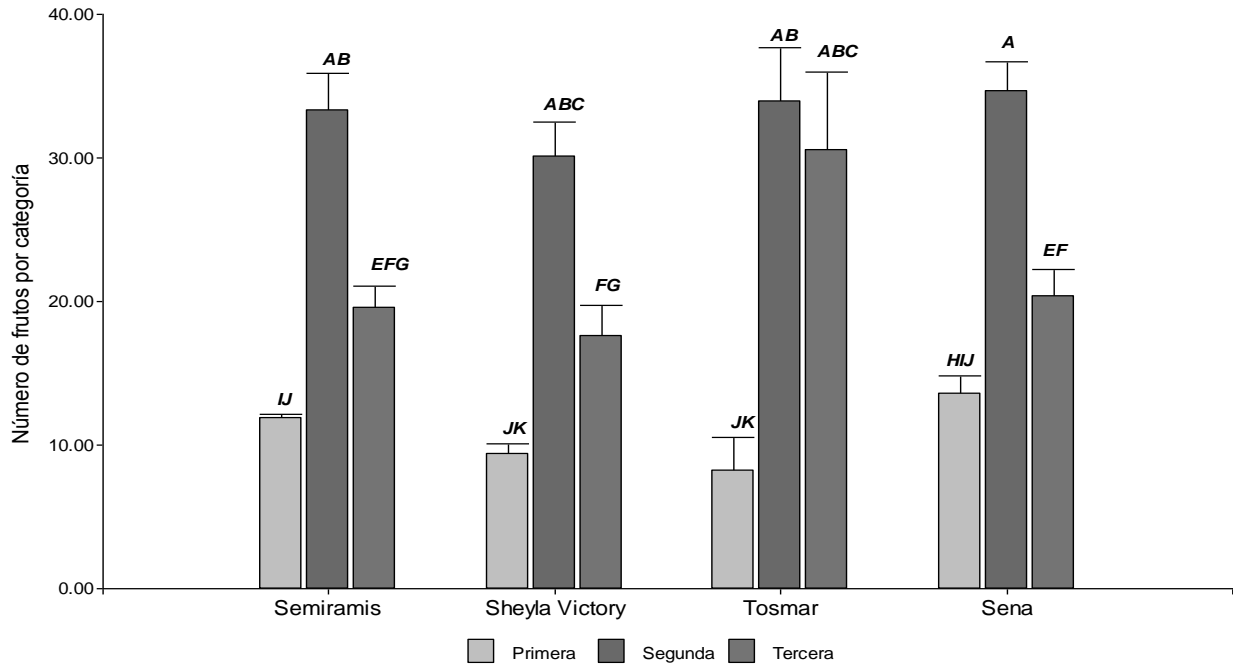
**Días al inicio de la cosecha:** El análisis de varianza para días de la cosecha sugiere una interacción entre sistemas de producción y variedad. En base a los resultados, el comportamiento de cada una de las variedades difiere en cuanto a los sistemas de producción. Las variedades Tosmar y Sena no presentan diferencias significativas tanto en el sistema hidropónico como en suelo, con un promedio de 98 días de inicio de cosecha. Para la variedad Semiramis, inicia la cosecha en el sistema hidropónico a los 100 días, a diferencia de los 101 días en suelo, por otro lado, la variedad Sheyla inició la cosecha primero en el sistema suelo a los 97 días comparados con 100 en el sistema hidropónico.



**Figura 6.**

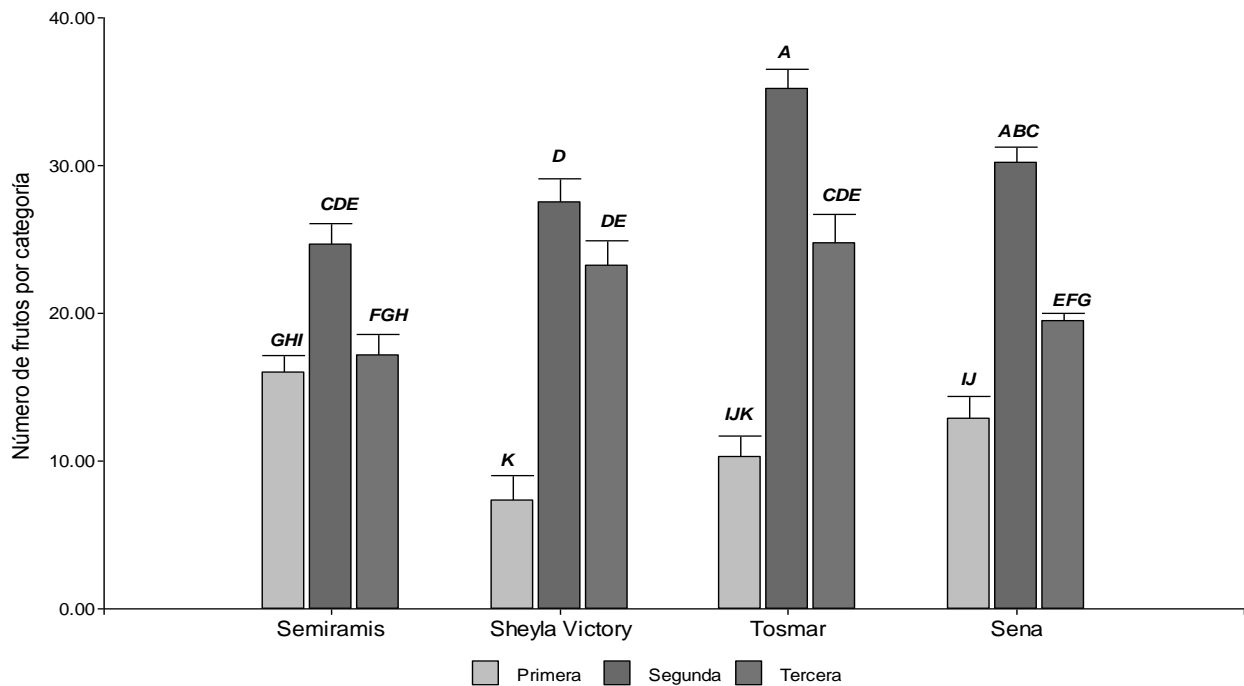
Interacción Sistema de Producción \* Variedad de tomate riñón en días del inicio de la cosecha

**Clasificación y número de frutos por categoría:** El análisis de varianza presentó interacción entre los factores sistema de producción, variedad y categoría. Las variedades Semiramis, Sheyla y Sena presentan mayor número de frutos en la segunda categoría en los dos sistemas de producción. La variedad Tosmar presenta mayor número de frutos en la segunda y tercera categoría en el sistema hidropónico, mientras que en el sistema suelo se presenta mayor número de frutos en la segunda categoría. Con respecto a la segunda categoría que es donde se presentó el mayor número de número de frutos, no se presentan diferencias entre variedades en el sistema hidropónico; sin embargo, en el sistema suelo, la variedad Tosmar presenta mayor número de frutos que las variedades Sheyla y Semiramis.



**Figura 7.**

Interacción Sistema Hidropónico \*variedades de tomate riñón en clasificación y número de frutos por categorías

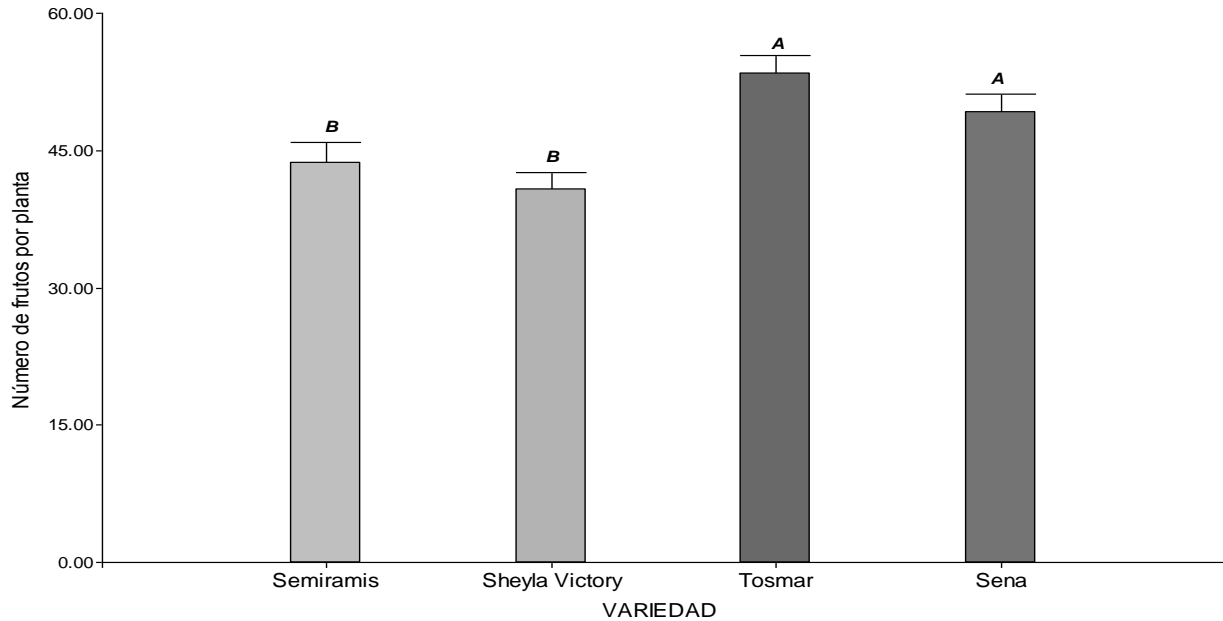


**Figura 8.**

Interacción Sistema Suelo \*Variedades de tomate riñón en clasificación y número de frutos por categorías

**Número de frutos por planta:** El análisis de varianza, con respecto a la variable número de frutos por planta señaló que no existe interacción entre sistema de producción y variedades. Por otro lado existe diferencia

significativa con respecto a variedad, pero no presenta diferencias entre sistemas de producción. Los resultados identificaron a las variedades Tosmar (53,46 frutos) y Sena (49,23 frutos) en el primer rango y a las variedades Semiramis (43,64 frutos) y Sheyla Victory (40,78 frutos) en el segundo rango. La diferencia entre estos dos grupos fue de 10 frutos.

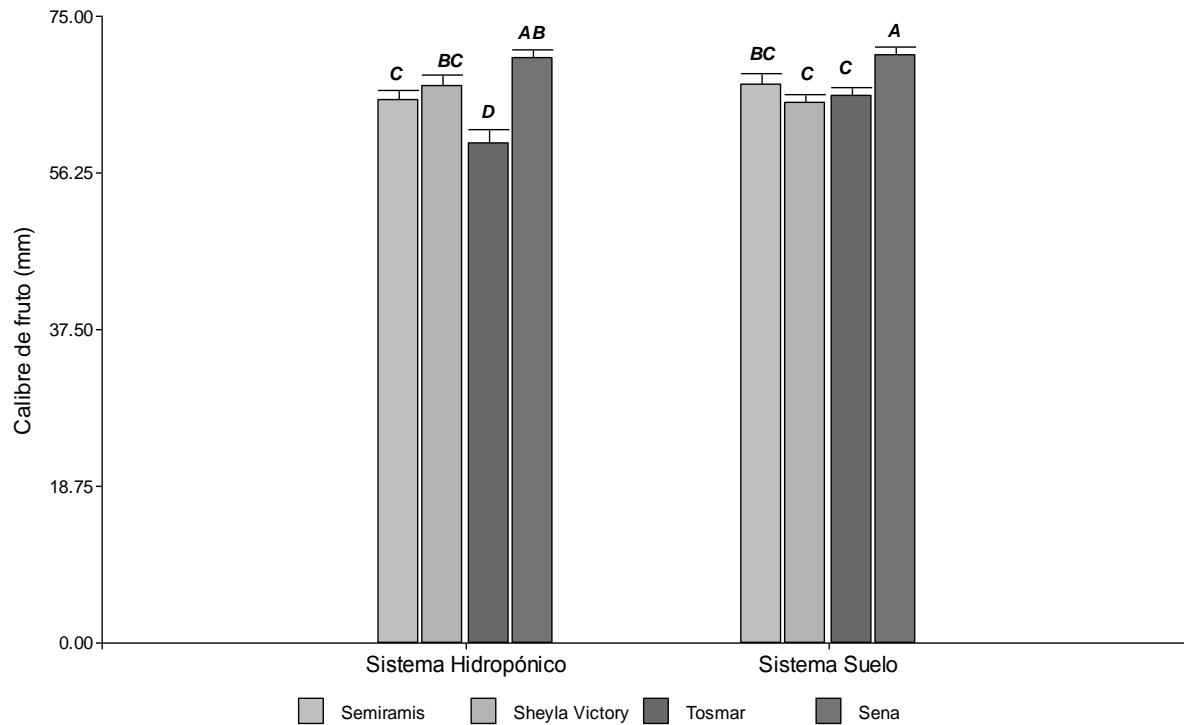


**Figura 9.**

Interacción para número de frutos/planta y variedades de tomate riñón

**Calibre de frutos:** El análisis de varianza indicó que existe interacción entre sistema de producción y variedad y existe diferencias entre variedades para la variable calibre de frutos. Mientras que para sistemas de producción no hubo diferencias significativas. La interacción que presenta los resultados de calibre de frutos mostrando que las variedades en estudio tienen un comportamiento distinto en los dos sistemas de producción. La variedad Tosmar presenta mayor calibre de frutos en el sistema suelo, comparado con el sistema hidropónico, mientras que las otras variedades muestran similitud en cuanto a calibre de fruto en los dos sistemas de producción. Dentro del sistema hidropónico, las variedades Semiramis, Sheyla y Sena presentan mayor calibre que Tosmar, mientras que en el sistema suelo, la variedad Sena presenta mayor calibre las otras tres variedades.

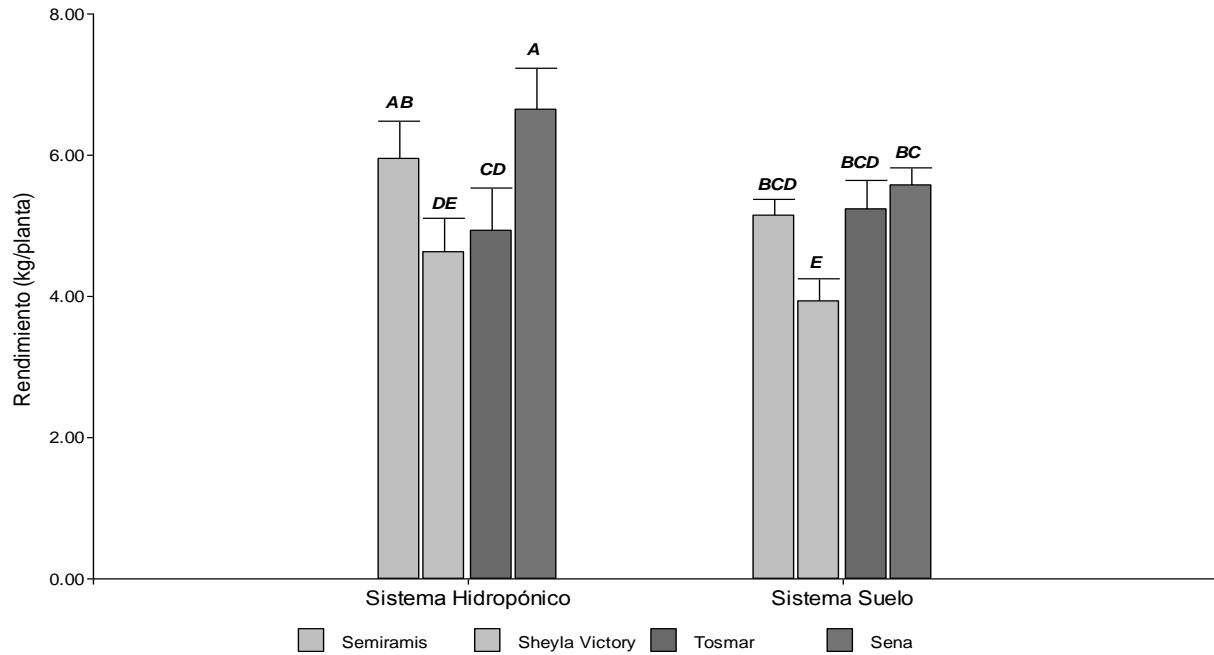




**Figura 10.**

Interacción Sistema de Producción: \*variedades en el calibre de frutos de tomate riñón

**Rendimiento:** El análisis de varianza para la variable rendimiento, demostró que existe interacción entre sistemas de producción y variedad y diferencias entre para variedades, mientras que para sistemas de producción no presenta diferencias significativas para la variable rendimiento. Los resultados mostraron que la variedad Sena presenta mayor rendimiento en el sistema hidropónico comparado con el sistema suelo, mientras que las otras tres variedades presentaron similitud en los dos sistemas de producción. Dentro del sistema hidropónico las variedades Semiramis y Sena muestran mayor rendimiento que las variedades Sheyla y Tosmar; por otro lado, en el sistema suelo, las variedades Semiramis, Tosmar y Sena presentan mayor rendimiento que la variedad Sheyla.



**Figura 11.**

Interacción para Sistema de Producción y rendimiento de variedades de tomate riñón

**Análisis económico:** El análisis de los resultados alcanzados, demostró que el tratamiento T1: (Sistema hidropónico y Variedad Sena) con 166% de Tasa de Retorno Marginal resultó económicamente rentable, por lo que se podría con seguridad recomendar a los agricultores cultivadores de tomate riñón como una alternativa de producción.

## Conclusiones

- El rendimiento de tomate riñón fue influenciado por los sistemas de producción y la variedad, indicando que en el sistema hidropónico la variedad Sena, presenta mayores rendimientos en comparación con el sistema suelo. Las variedades Semiramis, Sheyla y Tosmar presentaron resultados similares en los dos sistemas de producción.
- En cuanto a altura y número de frutos por categoría, existe un efecto de variedad, más no de sistema de producción. La mayor altura la presentaron las variedades Sena y Semiramis en los dos sistemas de producción, de manera similar estas variedades presentan mayor número de frutos de segunda categoría en los dos sistemas.
- La variedad Tosmar y Sena fueron las primeras en ser cosechadas tanto en el sistema suelo como el hidropónico, seguida de la variedad Semiramis en el sistema hidropónico y la variedad Sheyla en el sistema suelo.
- Independientemente del sistema de producción, las variedades Tosmar y Sena presentaron mayor número de frutos que las variedades Semiramis y Sheyla Victory.
- Bajo las condiciones de este estudio, el análisis económico determinó a la variedad Sena bajo sistema hidropónico como la mejor alternativa de producción de tomate riñón, ya que alcanzó una tasa de retorno marginal mayor.

## Recomendaciones

- Realizar estudios con otros sustratos para sistemas hidropónicos con la variedad Sena, para determinar el comportamiento de esta variedad bajo diferentes condiciones y proponer mejores estrategias de producción.
- Por lo observado en este trabajo se recomienda evaluar nuevos materiales genéticos, ya sean híbridos o variedades determinadas o indeterminadas en suelo e hidroponía; así como diferentes dosis o niveles de fertilización, con el fin de disponer alternativas tecnológicas de producción de tomate riñón.

## Referencias

- AAIC. (2003). *Cultivo de tomate riñón en invernadero Lycorpeicum esculntum Mil.* Recuperado de [http://repository.unm.edu/bitstream/handle/1928/11199/EI% 20cultivo%20de%20tomate %20ri%C3%B1%C3%B3n%20en%20invernadero.pdf](http://repository.unm.edu/bitstream/handle/1928/11199/EI%20cultivo%20de%20tomate%20ri%C3%B1%C3%B3n%20en%20invernadero.pdf)
- Agrios, G. (1998). *Fitopatología*. Traducido del inglés por Manuel Guzmán Ortiz. México, México: Limusa.
- ALASKA S.A Importadora (2015). *ALASKA S.A.* Recuperado de <http://www.imporalaska.com/>: <http://www.imporalaska.com/23-tomates.html>
- Amaguaña , L. (2009). *“Evaluación de tres biofertilizantes frente a tres dosis de aplicación en el tomate riñón (Solanum lycopersicum) bajo invernadero en Quichinche – Otavalo”*. Recuperado de [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream /123456789/148/2/03%20agp%2091%20tesis.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/148/2/03%20agp%2091%20tesis.pdf)

- Bastida, O. (2012). *Métodos del cultivo Hidropónico de jijomate (Solanum lycopersicum L.) bajo invernadero basados en doses escaleriformes*. Recuperado de: <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/tesismch2012112309124791.pdf>
- BAYER CropScience. (2015). *BAYER CropScience*.
- Betancourt, S. (2014). "Evaluación de cuatro híbridos de tomate con dos tipos de poda de conducción cultivados bajo el sistema hidropónico". Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec>: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4879/1/Betancourtsebasti%C3%A1ncamilo.pdf>
- Borja, N. (2009). *Evaluación de parámetros productivos y sensoriales de cuatro variedades indeterminadas de tomate de mesa (Lycopersicon Esculentum)*. Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec>: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/736/1/91235.pdf>
- Brito, J. (2008). *ucuenca.edu.ec*. Recuperado de <http://cdjbu.ucuenca.edu.ec>: <http://cdjbu.ucuenca.edu.ec/ebooks/mag118.pdf>
- Burgos, D. (2014). *Identificación, caracterización y control del agente causal de la enfermedad "mancha negra del tallo", que ataca al tomate de mesa (Solanum lycopersicum), Bajo condiciones de invernadero. Tumbaco, Pichincha*. Recuperado de [www.dspace.uce.edu.ec](http://www.dspace.uce.edu.ec): <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2455>
- Bustamante, N. (2004). *Adaptabilidad de cuatro variedades de tomate riñon lycopersicum sculentum mill, sitio cango, Cantón putuyango*. Recuperado de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5573/1/Rengel%20Bustamante%20Nelson.pdf>
- CIMMYT 1988. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. Edición completamente revisada. México D.F. , México: CIMMYT.
- Colón, A. (2009). Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/963/1/p-senescyt-0032.pdf>
- Fánor, C., & Aguilar, O. (2008). Calidad en frutos de tomate (Solanum lycopersicum L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *SciELO*.
- Heuvelink, E. (2005). *Tomatoes, Crop production science in horticulture* . The Netherlands: British Library, London, UK.
- INEC. (2011). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- INHAMI. (2012). *INHAMI*
- INIAP (2009). *Comportamiento de las principales variedades comerciales de tomate de mesa (Lycopersicon esculentum mili) al parasitismo de los nematodos "nudo de la raíz" (meloidogyne incognita) y "rosario de la raíz" (nacobbus aberrans) en Ibarra - Imbabura*. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1377>

- Llerena, E. (2007). *Comportamiento de dos genotipos, de tomate riñón lycopersicum esculentum mill en diferentes sustratos hidropónicos en Ynyucocha* . Recuperado de Repositorio UTN.
- Montenegro, L., & Guzmán , J. (2002). *Proyecto de prefactibilidad para la producción y exportación de tomate riñón a Colombia*. Recuperado de Repositorio digital UTE: [http://repositorio.ut.edu.ec/bitstream/123456789/6220/1/17810\\_1.pdf](http://repositorio.ut.edu.ec/bitstream/123456789/6220/1/17810_1.pdf)
- Ortega, L., Sánchez, J., Ocampo, J., Sandoval, E., Salcido, B., & Manzo , F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *redylac.org*, pp.339-346.
- Pacheco , P., & Pérez, A. (2010). *Ficha técnica de calidad de tomate* . Recuperado de <http://www.mercadomodelo.net/documents/27911/19558b84-add4-4120-a57b-c82080f84da1>
- Perez, J., Hurtado , G., Aparicio, V., Argueta , Q., & Larin , M. (2001). *Cultivode tomate riñón*. San Salvador, El Salvador: Centa.
- Pinto, C. (2001). *Proyecto de factibilidad de cultivo semi-hidropónico de tomate riñón*. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec: http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/1417>
- Polanco , C. (2011). *Uso de alternativas de reemplazo a los ditiocarbomatos en la prevención de phytophthora infestans causante del tizón tardío en el cultivo de tomate riñón (solnanum lycopersicum), cultivado a campo abierto en el sector Cuambo Canton Ibarra*. Recuperado de <http://dspace.puce si.edu.ec/bitstream/11010/163/3/t72595.pdf>
- Quintana , R. (2010). Efecto del número de racimos por plantas sobre el rendimiento de tomate (*solanum lycopersicum* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, pp.199-208.
- Ramírez , G. (2013). *Evaluación agronómica bajo cubierta de tres híbridos de tomate riñón (lycopersicum sculentum mill), en la Provincia de Santo domingo de los Tsáchilas*. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6247/1/t-espe-sto%20dgo-002467.pdf>
- Reyes, C. (2009). *Evaluación de híbridos de tomate riñón (licopersicum esculentum mill.) en hidroponía aplicando bioestimulante jisamar en el cantón la libertad*. Recuperado de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec: http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/963/1 /p-senescyt-0032.pdf>
- Salazar, A. (2015). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en el tomate hortícola (lycopersicon esculentum) en los híbridos pietro y syta mediante el sistema de slabs*. Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/21745/1/Tesis-127%20%20ingenier%3%ada%20agron%3%b3mica%20-cd%20394.pdf>
- Siavichay, M. (2011). *Aclimatación de 10 cultivares de tomate (Lycopersicum esculentum Mill), en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo*. Recuperado de <http://elagroec .com/wp-content/uploads/2014/11/tomates-banesto-y-otros.pdf>

SINAGAP. (2012). *Información de superficie, producción y rendimiento - uso del suelo- estructuras de cotos de producción- estadísticas*. Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/estadisticas>

Zárate , B. (2007). *Producción de tomate (lycopersicon esculentum mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero*. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx>: [http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/779/1/tesis\\_maestria\\_baldomero.pdf](http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/779/1/tesis_maestria_baldomero.pdf)

# Fenología y desarrollo radicular de *Helianthus annuus* L. cultivar ‘Sunbright’, en el valle interandino del Ecuador

**Luciano Valle V., Mg. Ing. Agr.**  
Universidad Técnica de Ambato  
[el.valle@uta.edu.ec](mailto:el.valle@uta.edu.ec)

**Alberto Gutiérrez A., Mg. Ing. Agr.**  
Universidad Técnica de Ambato  
[ac.gutierrez@uta.edu.ec](mailto:ac.gutierrez@uta.edu.ec)

**Jorge Dobronski A., Mg. Ing. Agr.**  
Universidad Técnica de Ambato  
[je.dobronski@uta.edu.ec](mailto:je.dobronski@uta.edu.ec)

## Resumen

El objetivo fue determinar la duración de las etapas de vida y desarrollo radicular de *Helianthus annuus* cultivar ‘Sunbright’, en las condiciones agroclimáticas de los valles interandinos. El ensayo de campo, se realizó en la Granja Experimental Docente Querochaca, ubicada en el cantón Cevallos (Tungurahua) a 2865 msnm. Se establecieron cinco parcelas únicas donde se registró el número de días de cada etapa fenológica y la profundidad radicular en plantas seleccionadas. Se analizaron datos climáticos registrados en la estación meteorológica durante los meses del ensayo. Los resultados reportaron que el ciclo del cultivo dura 118 días: 29 en etapa inicial, 34 en etapa de desarrollo, 26 en etapa intermedia y 29 en etapa final. Respecto a la altura de la planta y longitud de la raíz, en la fase inicial tuvo una relación de crecimiento de 1:1; en la de desarrollo 1:3; en la intermedia 1:4 y en la final 1:4; con una altura máxima promedio de 113,1 cm y 30,2 cm de longitud de raíz. Los resultados aportan información técnica que permitirá a los agricultores y técnicos programar cosechas, riegos y establecer calendarios de producción en las condiciones climáticas de la región.

**Palabras clave:** Altura planta, Fases fenológicas, Girasol, Profundidad raíz

## Abstract

The objective was to determine the duration of life stages and root development of *Helianthus annuus* L. ‘Sunbright’, under inter-Andean valleys agroclimatic conditions. The field trial was carried out at the Experimental Teaching Farm Querochaca, located in the Cevallos (Tungurahua) canton at 2865 masl. Five unique plots were established, the number of days of each phenological stage and root depth were recorded in plants sacrificed. Climatic data recorded at the meteorological station during trial months. The results reported that the cultivation cycle lasts 118 days: 29 in initial stage, 34 in development stage, 26 in intermediate stage and 29 in final stage. Regarding plant height and root length, in the initial phase it had a 1:1 growth ratio; In the 1:3 development phase; In the intermediate phase 1:4 and in the final phase 1:4 respectively, with an average maximum height of 113.1 cm and 30.2 cm of root length. The results provide technical information for farmers and technicians that will allow crops, irrigation and production schedules to be set up under the climatic conditions of the region.

**Keywords:** Plant height, Phenological phases, Sunflower, Root depth

## Introducción

El girasol ornamental *Helianthus annuus* L. cultivar ‘Sunbright’ de la familia Asterácea, fue introducido en la región andina del Ecuador por los cultivadores de plantas ornamentales, que la prefieren por su flor, ciclo corto y facilidad de cultivo; sin embargo, la tecnificación del cultivo requiere del conocimiento de la duración de las etapas fenológicas y la profundidad radicular. La ausencia de esta información para los valles interandinos, dificulta la programación de los cultivos en función del mercado y la dotación de riego tecnificado.

Investigaciones preliminares en girasoles híbridos, reportan que el cultivar ‘MG305CP’, tardó 74 días hasta la floración y alcanzó una altura de 170 cm, la madurez alcanzó a los 127 días (Ferro *et al.*, 2015). En tanto que, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina con base en las fases fenológicas propuestas por Schneiter y Miller (1981), reporta que el híbrido “Guaraní DC” en la fase fenológica emergencia duró 10 días; cuando la planta alcanzó las seis hojas verdaderas (estado Vegetativo V6), 27 días; hasta las diez hojas verdaderas (estado Vegetativo V10), 41 días que correspondieron al estado vegetativo; en la R1 (estado Reproductivo) que corresponde a la inflorescencia rodeada por brácteas inmaduras, 55 días; cuando las flores tubuladas presentan anthesis (floración o están listas para la polinización) que corresponde al estado Reproductivo R5, 86 días; y en estado Reproductivo R6 o al término de la floración cuando las flores pierden turgencia o se marchitan, 106 días, estos forman parte del estado reproductivo (Caram y Angeloni, 2007). De otra parte, el INIFAP en México menciona que el ciclo del girasol oscila entre 100 y 150 días, dependiendo del cultivar que se trate, Schneiter y Miller (1981), señalan que el girasol presenta dos periodos: vegetativo (V) y reproductivo (R) coincidiendo con lo reportado por Navarro, Osuna y Navejas en 2014.

Así mismo, Díaz-Zorita y Duarte (2003) señalan que el ciclo promedio del girasol comprende entre 100 y 150 días y que depende del genotipo, fecha de siembra, latitud y disponibilidad de agua y nutrientes; también reportaron cuatro etapas del girasol: siembra - emergencia, emergencia - iniciación floral, iniciación floral - floración, y floración - madurez fisiológica. En este sentido, en el trabajo realizado en la Universidad del Estado de UTAH, se menciona que el girasol presenta cuatro fases fenológicas con sus respectivos períodos de duración: inicio con 25 días, desarrollo con 45 días, intermedio con 25 días y final con 25 días (Allen *et al.*, 2006).

En un ensayo en los valles altos de México con cultivares de girasol, se encontraron diferencias en la duración de las fases fenológicas, en unidades de calor, cociente foto térmico, radiación solar global recibida, biomasa e índice de cosecha; además, se concluyó que el contenido de aceite está determinado por los cambios en el coeficiente foto térmico y por el rendimiento de grano, destacando la importancia del conocimiento de las fases fenológicas del cultivo para un manejo agronómico eficiente (Escalante-Estrada, Salvador-González y Escalante-Estrada, 2015).

En otro estudio realizado en México, pero esta vez con híbridos de girasol de alto contenido oleico, se señala que se acortó el tiempo en días de todas las etapas fenológicas al atrasar la fecha de siembra y que demandó entre 500 y 550 (°c) para la etapa VE-V1, entre la emergencia de la planta y el apareamiento de la primera hoja verdadera; de 900 a 950 (°c) para VE-R5, entre emergencia y el inicio de la floración; y de 1850 a 1900 (°c) para el ciclo total. El retraso de la siembra también influyó en la cantidad de biomasa y el rendimiento; desde



el punto de vista de la calidad, las siembras atrasadas en la fecha del ensayo mantuvieron el estándar con reducción del porcentaje de ácido oleico (Chamorro *et.al.*, 2008).

Respecto a la influencia de la aplicación de fertilizantes en la fenología del cultivo, la adición de nitrógeno no mostró cambios significativos; sin embargo, en cuanto a la producción de biomasa, el rendimiento de semilla y sus componentes, la aplicación de este elemento mostró incrementos significativos (Olalde *et al.*, 2000). En cuanto a la producción de polen, se encontró que está relacionada con los efectos acumulativos de la temperatura del aire y la humedad relativa sobre los valores críticos y no solo por efecto de la temperatura en una etapa específica del desarrollo, previa la antesis (Astiz y Hernández, 2013).

Respecto a la respuesta de cultivares de girasol al riego, se reporta que el cultivar Master presentó el mayor rendimiento en condiciones de déficit hídrico severo y máxima disponibilidad de agua, también se encontró que la planta extrae humedad a una profundidad de 0 a 50 cm. Las plantas sometidas a estrés hídrico presentaron mayor actividad de enzimas antioxidantes en las hojas (Safahani *et. al.*, 2014). La raíz del girasol tiene gran capacidad de adaptación al agua en los distintos niveles del suelo; al inicio, la raíz principal crece más rápidamente que la parte aérea de la planta, mientras que durante el estado cotiledonal, tiene de 4 a 8 cm de largo con 6 a 10 raicillas y durante la fase de desarrollo llega a una profundidad de 50 a 70 cm, llegando al máximo de crecimiento en la floración, normalmente la longitud de la raíz principal sobrepasa la altura del tallo, en girasol de semilla (Viorel, 1997; Robles, 1985).

El sistema radicular del girasol, está formado por una raíz pivotante que puede llegar hasta los dos metros de profundidad, cuando tropieza con obstáculos naturales desvía su trayectoria vertical, crece más rápido que la parte aérea de la planta y desarrolla un sistema de raíces secundarias y terciarias que crecen en sentido horizontal y vertical, se desarrollan entre los 5 y 30 cm de profundidad, la máxima profundidad coincide con la época de floración (Pizarro, 2009).

Con relación, a la evapotranspiración (ETc) de los cultivos o uso consuntivo (transpiración + evaporación), se debe comentar que depende de factores climáticos como temperatura, humedad del aire, régimen de viento e intensidad de la radiación solar, así como de las características fisiológicas de la cobertura vegetal y de la disponibilidad de agua en el suelo para satisfacer la demanda hídrica de la planta (Avidan, 1994).

En la época de crecimiento activo y sobre todo en el proceso de formación y llenado de las semillas, el girasol consume importantes cantidades de agua, coincidiendo el consumo más alto con el periodo de formación del capítulo, época en la que consume la mitad del total del ciclo de cultivo (Saumell, 2004).

### **Importancia del problema**

En este contexto, si bien se reportan varios estudios sobre la fenología del girasol en otras regiones del mundo, no se logró encontrar información sobre la fenología del girasol en las condiciones agroclimáticas de los valles interandinos del Ecuador. El objetivo de este estudio, fue evaluar la duración de las etapas de vida y desarrollo radical de *Helianthus annuus* L. 'Sunbright', en las condiciones climáticas de la zona de Querochaca, cantón Cevallos en la provincia de Tungurahua. El conocimiento de estas variables permitirá mejorar la programación de cosechas y mejorar la eficiencia del riego a los agricultores que se dedican a este cultivo en la región interandina y de esta manera fomentar su producción para cubrir la demanda de la agroindustria que utiliza sus semillas, así como en la producción y comercialización de las flores, especialmente para el mercado internacional.

El interés científico de la investigación, se centra en el fomento de nuevas investigaciones a partir de los resultados alcanzados por este proyecto, la información obtenida servirá de base para la planificación de cultivos comerciales, tanto de técnicos como de productores. El establecimiento de nuevos cultivos como el girasol ornamental es una opción para los productores locales, ya que alternativas novedosas de producción podrán solucionar problemas de sobreproducción en los mercados nacionales.

La importancia de conocer el ciclo del cultivo y las fechas de disponibilidad del corte de la flor, bajo condiciones climáticas de la región interandina, permitirá a los productores establecer de forma eficiente un calendario de producción y proveerá información práctica y real a los agricultores que quieran emprender en el cultivo y producción de girasol.

### **Metodología**

El ensayo de campo se realizó en la granja docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el sector de Querochaca, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, a una altitud de 2865 msnm y en las coordenadas geográficas: latitud 01° 22' 02" S y longitud 78° 36' 20" W (INAMHI, 2014). Se encuentra en la región estepa Espinoso Montano Bajo (ee-MB) en transición con el bosque - seco Montano bajo (bs-MB).

Para la implementación de la investigación se utilizaron semillas de girasol cultivar 'Sunbright' (F1), producidas por la empresa Gloeckner que presentaron un 99,89% de pureza genética; los insumos empleados fueron: humus, fertilizantes y fungicidas; equipos, entre ellos: bomba de fumigar, sembrador, sistema de riego por goteo, flexómetro, balanza, cámara fotográfica digital y computador; herramientas: azadón, pala, rastrillo y tijera de podar; materiales de campo y oficina.

La estación meteorológica Querochaca, reporta que en área de estudio presenta un clima templado frío semi-seco, con una temperatura media anual de 13,1 °c, con máxima de 19,3 °c y mínima de 7,3 °c, precipitación media anual de 499,1 mm, humedad relativa de 71,5%, nubosidad 7 octavos y velocidad del viento 2,9 m/s (INAMHI, 2014). El agua de riego proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo, con pH de 7,78, alcalinidad total de 100 mg/l, dureza de 88 mg/l y conductividad eléctrica de 321,5 umhos/cm.

El diseño utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con cinco repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por una parcela de 10,0 m de largo por 0,80 m de ancho con plantas sembradas a 0.10 m entre plantas y 0,12 m entre hileras constituido por 600 plantas. Se utilizó una parcela neta conformada de 392 plantas, de las cuales se tomaron 20 plantas en forma aleatoria para determinar las variables respuesta (profundidad radicular y altura de planta en las diferentes etapas fenológicas del cultivo).

Como factor de estudio se registró el tiempo de duración de cada una de las etapas fenológicas del cultivo, en base al procedimiento citado por la FAO, nota técnica 56 (Allen *et al.*, 2006), que consiste en: a) Etapa inicial, que comprende el período de tiempo desde la siembra hasta cuando el cultivo cubre aproximadamente un 10% del área cultivada, o hasta cuando las plántulas han desarrollado las cuatro primeras hojas verdaderas. b) Etapa de desarrollo, que va desde fin de la etapa inicial, hasta cuando la planta entra en floración y alcanza su máximo porcentaje de cobertura. Por lo general en la mayoría de cultivos, la máxima cobertura coincide con el inicio de la floración, en esta etapa el cultivo alcanza teóricamente un índice de área foliar igual a tres. Este índice de área foliar representa el cociente obtenido al dividir la suma del área de cada hoja (medida por un solo lado) entre el área de influencia del cultivo. c) Etapa intermedia, que se extiende desde que se produce el

área máxima de cobertura hasta el inicio de la madurez del cultivo. Va desde el inicio de floración hasta la apertura de la flor y d) Etapa final, comprendida entre el comienzo de la madurez y el final de la cosecha o total senescencia de la planta.

Considerando cada etapa fenológica del cultivo, se registraron los datos de: profundidad radicular del cultivo y altura de planta, datos que se registraron cuando el 75% de las plantas de la parcela neta cumplieron con las características de la finalización de la etapa respectiva.

La profundidad radicular, se registró con base en la metodología utilizada por Córdoba-Rodríguez *et al.* (2011), quienes recomiendan realizar un análisis descriptivo de las plantas, extrayéndolas con toda la raíz y se procede a medir su longitud (desde el cuello al ápice de la raíz) usando una regleta y sobre una superficie plana.

La altura de la planta, se midió desde el cuello hasta las primeras hojas verdaderas (etapa inicial), desde el cuello hasta el inicio de la flor (etapa de desarrollo), desde el cuello hasta la apertura del capítulo (etapa intermedia) y desde el cuello hasta el capítulo a ser cosechado. Los datos se registraron cuando el 75% de las plantas de la parcela neta cumplieron con las características previstas a la finalización de la etapa respectiva.

Adicionalmente se consideraron factores climáticos como la precipitación por día (mm), heliofanía en h/día y temperatura en grados centígrados, humedad relativa por día (%), evaporación por día (mm/día) y velocidad de viento por día (m/s).

El procesamiento de la información se realizó a través de estadística descriptiva con medidas de tendencia central y análisis de regresión, utilizando el software Microsoft Excel para análisis, interpretación y realización de gráficos, destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis y la interpretación de los resultados se apoyó con el marco teórico, en el aspecto pertinente.

### **Manejo del ensayo**

Previo al establecimiento del ensayo se realizó el análisis de suelo para determinar las condiciones físico-químicas del suelo, luego se realizaron labores de preparación y trazado de las parcelas, durante este proceso se incorporó humus al suelo y se implementaron las cinco repeticiones.

Antes de la siembra se instaló el sistema de riego por goteo, con dos cintas para cada repetición, con un caudal de 2.3 l/h por gotero, luego se procedió a sembrar a la densidad mencionada y las semillas se dispusieron a una profundidad de tres centímetros. Durante el ciclo de cultivo se realizaron nueve riegos: cuatro en la etapa inicial, dos en la etapa de desarrollo y tres en la etapa intermedia.

Como parte del manejo del experimento, se realizó la fertilización en cada etapa fenológica con fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio, de acuerdo a los resultados del análisis de suelo que evidenció que el suelo tenía textura franco arenosa y para complementar los requerimientos nutricionales del cultivo se suministró, en la etapa inicial 27.5 kg/ha de nitrógeno, 18.1 kg/ha de fósforo y 15 kg/ha de potasio; en la etapa de desarrollo se aplicó 38.7 kg/ha de N, 6.3 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 30.5 kg/ha de K<sub>2</sub>O; y en la etapa intermedia 19.4, 2.8 y 16.4 kg/ha de N, P y K, respectivamente. Complementando las labores culturales con controles fitosanitarios para el evitar el ataque de plagas y enfermedades, para lo cual se utilizaron agroquímicos de bajo espectro de categoría IV, que se consideran ligeramente tóxicos.

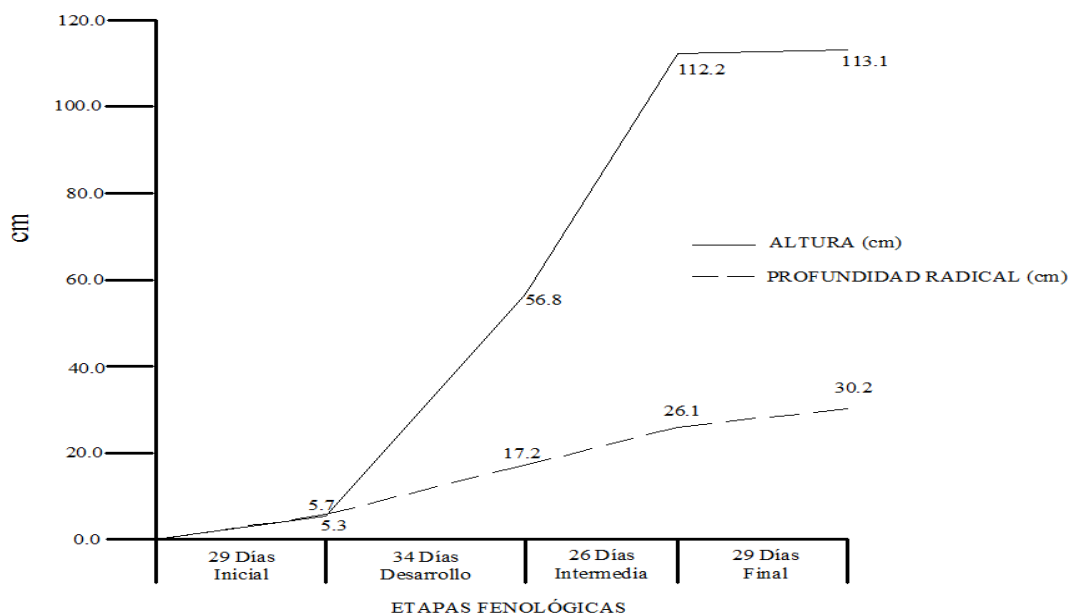
De igual manera, durante todo el ciclo del cultivo se mantuvieron las parcelas libres de malezas y plantas arvenses, algunas muy agresivas y otras de escaso crecimiento aéreo y poco desarrollo de raíces, pero que fueron controlados para evitar la competencia por luz, nutrientes, agua y espacio; estos controles se realizaron de manera manual, en ningún caso se utilizaron herbicidas.

### **Resultados**

El tipo de suelo que predomina en esta zona está clasificado como Typic Vitracepts caracterizado por la presencia de ceniza volcánica y materiales amorfos, tienen una pendiente del 2 al 8% con un relieve plano, ondulado, profundo (1,5 m), de textura franco arenoso con contenido medio de materia orgánica, bajo en nitrógeno, medio en fósforo y muy alto en potasio, la capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases es alta. El nivel de fertilidad es moderado en la capa superficial y bajo en la parte profunda del suelo.

La duración de la etapa fenológica inicial para el cultivo de girasol *Helianthus annuus* 'Sunbright', se estableció en 29 días, donde las plantas alcanzaron una altura promedio de planta de 5,3 cm. y una profundidad radicular promedio de 5,7cm (Figura 1), en esta etapa las condiciones climáticas fueron: temperatura media 13,83 (°c), heliofanía 118 horas, humedad relativa media 77,03%, precipitación acumulada para este período: 45,8 mm y una media de 1,58 mm/día. De acuerdo al reporte de Allen (2006), la etapa fenológica inicial del girasol en el mediterráneo de California fue de 25 días, si se compara con el determinado en Querochaca fue menor con 4 días.

En la etapa de desarrollo, se determinaron 34 días de duración, en la cual las plantas obtuvieron una altura promedio de 56,7 cm y con una profundidad radicular de 17,2 cm (Figura 1), las condiciones climáticas en esta etapa fueron: temperatura media 13,84(°c), heliofanía 118,20 horas, humedad relativa media 78,76 %, precipitación acumulada para este período: 83,3 mm y una media diaria de 2, 45 mm/día. Al comparar con el reporte de Allen (2006) existen 35 días de diferencia por un día del tiempo encontrado en el presente trabajo. La etapa fenológica intermedia, tuvo un período de 26 días, alcanzando una altura promedio de planta de 112,2 cm y una profundidad radicular de 26,1cm (Figura 1). Las condiciones climáticas durante esta etapa fueron: temperatura media 12,70 (°c), heliofanía 118,20 horas, humedad relativa media 80,81 %, precipitación acumulada para este período: 83,8 mm, y una media diaria de 3,22 mm/día. Al comparar con la información publicada por Allen (2006), 45 días, fue mayor con 19 días.



**Figura 1.**

Comportamiento del crecimiento de las raíces (cm) en el suelo y la altura de la planta en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Valle, 2017.

La etapa fenológica final del cultivo fue de 29 días, alcanzando una altura promedio de planta de 113,1 cm y una profundidad radicular de 30,2 cm (Figura 1). Las condiciones climáticas fueron: temperatura media 12,27 (°c), heliofanía 134,90 horas, humedad relativa media 77,45%, con una precipitación acumulada para este periodo de 57,7 mm y una media de 1,99 mm/día. Comparando con los datos publicados por Allen (2006), la etapa fenológica final tuvo un lapso de 25 días, que en relación con el registrado en Querochaca es menor con 4 días.

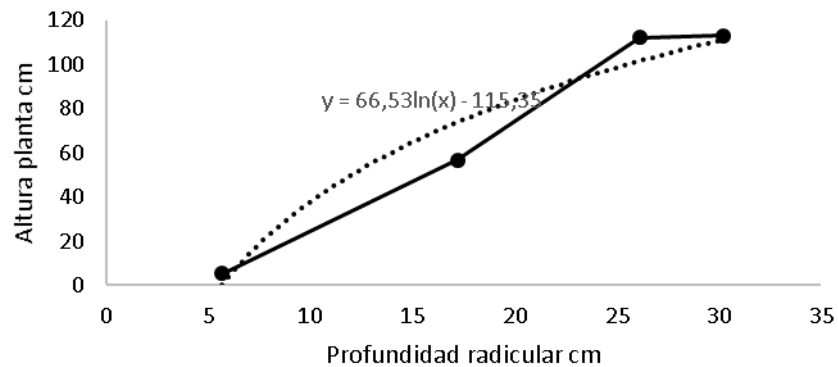
### **Relación de profundidad radicular y altura de planta**

La relación observada entre la profundidad radicular y la altura de la planta del girasol, describe una relación logarítmica (Figura 2). Determinando que a medida que crecen las raíces en el suelo, aumenta la parte aérea de la planta.

En la etapa inicial se presentó una profundidad radicular 5,7 cm y una altura 5,3 cm, obteniéndose una relación 1:1. En esta etapa se forman los principales órganos vegetales el primero el sistema radical el cual se encuentra constituido por un eje principal o raíz primaria y por ramificaciones secundarias, mientras en la parte aérea la plántula se convierte en un organismo autótrofo obteniendo a partir de la energía lumínica y mediante la fotosíntesis, la energía química para mantenerse y crecer hasta desarrollar las primeras hojas verdaderas (Allen 2006).

La etapa de desarrollo, el crecimiento radicular fue 17,2 cm y una altura 56,8 cm, presentó una relación 1:3 en donde el crecimiento de la parte aérea de la planta es tres veces mayor a la profundidad radical. Este crecimiento puede depender del contenido hídrico y el suministro de nutrientes en el suelo, así como una serie de factores bioquímicos y biofísicos (Barrios *et al.*, 2014).

En la etapa intermedia, se desarrolló en una relación 1:4, el crecimiento radicular fue 26,1 cm y una altura 112,2 cm durante 26 días que comprendió dicha etapa. En esta existe un crecimiento rápido, donde el aumento de tamaño continúa a una velocidad constante y usualmente máxima por algún tiempo. Esta relación concuerda con los estudios realizados por Barrios *et al.* (2014), quienes mencionan que existe una interdependencia entre el sistema radicular y la parte aérea de la planta, afirmando que si las condiciones donde se desarrollan las plantas no son limitantes, se determina una relación logarítmica entre el crecimiento de las raíces y la parte aérea de la planta en cada etapa fenológica de crecimiento vegetativo.



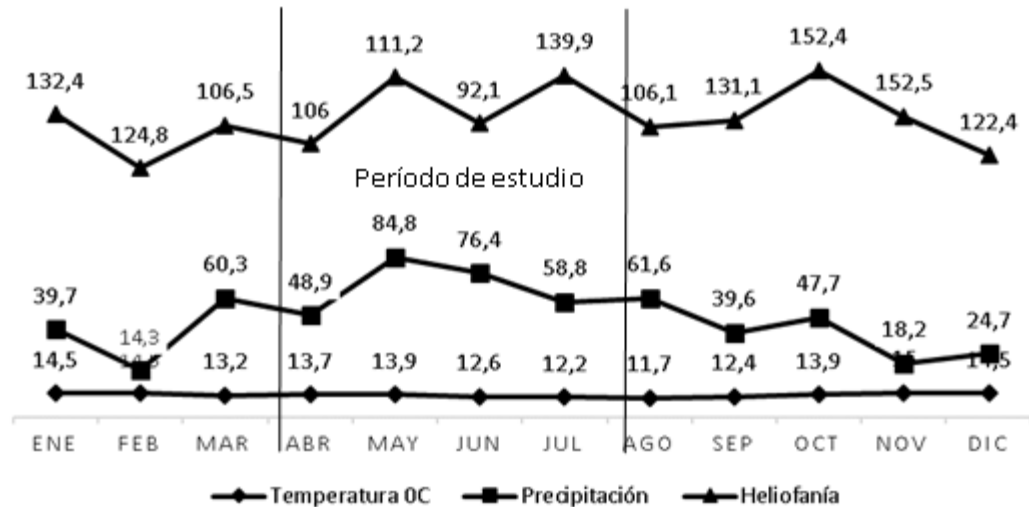
**Figura 2.**

Relación entre la profundidad radicular y la altura de la planta durante el período del cultivo. Valle, 2017.

En la etapa final, se observó una relación 1:4 con una profundidad radicular de 30,2 cm y una altura 113,1 cm en un lapso de 29 días. En esta etapa se da una velocidad decreciente, a medida que la planta alcanza su madurez y comienza a envejecer. En órganos de crecimiento determinado como las hojas, su crecimiento se detiene, finalizando con la senescencia de la planta. En esta etapa el crecimiento de la especie vegetal se destina mayor cantidad a recursos fotosintéticos, es decir a la producción de hojas que al crecimiento de raíces y tallos (Barrios *et al.*, 2014).

### **Factores climáticos en los meses del ensayo**

Los registros climáticos de 2014 muestran que el periodo del ensayo coincidió con las precipitaciones más altas y con las temperaturas más bajas (Figura 3). La duración de las cuatro etapas fenológicas fue de 118 días con una precipitación acumulada en este período de 270.6 mm y la precipitación diaria fue de 2.3 mm/día, la temperatura media de 13.2 (°c), heliofanía acumulada de 442.1 horas y heliofanía media de 3.7 h/día (Figura 3). Existen pocos trabajos en cuanto a la relación crecimiento radicular con la parte aérea de la planta, sin embargo, Barrios *et al.*, (2014), manifiestan que esa relación está fuertemente condicionada a los factores climáticos, edáficos y la ontogenia del cultivo.



**Figura 3.**

Datos climáticos del período de estudio. Estación Meteorológica Querochaca del INAMHI, 2014.

### Discusión

Para un correcto manejo del experimento, fue necesario realizar correcciones en cuanto a la fertilidad del suelo con aplicaciones de fertilizantes con el objeto de que la manifestación fenotípica del cultivar en estudio sea únicamente la debida a su genotipo, disminuyendo en lo posible las variaciones producto del medio ambiente, en especial las de nutrición de la planta.

En relación con la duración de las etapas fenológicas del cultivo de girasol en las condiciones de los valles interandinos del Ecuador, especialmente en la zona de Querochaca, las etapas inicial y final fueron más largas si se las compara con las condiciones de California, mientras que las de desarrollo e intermedia presentaron menos días, en total en Ecuador fueron 118 en total comparados con los 130 de California, evidenciando una diferencia de doce días.

En cuanto al desarrollo radicular, se pudo observar que mientras crecía la raíz el desarrollo de la parte aérea también presentó un desarrollo significativo, presentando una relación inicial de 1:1 que fue incrementándose hasta alcanzar la relación de 1:4, esta relación tallo/raíz es una característica propiamente genética.

Por lo observado en todo el ciclo del cultivo y bajo las condiciones del experimento el cultivo de girasol es posible en las condiciones de la región interandina del Ecuador y los datos obtenidos se transforman en una excelente referencia para los productores agrícolas que quieran dedicarse a su cultivo con el fin de incrementar sus ingresos.

### Conclusiones

El ciclo del cultivo de *Helianthus annuus* ‘Sunbright’, en las condiciones agroclimáticas de Querochaca fueron 118 días. En tanto que el tiempo de mayor floración se registró a los 89 días después de la siembra. Por otro lado, la raíz en la primera fase del cultivo crece en proporción 1:1 respecto a la altura del tallo, en las siguientes etapas fenológicas la longitud del tallo supera a la raíz, lo que sugiere que en estas etapas se desarrollan más raíces laterales, por lo que los riegos pueden ser más frecuentes, pero menos copiosos. El conocimiento de las

etapas fenológicas en la producción de girasol, permite elaborar un calendario de las principales actividades y labores culturales para lograr eficiencia controlando las etapas más críticas del cultivo.

Esta información generada se debe convertir en herramienta básica para los productores de girasol, independiente de la finalidad de uso que se pueda dar al producto obtenido, sea para la agroindustria o para la producción de flores de verano de tipo ornamental. Finalmente, se debe comentar que el ensayo se realizó en los meses de menor luminosidad y se sugiere realizar pruebas similares en meses de mayor luminosidad y temperatura.

## Referencias

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>
- Astiz, V. y Hernández, L. (2013). *La producción de polen en girasol (*Helianthus annuus* L.) es afectada por la temperatura y la humedad relativa del aire durante la fase reproductiva temprana*. Buenos Aires. Argentina. *Phyton*. 82 (2), pp. 297-302.
- Avidan, A. (1994). *Determinación del régimen de riego de los cultivos*. Cinadco. Israel. p. 110
- Barrios M., Buján A., Debelis S., Sokolowski A., Blasón Á. y Gagey, M. (2014). Root Biomass/Total Ratio in Soybean (*Glycine max*) under two tillage systems. Buenos Aires Argentina. *Terra Latinoamericana*. 32 (3), pp. 221-230.
- Caram, G., Angeloni, P. y Prause, J. (2007). Determinación de la curva de dilución de nitrógeno en diferentes fases fenológicas del girasol. Chillán, Chile. *Agricultura Técnica* 67(2), pp. 189-195.
- Chamorro, A., Bezus, R., Rossi, J., Pochelú, M. y Span, P. (2008). *Siembra de dos híbridos de girasol alto oleico en tres fechas de siembra en la plata: fenología, rendimiento y calidad del producto*. Memorias XII Reunión Argentina de Agrometeorología. Buenos Aires. Argentina. pp. 109-110.
- Córdoba-Rodríguez, D., Vargas-Hernández, J., López-Upton, J. y Muñoz-Orozco, A. (2011). Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de *Pinus pinaster* Gordon en respuesta a la humedad del suelo. Montecillo. México. *Agrociencia*, 45(4), 14.
- Díaz-Zorita, M. y Duarte, G. (2003). *Manual práctico para el cultivo de girasol*. Argentina. Buenos Aires. Hemisferio Sur Editorial. P.315.
- Escalante-Estrada, J., Salvador-González, M. y Escalante-Estrada, Y. (2015). Fenología, biomasa y rendimiento de cultivares de girasol en Valles Altos. Texcoco. México, México *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2, pp. 307-311.
- Ferro, M., Prece, N., Macchiavello, A., Pereyro, A. y Cristo, J. (2015). *Ensayos comparativos de rendimiento de sorgo granífero y girasol*. Argentina. Buenos Aires. Memoria técnica INTA. 4.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014). Registro anual de observaciones meteorológicas.



Estación Agrometeorológica Querochaca. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato. Ecuador. 2 p.

Navarro, C., Osuna, J. y Navejas, J. (2014). Producción de girasol y canola en baja california sur. La Paz. México. *INIFAP* 34.

Olalde, V., Escalante, J., Sánchez, P., Tijerina, L., Engleman, E. y Mastache, A. (2000). Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno, y rendimiento del girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. Chapingo. México. *Terra Latinoamericana* 18 (1), pp.51-59.

Pizarro, M. (2009). *Girasol. Hortitécnica*. Santa Fé de Bogotá, Colombia. p. 41

Robles, R. (1985). *Producción de oleaginosas y textiles*. México D.F. México: Limusa, 675 p.

Safahani, A., Kamkar, B., Teixeira, J. y Ataei, M. (2014). Response of sunflower cultivars to deficit irrigation. Teherán. Iran. *Helia*. 37 (60), pp. 37-58.

Samuell, H. (2004). *Girasol, técnicas actualizadas para su mejoramiento y cultivo*. Hemisferio Sur. Buenos Aires. Argentina. p. 63

Schneiter, A. y Miller, J. (1981). Description of sunflower growth stages. Madison. USA. *Agronomy Journal* 21 pp. 901-903.

Viorel, A. (1977). *El Girasol*. Mundi Prensa. Madrid, España. 375 p.

# Hacia la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en el Ecuador continental...un aporte del árbol a la diversificación agrícola y ganadera

Mario José Añazco Romero  
Universidad Técnica del Norte  
marioanazco@gmail.com

## Resumen

El objetivo principal de la investigación fue determinar la sustentabilidad de las prácticas agroforestales ancestrales como aquellas fomentadas con innovaciones tecnológicas en las tres regiones naturales del Ecuador continental. La metodología empleada tiene como marco referencial el concepto de sustentabilidad, para ello se definieron tres indicadores: financieros, sociales y ambientales, los cuales fueron analizados tanto en prácticas agroforestales como en monocultivos. Los resultados más relevantes fueron a nivel financiero que la tasa interna de retorno fue superior en los 14 casos estudiados a la tasa referencial del 11%, socialmente las prácticas que manejan cultivos de ciclo corto y peces son las que demandan mayor cantidad de mano de obra, ambientalmente un 22% de las prácticas agroforestales muestran mejores niveles en la composición química de los suelos que aquellas prácticas de monocultivos. El análisis estadístico reveló que la tasa interna de retorno presentó una alta correlación, a nivel del 99% de probabilidad estadística, con las variables beneficio/costo, precipitación, número de especies y con mano de obra familiar. La mano de obra tuvo relación con número de especies y con materia orgánica. La conclusión fue que las prácticas agroforestales son sustentables y constituyen tecnologías apropiadas para diversificar los monocultivos de especies agrícolas y/o pastos.

**Palabras claves:** Sustentabilidad, Agroforestería, Árbol, Diversificación, Monocultivos

## Abstract

The main objective of the research was to determine the sustainability of ancestral agroforestry practices such as those fostered by technological innovations in the three natural regions of continental Ecuador. The methodology used has as a frame of reference the concept of sustainability, for which three indicators were defined: financial, social and environmental, which were analyzed in both agroforestry and monoculture practices. The most relevant results were at the financial level that the internal rate of return was higher in the 14 cases studied at the referential rate of 11%, socially the practices that handle short cycle crops and fish are those that demand more labor, environmentally 22% of agroforestry practices show better levels of soil chemical composition than monoculture practices. Statistical analysis revealed that the internal rate of return showed a high correlation, at 99% of statistical probability, with the variables benefit / cost, precipitation, number of species and family labor. Labor was related to number of species and organic matter. The conclusion was that agroforestry practices are sustainable and constitute appropriate technologies to diversify the monocultures of agricultural and / or pasture species.

**Key words:** Sustainability, Agroforestry, Tree, Diversification, Monocultures

## Introducción

El árbol desde los albores de la agricultura y ganadería estuvo presente en los sistemas de producción agropecuaria, no obstante, hubo un momento en la historia agrícola, pecuaria y silvícola donde este empezó a desaparecer, fue precisamente a raíz de la implementación del modelo de agricultura denominado “revolución verde” que llevaba implícito entre su oferta tecnológica el fomentó del monocultivo.

La definición clásica del monocultivo se refiere al cultivo de gran extensión de plantas de una sola especie. En la realidad del Ecuador solo en una parte se concuerda con la definición, aquella que se refiere a una sola especie; en cuanto a la superficie grande, no es necesariamente así, puesto que una cantidad importante de pequeñas superficies están bajo monocultivos.

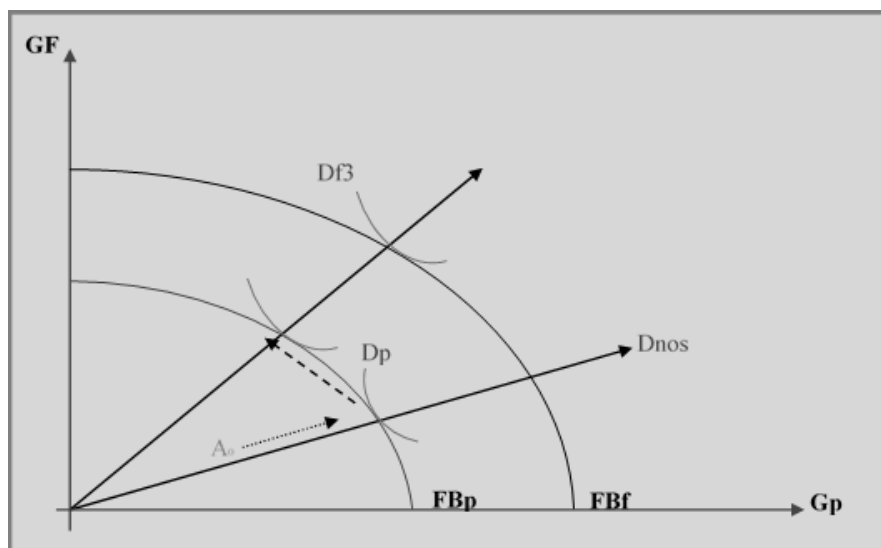
El paisaje agrario del Ecuador se caracteriza cada vez más por el dominio de monocultivos de unas pocas especies de cultivos agrícolas y/o pastos, sean estas de ciclos cortos o perennes, ejemplos en la región andina son los monocultivos de papa *Solanum tuberosum*, maíz *Zea mays* y pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*; en la costa el banano *Musa paradisiaca*, caña de azúcar *Saccharum officinarum* y un gran porcentaje de cacao *Theobroma cacao* L.; en la Amazonía es muy común el monocultivo de pastos con especies tales como *Axonopus scoparius*, *Brachiaria decumbens* y *Echinochloa polystachia*.

Entre los problemas que se le atribuyen al monocultivo constan los siguientes: pérdida de biodiversidad, degradación de los suelos, incremento de las exigencias de agua y nutrientes, mayor exposición a la ataque de plagas y enfermedades, disminución de conocimientos ancestrales, deterioro del paisaje agrario e incremento de los riesgos de pérdidas económicas.

El monocultivo lleva implícito otras problemáticas como es el uso desmedido de agroquímicos que provoca contaminación de suelos, aguas, aire y alimentos; también está la disminución de la cubierta forestal a causa de la deforestación estimulada por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, al respecto Bandy, Garrity y Sánchez (1994) aseguran: “por cada hectárea convertida a tecnologías de manejo sostenible de suelos, se salvan de cinco a diez ha/año de tala de bosque húmedo tropical y quema no sostenible” (p.14). Como corolario de esta problemática, se tiene que el monocultivo afecta el ciclo biogeoquímico que es la base para mantener una producción agropecuaria y forestal sostenible.

El marco conceptual utilizado para el desarrollo de la investigación fue la sostenibilidad de los sistemas agroforestales, por lo tanto este marco lleva implícito dos grandes dimensiones de alta complejidad: *la sostenibilidad y la agroforestería*.

La sostenibilidad desde una visión política y a nivel macro, constituye el desarrollo sostenible, el mismo que, a diferencia de otros modelos que se han planteado e implementado en América Latina particularmente después de la Segunda Guerra Mundial, “incluye el desarrollo humano y social, subordinando los objetivos-medios (crecimiento económico y desarrollo tecnológico) a los objetivos-fines: mejores condiciones, nivel y calidad de vida” (De Souza, 2001). Para lograr este cometido es necesario transitar desde un modelo de desarrollo no sustentable a un modelo sustentable como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.**

Transición desde un modelo de desarrollo no sustentable a un modelo sustentable

**Fuente:** Equipo Docente Programa Doctorado (2006a)

En la figura 1 se muestra la transición desde un desarrollo no Sustentable (DnoS) a un Desarrollo Sustentable (DS), los movimientos que permiten visualizar esta transición son los siguientes:

El eje “x” mide el bienestar de la generación presente (Gp) y el eje “y”, el bienestar de la generación futura, lo cual refleja el principio de equidad intergeneracional promovido desde el concepto del Desarrollo Sustentable.

La Frontera de Bienestar presente -producción, oportunidades- (FBp) y la Frontera de Bienestar futura -producción, oportunidades- (FBf), refleja la cantidad importante de rutas disponibles para el desarrollo. Cuando la sociedad usa de manera adecuada todo lo que posee, entonces se dice que opera en la frontera de sus posibilidades, tanto en términos productivos como en oportunidades y bienestar. No puede ir más allá de esa frontera, simplemente porque carece de los recursos adecuados.

El movimiento desde A<sub>0</sub> hasta A<sub>1</sub>, constituye un esfuerzo por hacer un uso eficiente de todos los recursos disponibles en la sociedad. El movimiento desde A<sub>1</sub> hasta A<sub>2</sub>, refleja opciones graduales hacia un estilo de vida de una sociedad compatible con un desarrollo sustentable.

El movimiento desde A<sub>2</sub> hasta A<sub>3</sub>, significa una expansión de la frontera (FB), acorde con un desarrollo sustentable (FBp hacia FBf). Esto ocurre cuando un conjunto de prioridades (actitud innovadora, emprendimientos rentables, Municipios pro-desarrollo, educación y salud, seguridad, recursos públicos asignados localmente, propuestas de estilos de vida alternativos, dominio de eco-tecnologías, entre otras) están armonizadas y las transformaciones en la economía, los cambios en las personas y en la sociedad van ocurriendo en una interacción positiva.

El estilo de vida lo representan las curvas de demandas D (demanda o patrón de consumo), cada una de las cuales refleja un estilo de vida culturalmente determinado: Dp (estilo de vida presente), Df (estilo de vida futuro). “Teóricamente, habría infinitos patrones de consumo y, por ende, estilos de vida”. (Equipo Docente Programa Doctorado, 2006a, p. 16-17).

La agroforestería tiene raíces históricas puesto que ha sido practicada por los primeros habitantes de la tierra; en el contexto académico e investigativo aún persisten opiniones diversas sobre el concepto y la definición de agroforestería, uno de los primeros debates académicos fue respecto a lo que se entendía por agroforestería, al respecto Somarriba (2012) señala:

En [...] las décadas de [los años] 80 y 90, se dedicó bastante esfuerzo a la discusión, debate y concretización de cómo definir, clasificar y nombrar las formas de uso agroforestal de la tierra. Numerosas definiciones fueron propuestas por diferentes grupos de investigadores que trabajaban en África, América, Asia y las islas del Pacífico [...], las cuales se debatieron en diferentes congresos y en la literatura científica y técnica de la época. (p.21)

En lo que hubo consenso fue en señalar que la agroforestería como ciencia se basa en la silvicultura, la agricultura, la ganadería, la acuicultura y la piscicultura (World Agroforestry Centre, 1982).

Después de un análisis riguroso de las definiciones sobre agroforestería, Somarriba (2012) propone la siguiente:

La agroforestería es una forma de cultivo múltiple que satisface tres condiciones básicas: 1) existen al menos dos especies que interactúan biológicamente; 2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne; y 3) al menos dos de los componentes se manejan para satisfacer los objetivos del administrador de la tierra". (p.26).

La importancia de la agroforestería radica en constituirse en una de las mejores alternativas tecnológicas para el manejo sostenible de los recursos naturales; desde esta premisa tiene varios campos de aplicación y de análisis como son los siguientes: mitigar los impactos de la Revolución Verde, manejo de los recursos naturales con enfoque agroecológico, poner en práctica el concepto y/o definición de agricultura rural familiar campesina y urbana, aportar a la sostenibilidad de los medios de vida comunitarios y enfrentar los efectos adversos del cambio climático.

En cuanto a la revolución verde, Altieri y Nicholls (2006) señalan que:

Los impactos de la revolución verde a las sociedades rurales se los puede agrupar en dos categorías: Primero, enfermedades del ecotopo, las cuales incluyen erosión, pérdida de fertilidad del suelo, agotamiento de reservas de nutrientes, salinización y alcalinización, polución de los sistemas de agua, entre otros. Segundo, enfermedades de la biocenosis, las cuales incluyen pérdida de agro biodiversidad y recursos genéticos, eliminación de enemigos naturales, reaparición de plagas y resistencia genética a los plaguicidas, y destrucción de los mecanismos de control natural. (p.141).

La agroforestería puede contribuir a mitigar estos impactos de la revolución verde, mejorando la resiliencia del agroecosistema. El uso de tecnologías agroforestales contribuiría en términos generales de dos maneras: mediante la restauración del suelo e incrementando la biodiversidad.

En cuanto a los aportes de la agroforestería al cambio climático, la literatura es rica en señalar varios, entre los cuales están la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, sombra para animales y cultivos, al respecto Montagnini, F; Somarriba, E; Murgueitio, E; Fassola, H; Eibl, B. (2015) señalan:

La disminución de la temperatura del aire bajo el dosel arbóreo es una de las ventajas principales de los sistemas silvopastoriles (SSP). Los sistemas silvopastoriles (SSP) pueden contribuir a la mitigación del cambio climático debido a la captura de carbono, tanto por arriba como por debajo de la tierra, con la ventaja adicional de aumentar la productividad en el corto y largo plazo, favorecer la biodiversidad y proveer beneficios sociales y económicos al agricultor.

En los SSP las temperaturas durante todo el año en climas tropicales pueden ser en promedio 2-5°C menores bajo la copa de los árboles en comparación con temperaturas medidas afuera de la copa, lo cual depende de las características de los árboles. Asimismo, en climas subtropicales en el invierno las temperaturas son mayores bajo dosel arbóreo que al descubierto. De esta manera la incorporación de árboles para sombra en SSP agrega resiliencia para la adaptación a la variabilidad del clima. (p.275)

### **Importancia del Problema**

El problema aquí señalado es de mucha importancia para un grupo de actores, entre los cuales constan los tomadores de decisión en materia de política pública, para quienes es necesario disponer de información generada en procesos de investigación a fin que sus decisiones tengan el respaldo técnico-científico.

Los resultados y conclusiones derivadas del problema analizado, son de gran valía para los agricultores que pueden encontrar en la presente información, elementos para el diseño, ajuste y evaluación de sus sistemas de producción agropecuarios y forestales. La academia se verá afectada positivamente, por cuanto al ser un tipo de investigación aplicada deja importantes aprendizajes en torno a los aspectos metodológicos que servirán para futuros estudios donde se aborden problemas similares.

El problema estudiado es relevante por cuanto toma una dimensión del pasado “la revolución verde” cuyos impactos son en gran parte responsables de la crisis de la agricultura; de otro lado las dimensiones del presente y futuro asociadas al cambio climático, proyectan escenarios para la agricultura, ganadería y silvicultura no muy alentadores.

La agroforestería es recomendada por varios científicos, académicos y técnicos como una de las mejores alternativas para avanzar hacia una agricultura, ganadería y silvicultura sostenibles. De otro lado se conoce que las tecnologías agroforestales por su propia naturaleza deben ser analizadas a nivel local para conocer si alcanzar los impactos esperados, puesto que es poco recomendable extrapolar información de otros ámbitos geográficos aunque esta reporte experiencias exitosas, debido a que los contextos difieren en sus aspectos biofísicos, socioeconómicos y políticos.

### **Metodología**

#### **Tipo de investigación**

Los datos e información obtenidos de las tecnologías agroforestales fueron recolectados y analizados en su real contexto respetando su propia dinámica, sin incorporar diseños experimentales ajenos a la realidad de lo ocurrido en el Ecuador. Por estas razones, el presente estudio califica dentro de la investigación no experimental. Otras características son las siguientes: 1) se trata de una investigación aplicada, 2) se considera una investigación descriptiva que busca explicar detalladamente los factores e indicadores que aporten de mejor manera a la sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios, 3) se caracteriza por ser una

investigación que utiliza al mismo tiempo los métodos inductivo y deductivo, por cuanto se analizan las tecnologías desde el nivel macro hasta el micro y viceversa.

### Diseño de la investigación

Las unidades de análisis que corresponden a las variables independientes, fueron las tecnologías agroforestales presentes en predios de propiedad de los campesinos e indígenas. Para cada unidad se definieron indicadores de sustentabilidad y por cada indicador se definieron algunos parámetros (o atributos) como se indica en la tabla 1.

**Tabla 1.**

Variables, indicadores y parámetros utilizados para el análisis de la sustentabilidad

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>PARÁMETROS</b>
<b>3.- Tecnologías agroforestales</b>	3.1. Económico	3.1.1. VAN
		3.1.2. TIR
		3.1.3. B/C
	3.2. Social	3.2.1. Área
		3.2.2. Mano de obra familiar
	3.3. Ambiental	3.3.1. Microclima
		3.3.2. Suelos
		3.3.3. Número de especies

**Fuente:** Autores

### Universo de las tecnologías agroforestales

El universo estuvo conformado por 61 tecnologías o prácticas, los parámetros analizados para delimitarlo fueron los siguientes: 1) tecnologías ancestrales como las de corte moderno que se encuentran en las tres regiones naturales que conforman el Ecuador continental; 2) tecnologías con objetivos de mercado, subsistencia o una combinación de ambos; 3) tecnologías que sean practicadas por la población rural representativa del país, que son las nacionalidades y pueblos indígenas y afroecuatorianos como el grupo poblacional mestizo; 4) tecnologías que se manejen a diferentes escalas de acuerdo a la superficie de los predios que son pequeños, medianos y grandes productores.

Para determinar el universo, a más de consultar a expertos, se investigaron las siguientes publicaciones que son el resultados de investigaciones, estudios de caso, aplicación de metodologías, sistematización de experiencias, memorias de seminarios y propuestas de capacitación: Fassbender, 1987; Lojan, 2003 (a); Carlson y Añazco, 1990; Boese, 1992; Montagnini, 1992; Ocaña, 1994; Padilla, 1995; Tybirk, 1995; Altieri, 1997; Jordan, Herz, Añazco y Andrade, 1999; Krishnamurthy, 1999; Añazco, Yaguache y Carrión, 1999; Añazco, 2000; Añazco y Yaguache 2003; Lojan, 2003(b); Nieto, Ramos y Galarza, 2005; Ospina, 2006; Checa, 2010; Ramírez, 2010;; Ibrahimy Pezo, 2012; Montagnini, Somarriba, Murgueitio, Fassola y Eibl, 2015.

### Tamaño de la muestra y selección de tecnologías agroforestales

Para determinar estadísticamente el tamaño de la muestra, se aplicó la siguiente fórmula, utilizada en la estimación de proporciones (Aguirre y Vizcaíno, 2010; Hernández et al., 1998; Fernández, 1996).

$$n = \frac{Z^2 N p q}{d^2 (N-1) + Z^2 p q}$$

Dónde: n = tamaño de la muestra

N= universo

Z<sup>2</sup> = 1.96<sup>2</sup> (con la seguridad del 95%)

p = proporción esperada (5% = 0.05)

q = 1 – P (1-0.05 = 0.95)

d = precisión (en este caso 10%)

Después de aplicar la fórmula se obtuvo como resultado, una muestra de 14 tecnologías agroforestales. Para definir las tecnologías a analizar en cada región utilizando los criterios antes señalados, se procedió a utilizar la metodología conocida como multicriterio (Pacheco y Contreras, 2008; Roche y Constantino, 2005) con el apoyo de expertos en el tema.

#### Modelo para calcular el Score:

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i \cdot F_{ij}$$

Donde:

$S_j$  Puntuación global de cada alternativa j

$W^i$  Es el peso ponderado de cada factor i

$F_{ij}$  Es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i

**Tabla 2.**

Prácticas agroforestales seleccionadas

No. de práctica agroforestal	Región Natural	Tecnología (Práctica) Agroforestal
01	Costa	Cerca Viva con Piñuela
02	Costa	Árboles de ceibo con cultivos de ciclo corto
03	Costa	Árboles de teca con pastos
04	Costa	Árboles dispersos con cacao
05	Costa	Árboles de laurel en huerto casero mixto
06	Estribaciones Occi.	Árboles dispersos con café
07	Andina	Árboles de capulí con cultivos anuales
08	Andina	Árboles en terrazas con frutales -mora-
09	Andina	Huerto frutal -manzana- con árboles forestales
10	Andina	Árboles dispersos de acacia con pastos
11	Amazonía	Chakra Shuar
12	Amazonía	Acuaforestería
13	Amazonía	Árboles dispersos con frutales-naranjilla- y cultivos
14	Amazonía	Palmas –chonta- con pastos y cultivos

**Fuente:** Autores



## **Recolección de información y cálculos de indicadores**

### **Información y cálculo de indicadores financieros**

Para determinar los indicadores financieros VAN, TIR y B/C, fue necesario calcular los costos e ingresos por cada tecnología agroforestal. Se realizó un análisis de escenarios calculando los costos basados en cuatro criterios: con la información que proporcionó el propietario del predio donde se encuentra la tecnología agroforestal, con base al jornal local, con base a lo que determina la ley para un trabajador agrícola y sin considerar un valor por la mano de obra familiar invertida en la actividad.

### **Información para indicadores sociales**

Para determinar el área o superficie que ocupa cada tecnología y la cantidad de mano de obra utilizada en la misma, se procedió a indagar directamente con cada propietario, Además se tomaron coordenadas en cada predio para luego trasladar al mapa de Ecuador la ubicación exacta de cada tecnología (georeferenciadas).

### **Información para indicadores ambientales**

Para determinar los parámetros micro climáticos se recurrió a información secundaria a fin de conocer la temperatura y precipitación, mientras que la altitud sobre el nivel del mar se la obtuvo con el GPS. El número de especies se determinó mediante observación directa en campo en cada una de las prácticas agroforestales y registrando la información correspondiente. Para analizar los impactos de cada tecnología agroforestal sobre el suelo, se realizaron análisis de las características químicas del suelo donde se encuentra cada tecnología y en sitios donde no había influencia de esta. Se tomaron muestra de 1 Kg. de suelo por cada sitio y se las envió al laboratorio de Agrocalidad donde efectuaron los respectivos análisis.

### **Análisis estadísticos**

Se procedió a realizar análisis estadísticos de la información utilizando pruebas estadísticas no paramétricas. Para la escala ordinal, específicamente para comparar las hipótesis se utilizó Chi cuadrada, la prueba de Kolmogorov-Smirnov o también prueba K-S, que es una prueba que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí. A nivel de la escala nominal, para el análisis de correlación se utilizó la prueba Chi cuadrada de Pearson. Se seleccionó la variable Tasa Interna de Retorno (TIR) con parámetros ambientales y sociales para determinar el grado de asociación entre estas y en función de ellas realizar estimaciones. Se realizaron dos ecuaciones para estimar la TIR en función de variables ambientales y sociales, las ambientales fueron precipitación, materia orgánica y número de especies; las sociales, mano de obra familiar, superficie de la práctica agroforestal y número de especies.

Se procedió cronológicamente de la siguiente manera:

- 1.- Exploración gráfica de las relaciones entre la variable dependiente TIR y las independientes ambiental y social.
- 2.- El análisis de regresión fue múltiple usando IBM SPSS Statistics 20.
- 3.- Se realizó el modelo de regresión considerando los valores naturales y el valor logaritmo natural de las variables ambientales y sociales.
- 4.- Con la constante y coeficientes se realizó el cálculo de la TIR estimada, mediante el error de estimación se comparó los valores observados vs los estimados, obteniéndose un 92% de confiabilidad para ambas estimaciones.

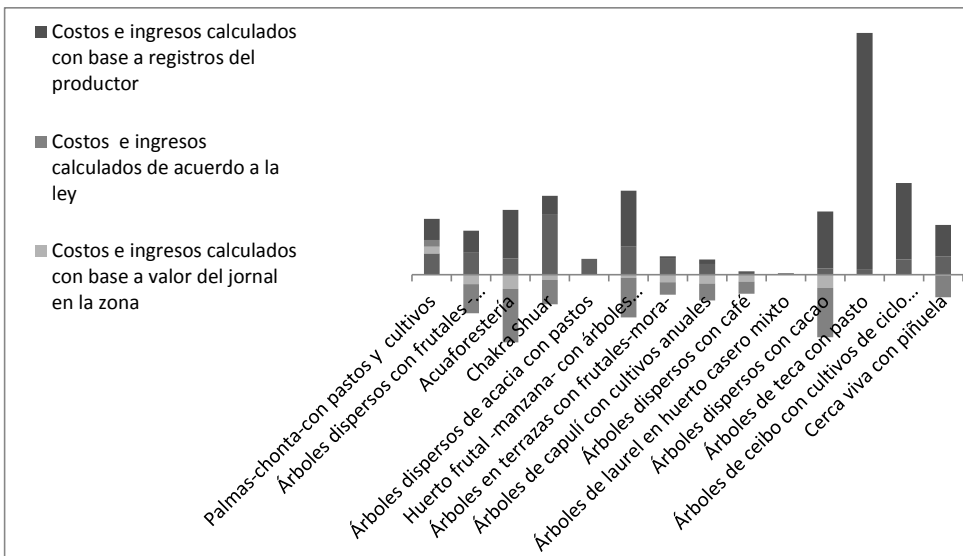
## **Resultados**

## Análisis de sustentabilidad financiera

### Valor Actualizado Neto (VAN)

En todas las prácticas que se realizaron los cálculos de costos e ingresos con base al área de cada una y tomando como referencia la información proporcionada por el propietario, los valores del VAN fueron positivos, de igual manera ocurre cuando se proyecta a una hectárea.

Contrariamente, cuando se analizan los escenarios donde se calcula los costos e ingresos con base a los salarios que establece la ley o el vigente a nivel local, los valores del VAN son negativos exceptuando la práctica de palmas (chonta) con pastos y cultivos que presentó el VAN de US \$ 10153,16. En la figura 2 se indican los cuatro escenarios analizados.



**Figura 2.**

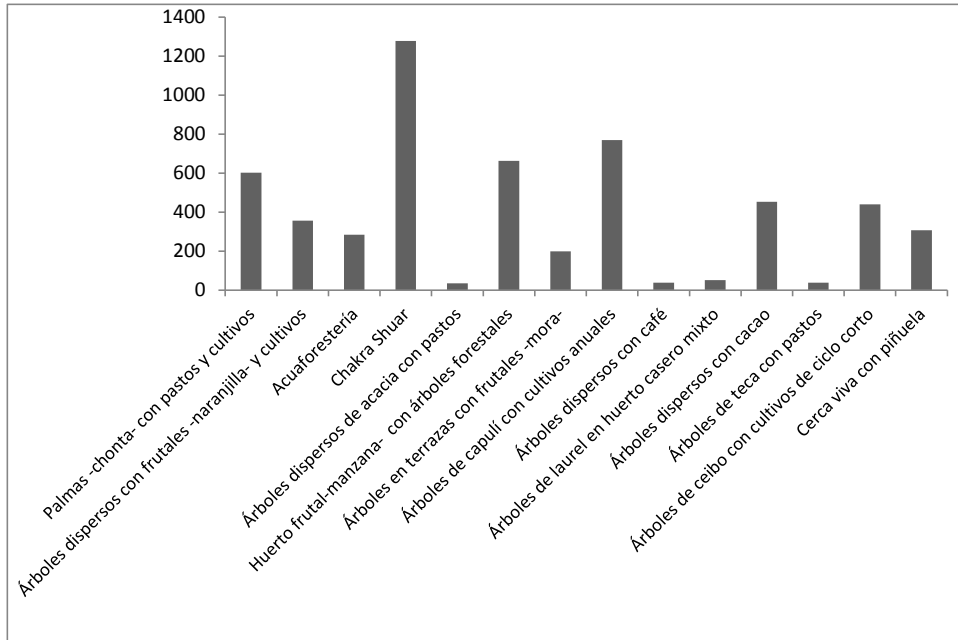
VAN calculados para cada práctica agroforestal y proyectado a cuatro escenarios

**Fuente:** Autores

### Tasa Interna de Retorno (TIR)

Los valores registrados en las tasas Internas de Retorno de cada una de las 14 prácticas agroforestales resultaron ser superiores a la tasa referencial (11%), este cálculo se efectuó tomando como base la información proporcionada por los propietarios de cada predio.

Entre las 14 prácticas agroforestales, la Chakra Shuar resulta tener la mejor TIR (1278,5%), esto obedece a que es un sistema tradicional que no invierte en insumos externos al predio, su mano de obra es familiar y no asalariada, produce permanentemente y los excedentes de la producción se comercializan localmente, como se indica en la figura 3.



**Figura 3.**

TIR calculada para cada práctica agroforestal

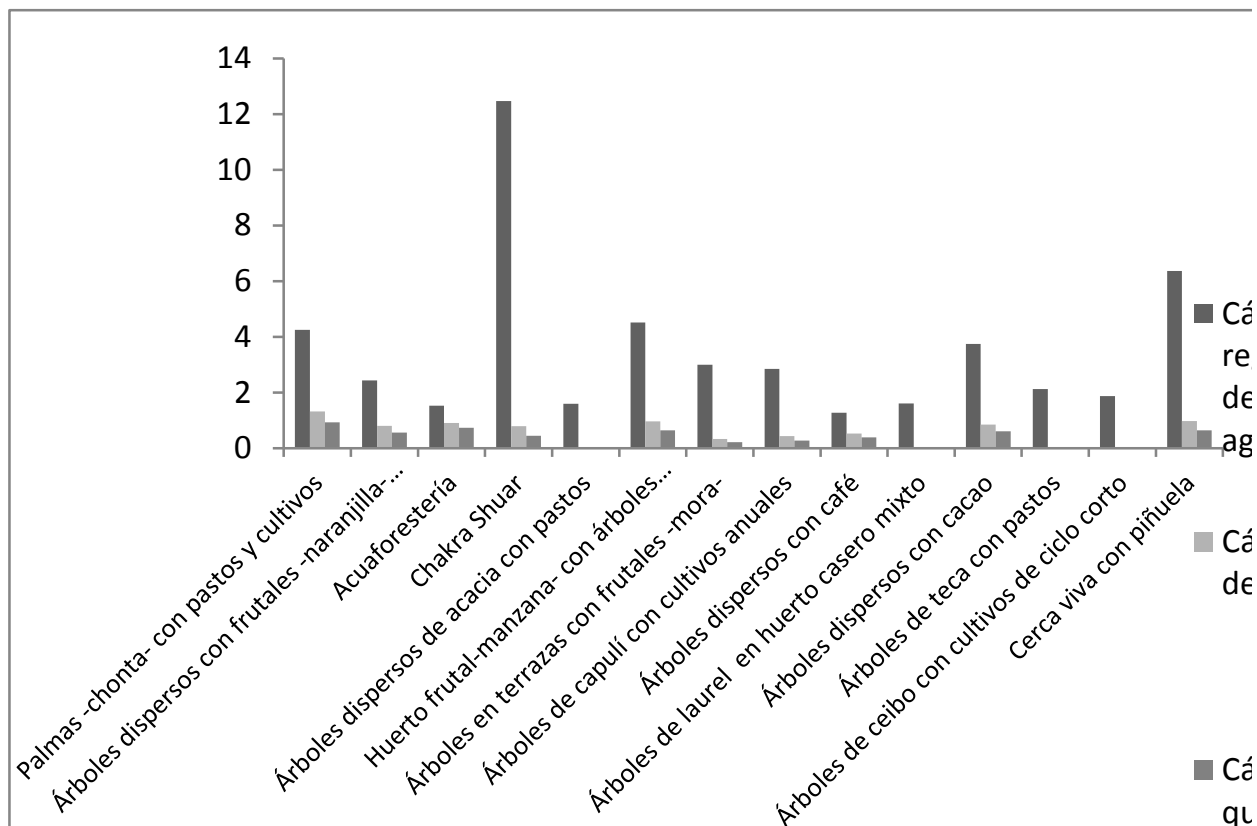
Fuente: Autores

A nivel de los sistemas agroforestales, de acuerdo a los componentes que los integran, los agrosilvopastoriles (de mayor complejidad en su estructura y funcionalidad) y agrosilvícolas son los que mejores TIR presentan; en el caso de los primeros, las prácticas que presentan las mejores tasas son la Chakra Shuar (1278,5%) y las palmas (chonta) con pastos y cultivos (602,5%). En el caso de los sistemas agrosilvícolas los más representativos fueron: árboles de capulí con cultivos anuales (769,5%) y huerto frutal (manzana) con árboles forestales (662,8%).

Contrariamente hay sistemas silvopastoriles presentan las TIR más bajas, es el caso de árboles de teca con pastos (37,8%) y árboles dispersos con pastos en Carchi (34,7%). Es importante señalar que, en el caso del sistema con teca, una vez que los árboles produzcan madera (turno= 25 años aproximadamente) que es muy cotizada en mercados internacionales, se podrá incrementar y revertir esta aparente baja tasa de rentabilidad.

### **Relación Beneficio/Costo (B/C)**

Para el análisis de la relación beneficio-costo se proyectaron tres escenarios como se muestra en la figura 4: 1) cálculos con base a los registros del propietario de la práctica agroforestal, 2) cálculos con base al valor del jornal en la zona, 3) cálculos con base a los que establece la ley para un trabajador agrícola.



**Figura 4.**

Relación beneficio/Costo de 14 prácticas agroforestales proyectada para tres escenarios

**Fuente:** Autores

En el escenario 1, que se calculó con base a los registros del propietario de cada predio, todos los valores de la relación B/C mostraron ganancias, resultando ser la más representativa la chackra Shuar con una ganancia de US \$ 11,47 seguida de la cerca viva con piñuela con US \$ 5,37, luego están las palmas (chonta) con pastos y cultivos que tuvo US \$ 3,25 y el huerto frutal (manzana) con árboles forestales que presentó US \$ 3,52, entre los más representativos.

En el escenario 2 únicamente la práctica palmas (chonta) con pastos y cultivos registró una ganancia de US \$ 0,32; mientras todas las restantes 13 prácticas presentaron una relación B/C de pérdida. En el escenario 3 todas las 14 prácticas mostraron pérdidas.

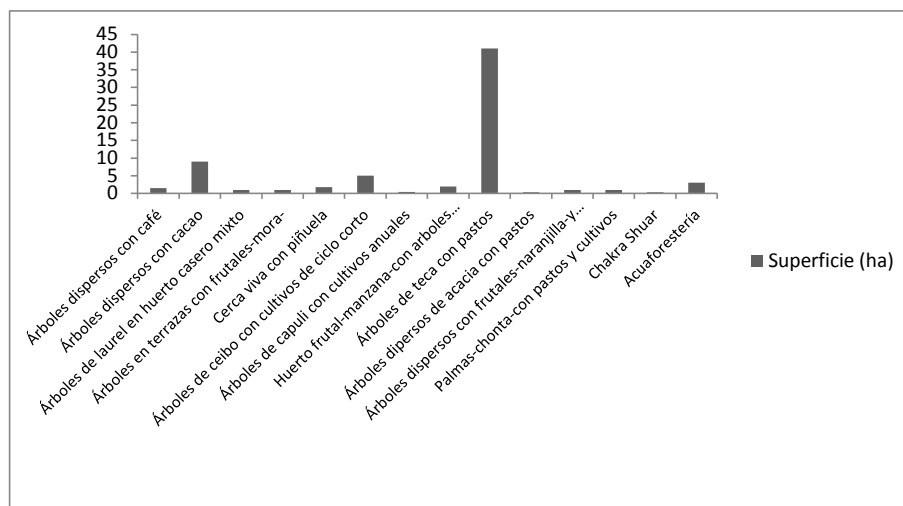
Las prácticas que requieren mayor cantidad de mano de obra y/o insumos registraron los mayores costos, lo que influyó para que la relación con los beneficios sean las menores, es el caso de los sistemas silvopastoriles en la región andina (provincia de Carchi) presentaron una B/C de US \$ 0,60 y los árboles de teca con pastos US \$ 1,13.

En los sistemas agrosilvícolas, las prácticas árboles dispersos con café tuvieron un B/C de US \$ 0,27, los árboles de ceibo con cultivos anuales US \$ 0,87. Otro sistema que mostró una baja relación B/C fue la acuaforestería con US \$ 0,53.

### Análisis de sustentabilidad social

Nueve de las 14 prácticas agroforestales tienen como propietarios a hombres y cinco a mujeres, las edades de las mujeres fluctúan entre los 50 y 62 años, mientras la de los hombres entre los 34 y 68 años.

En cuanto al área de las prácticas agroforestales, estas fueron desde 1.500 m<sup>2</sup> que corresponde a los frutales con cultivos agrícolas y pastos -en la provincia de Tungurahua- hasta 41 ha que es el sistema silvopastoril de teca con pasto en la provincia de Guayas, tal como se muestra en la figura 5.



**Figura 5.**

Superficie ocupada por cada práctica agroforestal analizada

**Fuente:** Autores

Es importante resaltar la flexibilidad de las prácticas agroforestales para adaptarse a diferentes escalas de superficie, desde muy pequeñas hasta muy grandes, esto vuelve a las tecnologías agroforestales idóneas para aportar a mejorar la sostenibilidad de los medios de vida comunitarios.

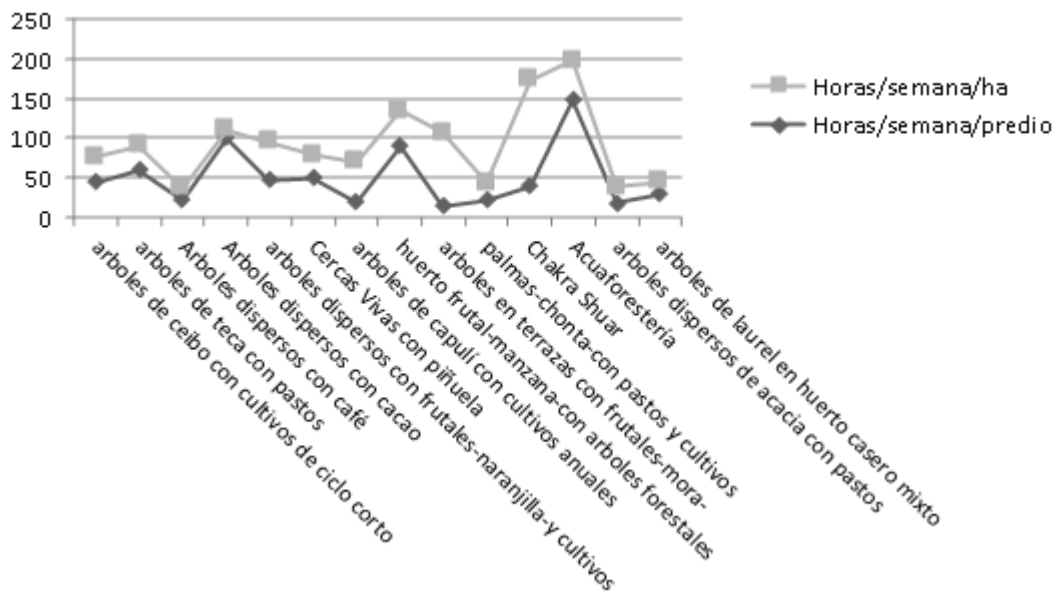
En cuanto a la participación de la mano de obra familiar, exceptuando el sistema silvopastoril con teca, las restantes 13 prácticas agroforestales dan cuenta del uso de este tipo de fuerza de trabajo.

En un 20% de prácticas trabajan cuatro miembros de la familia: esposo, esposa, hijo e hija; en un 30% tres integrantes de la familia: esposo, esposa e hijo; un 30% esposo y esposa; 10% esposa e hija y 10% esposa e hijo.

El aporte del trabajo familiar varía de acuerdo a la superficie del predio y/o la práctica agroforestal, los tiempos dedicados por los miembros de las familias van desde 14 horas por semana en la práctica de árboles frutales con cultivos y pastos hasta 148 horas/semana en la acuaforestería, tal como se muestra en la figura 6.

En el caso de la acuaforestería participan cuatro miembros de la familia (esposo, esposa, hijo e hija), a más de ser una actividad que requiere atención de mano de obra permanente por su propia naturaleza, en este caso se incluyen 40 horas dedicadas a la comercialización del producto, actividad que es liderada por la hija de la

familia. La práctica de árboles frutales con cultivos y pastos, la menor cantidad de mano de obra utilizada se debe fundamentalmente a la superficie del terreno que es de 0,15 ha.



**Figura 6.**

Empleo de mano de obra familiar cada práctica agroforestal

Fuente: Autores

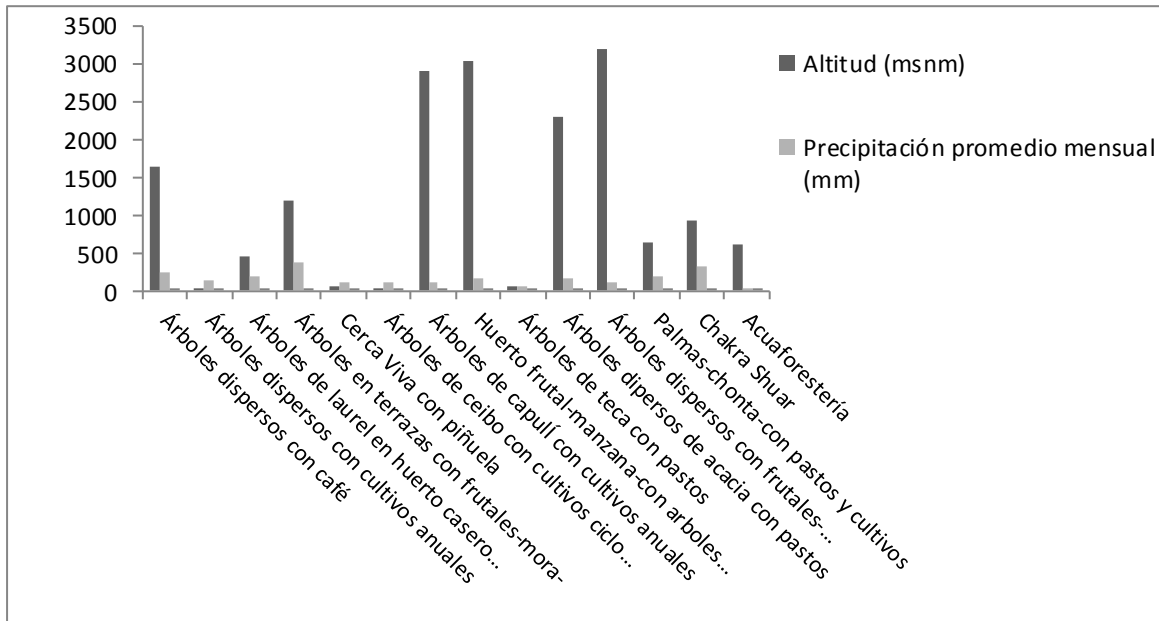
Al hacer un análisis de la cantidad de mano de obra familiar proyectada a una hectárea de cada práctica agroforestal, las prácticas que manejan cultivos de ciclo corto y peces son las que demandan más mano de obra, estas son Chakra Shuar (133,33 horas/semana), árboles frutales con cultivos y pastos (93,33 horas/semana) y acuaforestería (49,33 horas/semana). De otro lado las prácticas que manejan una agricultura con cultivos perennes resultan ser los que menos mano de obra requieren, es el caso de las prácticas de árboles dispersos con cacao y árboles dispersos con café que requieren 11,11 horas/semana y 14,66 horas/semana, respectivamente.

### Análisis de sustentabilidad ambiental

Tres parámetros se analizaron en el indicador ambiental de las prácticas agroforestales, estos son el microclima, suelos y número de especies por práctica.

#### Microclima

Cada práctica agroforestal se desarrolla en un microclima particular diferenciadas por los parámetros que rigen en los sitios donde estas se encuentran. Los criterios a considerar fueron tres: altitud sobre el nivel del mar (msnm), precipitación promedio mensual (mm) y temperatura promedio mensual (°C) tal como se muestra en la figura 7.



**Figura 7.**  
Parámetros microclimáticos de las prácticas agroforestales analizadas  
**Fuente:** Autores

Los tres parámetros están determinados por las condiciones geográficas de ubicación de cada práctica agroforestal, así los sitios con mayor altitud (msnm) se encuentran en la Región Andina, los de altitudes medias en la Región Amazónica y los de altitudes bajas en la Región Costa.

Los niveles más altos de precipitación promedio anual se registran en la Región Amazónica, que van entre 183,58 a 388 mm/mes; contrariamente, las precipitaciones más bajas corresponden a las prácticas agroforestales que se manejan en la Región Costa, en sitios donde predomina la formación vegetal Bosque Seco Tropical fluctuando estas entre 73,5 y 120, 41 mm/mes. En la Región Andina también se registran precipitaciones bajas en la parte central 103 y 122, 66 mm/mes. En las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes, donde se analizó la práctica agroforestal de árboles con café, se registró una precipitación promedio anual de 234,58 mm/mes.

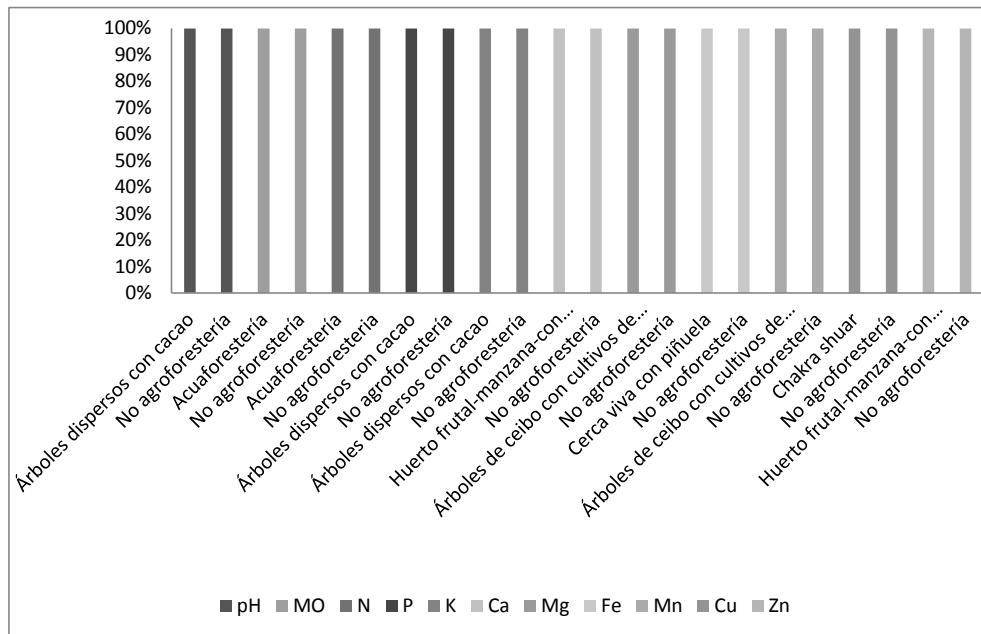
Las temperaturas más altas se registran en la Región Costa; en las áreas de Bosque Seco Tropical el promedio mensual varía entre 23, 8°C y 25°C, mientras donde predomina el Bosque Húmedo Tropical el valor máximo alcanza a las áreas de producción de cacao que va desde 22,8°C a 25,5°C. En la Amazonía la temperatura promedio varía entre 21°C y 22,3°C. En la Región Andina se encontraron temperaturas entre los 10°C a 12,7°C.

Al correlacionar la altitud con la temperatura, se confirma lo ya corroborado por la ciencia que a mayor altura menor temperatura y a menor altura mayor temperatura. Así la práctica agroforestal ubicada a 3.204 msnm registra la menor temperatura que es 10°C, la práctica de árboles de ceibo con cultivos agrícolas de ciclo corto ubicada a 17 msnm presenta una temperatura de 25, 2°C.

## Suelos

En términos generales las distintas tecnologías agroforestales no influyen sobre las características químicas del suelo. Los valores registrados en los suelos donde se desarrollan las prácticas no difieren mayormente de aquellos donde no existen.

No obstante, se registran prácticas que tienen mayor influencia que otras. En la figura 8 se puede apreciar que seis prácticas son las que influyen mayormente en las características químicas de los suelos, en tres casos los elementos que se encuentran en las prácticas no agroforestales presentan niveles superiores a las agroforestales que son pH, Ca y Cu.



**Figura 8.**

Prácticas de mayor influencia en las características químicas de los suelos

**Fuente:** Autores

Sin embargo entre las pequeñas diferencias encontradas por cada uno de los parámetros químicos analizados, seguidamente se presenta un análisis sucinto de las mismas.

### pH

De las 14 prácticas analizadas, en nueve de ellas los valores del pH fueron similares entre las prácticas agroforestales y las no agroforestales; en cinco, las diferencias son sutiles con ligeras diferencias en los valores que permiten interpretaciones diferentes, por ejemplo, la práctica árboles de capulí con cultivos anuales presenta un valor de pH de 6,69 equivalente a neutro, mientras la práctica no agroforestal tiene un pH de 6,10 interpretado como ligeramente ácido.



### **Materia orgánica (MO) y Nitrógeno (N)**

Los contenidos de materia orgánica y nitrógeno no muestran diferencias entre una práctica agroforestal y otra que no lo sea en 11 de las 14 estudiadas. En la región Costa existen dos prácticas y una en la Amazonía que presentan valores diferentes, siendo los más representativos la acuaforestería cuyo contenido de materia orgánica fue de 8,17% catalogado como alto, mientras en la práctica comparativa no agroforestal fue de 1,36% siendo baja. El N en la práctica de acuaforestería fue de 0,41% considerado alto y en la práctica no agroforestal de 0,07% interpretado como bajo.

### **Fósforo (P)**

Solo en tres prácticas se registran diferencias en los contenidos de P, la más evidente es la práctica árboles dispersos con cacao, la misma que presenta 114,9 ppm considerado alto, mientras la práctica no agroforestal tiene 8,3 ppm siendo un valor muy bajo.

### **Bases (K, Ca y Mg)**

El K se encuentra en cantidades similares en 11 de las 14 prácticas tanto agroforestales como en las no agroforestales. La práctica árboles dispersos con cacao es donde es visible la diferencia, se registró 0,53 cmol/Kg de K calificado como alto, mientras en la práctica no agroforestal el dato fue de 0,08 cmol/Kg de K interpretado como bajo.

En cuanto al Ca en la práctica Palmas (chonta) con pastos y cultivos se presenta la única diferencia ya que el valor es de 10,50 cmol/kg interpretado como alto, y en la práctica no agroforestal el registro fue de 4,32 cmol/Kg considerado bajo.

El Mg en la única práctica que presenta diferencias es árboles de ceibo con cultivos de ciclo corto con valores de 3,47 cmol/Kg catalogado como alto, mientras en la práctica no agroforestal el valor fue de 1,168 considerado medio.

### **Hierro (Fe)**

En las prácticas cercas vivas con piñuela y árboles en terrazas con frutales (mora) se encuentran diferencias en el contenido de hierro. En la primera los niveles de hierro son medios mientras que en la práctica no agroforestal se encuentran bajos; en la segunda práctica el Fe presenta altos niveles y en la no agroforestal están bajos.

### **Magnesio (Mn)**

En dos prácticas se encontraron diferencias en los contenidos de magnesio, la una fue en la región Costa en los árboles de ceibo con cultivos de ciclo corto que registraron 5,49 ppm considerado medio, mientras la práctica agroforestal 2,47 ppm interpretado como bajo.

La otra práctica fue en la sierra donde los árboles con terrazas con frutales (mora) presentaron 5,17 ppm definido como medio y la práctica no agroforestal tuvo 0,79 ppm considerado bajo.

### **Cobre (Cu)**

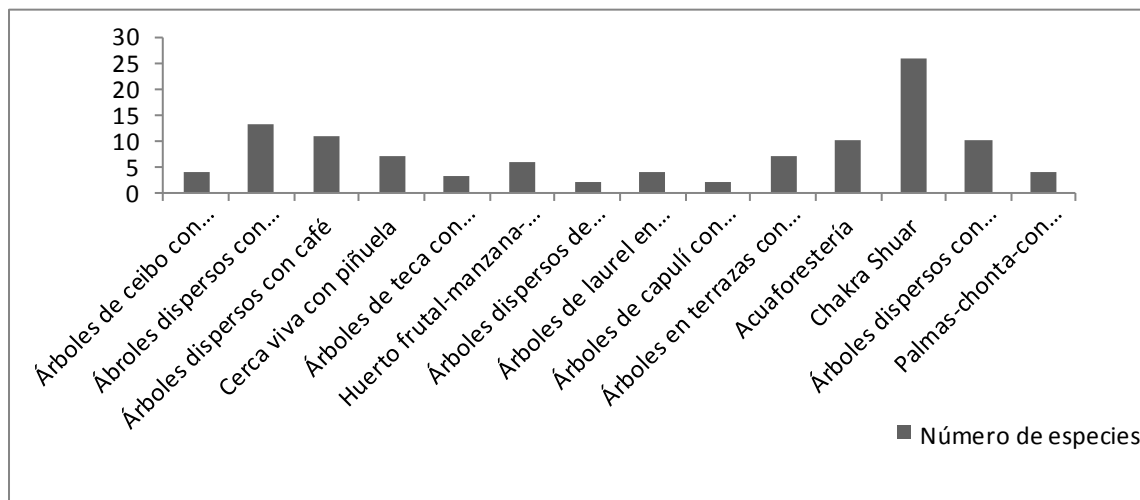
En una sola práctica se encontró diferencias, fue en la chakra shuar donde se registró un valor de 2,95 ppm que responde a un valor medio, mientras en la práctica agroforestal este valor fue de 14,74 ppm correspondiendo a un valor alto.

### **Zinc (Zn)**

En dos prácticas se registraron valores diferentes, estos son huerto frutal (manzana) con árboles forestales donde se encontró un valor de 10,11 ppm equivalente a alto, mientras en la práctica no agroforestal fue de 3,39 ppm interpretado como medio; la otra práctica fue acuaforestería donde el valor fue de 3,95 considerado medio, mientras la práctica no agroforestal registro 1,60 lo que equivale a bajo.

### Número de especies

El número de especies varía en cada práctica y depende de varios factores, entre ellos la región natural, la tradición de manejar el sistema y los propios objetivos económicos, sociales y ambientales como se muestra en la figura 9.



**Figura 9.**

Nuero de especies presentes en cada práctica agroforestal analizada

**Fuente:** Autores

### Análisis estadístico

El VAN presentó una alta correlación, a nivel del 99% de probabilidad estadística, con las variables TIR, B/C, precipitación, materia orgánica, número de especies y mano de obra familiar. La TIR a su vez con B/C, precipitación, número de especies y con mano de obra familiar. La mano de obra tuvo relación con número de especies y con materia orgánica.

Las ecuaciones resultantes para la TIR Ecológica (Eco) y la TIR Social (Soc) fueron las siguientes:

$$TIREco = -10,869 + 0,115a + 0,673b + 4,528LNc + 0,0002abc - 0,041aLNc - 0,011bLNc$$

$$TIRsoc = -10,869 + 0,115a + 0,673b + 4,528LNc + 0,0002abc - 0,041aLNc - 0,011bLNc$$

Dónde:

TIR Eco:

a= precipitación

b= materia orgánica

c= número de especies

TIR Soc:

a= mano de obra familiar

b= hectáreas

c= número de especies

## Conclusiones

- Las prácticas agroforestales resultaron ser sustentables frente a aquellas que no incorporan el componente arbóreo en sus sistemas productivos sean agrícolas o ganaderos,
- las prácticas que utilizan saberes ancestrales presentaron mejores y mayores elementos de sustentabilidad que los otros tipos de prácticas agroforestales
- Todas las prácticas agroforestales estudiadas mostraron los parámetros financieros VAN, TIR y B/C positivos con cálculos de costos e ingresos basados en la información proporcionada por los propietarios de cada predio
- La generación de empleo que es absorbida por la mano de obra familiar, es un factor de sostenibilidad muy apropiado en un contexto que es carente de oportunidades laborales remuneradas. La mano de obra familiar presentó una correlación con los indicadores financieros VAN y TIR y con indicadores ambientales tales como materia orgánica y número de especies.
- El indicador ambiental tiene un gran peso específico al momento de analizar la sostenibilidad de las tecnologías agroforestales. La precipitación, contenido de materia orgánica y número de especies presentaron una correlación con los parámetros financieros VAN y TIR y con el social mano de obra familiar.

## Referencias

- Aguirre, C. y Vizcaíno, M. (2010). *Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales*. Ibarra, Ecuador: Universitaria.
- Altieri, M. (1997). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable* (2da ed.). Lima, Perú: Centro de Investigación, Educación y Desarrollo.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2006). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Recuperado de <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/altieri01.pdf>
- Añazco, M., Yaguache, R. y Carrión, R. (1999). *Caracterización de Sistemas Agroforestales en la Provincia de Imbabura*. Quito, Ecuador.
- Añazco, M. (2000). *Introducción al manejo de los recursos naturales y a la agroforestería*. Quito, Ecuador. CAMAREN.
- Añazco, M. Yaguache, R. (2003). *Manejo Sustentable de recursos naturales en el bosque seco tropical*. Loja, Ecuador: SNV-RAFE.
- Bandy, D., Garrity, D. y Sánchez, P. (julio-septiembre 1994). *El problema mundial de la agricultura de tala y quema*. Agroforestería en las Américas, (3), pp. 14-20.
- Boese, E. (1992). *Actividades agroforestales y silviculturales en la Región Amazónica Ecuatoriana: Experiencias y Resultados 1985-1990 en la región Lumbaquí, Provincia de Sucumbíos*. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería, GTZ, RAFE.

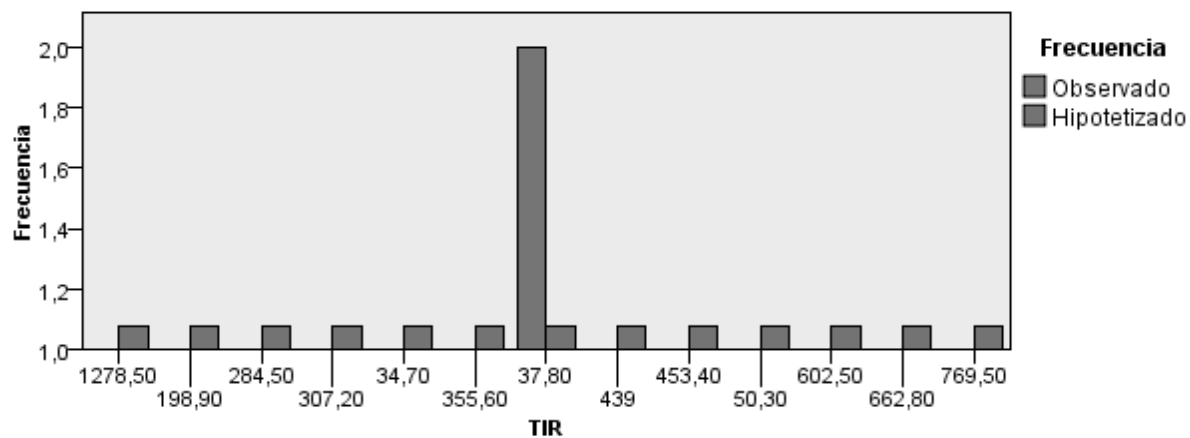
- Carlson, P. y Añazco, M. (1990). *Establecimiento y manejo de prácticas agroforestales en la sierra ecuatoriana*. Quito, Ecuador: RAFE.
- Checa, X. (2010). *Caracterización de sistemas agroforestales en la sub-región sierra centro del Ecuador*. (Tesis de pregrado inédita). Universidad Central, Quito, Ecuador.
- De Souza, J. (2001). *¿Una época de cambios o un cambio de época? Elementos de referencia para interpretar las contradicciones del momento actual*. Recuperado de <http://icci.native web.org/boletin/25/ souza.html>.
- Equipo Docente Programa de Doctorado en Desarrollo Humano y Sustentable. (2006a). *Desarrollo sustentable: Desarrollo sustentable y economía ecológica (primera parte)*. Santiago, Chile: Universidad Bolivariana y CLADES.
- Fassbender, H. (1987). *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, GTZ.
- Fernández, L. (1996). *Estadística Agrícola*. Bogotá, Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (1998). *Metodología de la investigación* (2da ed.). México D.F: Ultra.
- Ibrahim, M. y Pezo, D. (2012). Interacciones en sistemas silvopastoriles. En Detlefsen, G. y Somarriba, E.(Eds.), *Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica*, pp69-85. Recuperado de [www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)
- Jordán, C., Herz, C., Añazco, M. y Andrade, M. (1999). *Construyendo cambios: Desarrollo Forestal Comunitario en los Andes*. Quito, Ecuador: FAO.
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. (1999). *Agroforestería básica*. México, D.F., México. FAO-PNUMA.
- Lojan, L. (2003a). *El verdor de los andes ecuatorianos. Promesas y realidades*. Quito, Ecuador: Proyecto DFC.
- Lojan, L. (Ed.). (2003b). *Agroforestería: Sistematización de la Propuesta Manejo Comunitario de los Recursos Naturales*. Quito, Ecuador: Proyecto DFC.
- Montagnini, F. (1992). *Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para estudios tropicales* (2 da Ed.). San José, Costa Rica: Organización para estudios tropicales.
- Montagnini, F; Somarriba, E; Murgueitio, E; Fassola, H; Eibl, B. 2015. *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p.
- Nieto, C., Ramos, R. y Galarza, J. (2005). *Sistemas agroforestales aplicables en la sierra ecuatoriana: Realidad de una década de experiencia en campo*. Quito, Ecuador: INIAP.
- Ocaña, D. (1994). *Desarrollo forestal campesino en la región andina del Perú*. Lima-Perú: Proyecto FAO-Holanda.

- Ospina, A. (2006). *Agroforestería: Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia: ACASOC.
- Pacheco, J. y Contreras, E. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Santiago de Chile: ILPES-CEPAL.
- Padilla, S. (1995). *Manejo Agroforestal Andino*. Quito, Ecuador: Proyecto FAO-Holanda “Desarrollo Forestal Participativo en los Andes”.
- Ramírez, E. (2010). *Agroforestería*. Cuenca, Ecuador: Proyecto Río Blanco, E:M:C. s.c.c.
- Roche, H. y Constantino, V. (2005). *Métodos cuantitativos aplicados a la administración. Material de apoyo: Análisis multicriterio*. Recuperado de <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>
- Somarriba, E. (2012). Definición de agroforestería. En Detlefsen, G. y Somarriba, E. (Eds.), *Producción de madera en sistemas agroforestales en América Central* pp.21-26. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Tybirik, K. (1995). *Metodologías de validación de prácticas agroforestales*. Quito, Ecuador: Proyecto FAO-Holanda “Desarrollo Forestal Participativo en los Andes”.
- World Agroforestry Centre (1982). *Agroforestry Systems*. Recuperado de [http://worldagroforestry.org/units/Library/Books/Book%2032/an%20introduction%20to%20agroforestry/html/2\\_definition\\_and\\_concepts.htm?n=6](http://worldagroforestry.org/units/Library/Books/Book%2032/an%20introduction%20to%20agroforestry/html/2_definition_and_concepts.htm?n=6)

*Anexo 1.*

Análisis estadístico utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov para indicador económico-financiero  
 Prueba de chi-cuadrada para TIR

**Prueba de chi-cuadrado de una muestra**



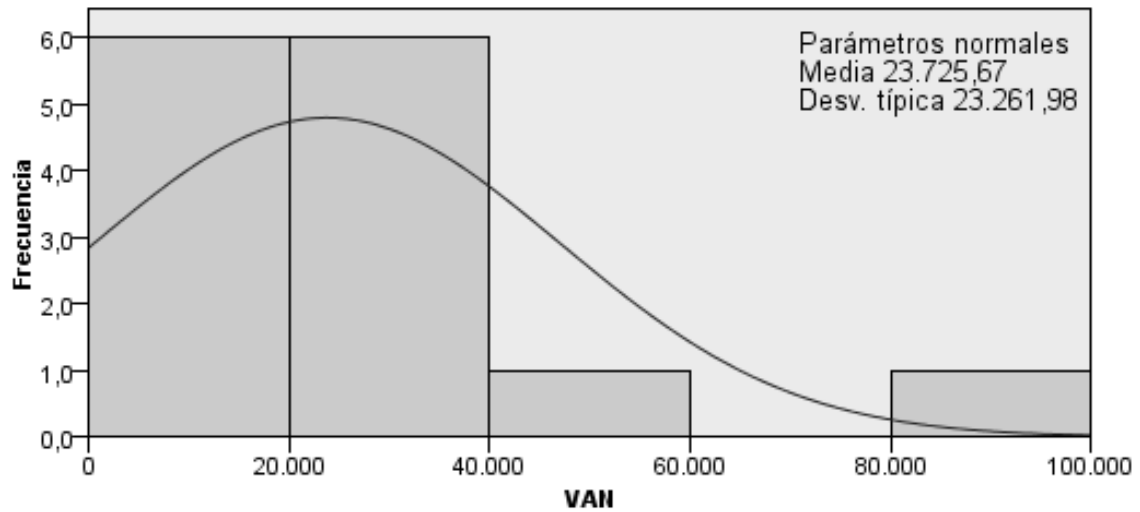
<b>N total</b>	14
<b>Probar estadística</b>	,857
<b>Grados de libertad</b>	12
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>	1,000

1. Hay 13 casillas (100%) con valores esperados menores que 5. El valor mínimo esperado es 1,077.

*Anexo 2.*

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el VAN

**Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra**

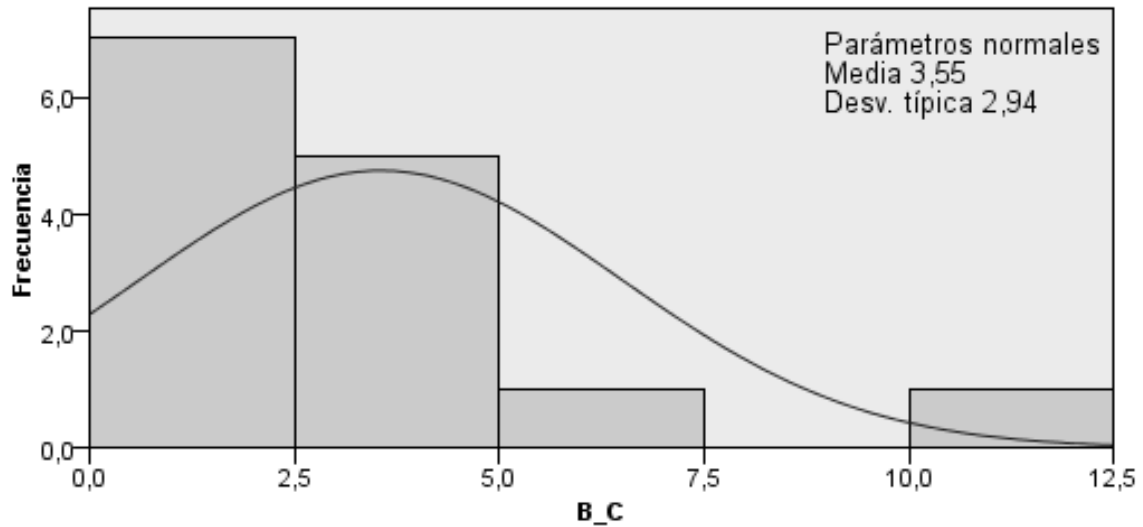


<b>N total</b>		14
	<b>Absolutos</b>	,202
<b>Diferencias más extremas</b>	<b>Positivos</b>	,202
	<b>Negativos</b>	-,180
<b>Probar estadística</b>		,758
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>		,614

*Anexo 3.*

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la relación B/C

**Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra**



<b>N total</b>		14
	<b>Absolutos</b>	,228
<b>Diferencias más extremas</b>	<b>Positivos</b>	,228
	<b>Negativos</b>	-,220
<b>Probar estadística</b>		,851
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>		,463



# Evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de Arrayán (*Myrcianthes Hallii*) (o. Berg) Mc Vaugh. Quito, Pichincha

**Karla Jaramillo J.**

Universidad Central del Ecuador  
krlajaramillo-jiménez@hotmail.com

**Marcelo Calvache Ulloa**

Universidad Central del Ecuador  
calvache@uio.satnet.net

**Valdano Tafúr R**

Universidad Central del Ecuador  
valdanotafur@hotmail.com

## Resumen

Para controlar la erosión y deforestación de determinadas áreas de la provincia de Pichincha se consideró la reforestación con especies forestales nativas. Para acelerar este proceso se optó por la micro propagación de *Myrcianthes hallii*(O. Berg) Mc Vaugh. El estudio inició con la selección de explantes obtenidos de plantas aclimatadas de cuatro meses de edad, producto de la germinación *in vitro* de semillas. Los explantes se lavaron, desinfectaron y colocaron en medios de cultivo Murashige & Skoog a la mitad de la concentración de sales (MS ½) y Woody Plant Medium (WPM) con diferentes concentraciones de la hormona 6-bencilaminopurina (BAP) para brotación. Transcurridos 60 días, los brotes obtenidos se inocularon en los medios de cultivo MS ½ y WPM ½ con diferentes concentraciones de la hormona ácido indo butírico (IBA) para enraizamiento. El análisis estadístico empleado fue un Diseño Completamente al Azar con factorial 2 x 4 conformado por cinco observaciones determinándose que para brotación MS ½ + 0.3 ppm BAP obtuvo brotes en menor tiempo con mayor longitud; para enraizamiento MS ½ + 0.1 ppm IBA incremento la longitud de raíces con alto porcentaje de enraizamiento, técnica que permitió obtener plantas a un costo de 0.46 USD..

**Palabras clave:** Forestación, Explantes, Hormona, Brotación, Enraizamiento.

## Abstract

To control erosion and deforestation in certain areas of Pichincha province it was considered reforestation with native tree species. For this process we choose micro propagation of *Myrcianthes hallii* (O. Berg) Mc Vaugh. The study began with the selection of explants from four-month-old acclimatized plants, coming from *in vitro* germination of seeds. The explants were washed, disinfected and placed in Murashige & Skoog culture medium at half strength of salts (MS ½) and Woody Plant Medium (WPM) with different concentrations of 6-benzylaminopurine (BAP) for shoot formation. After 60 days, the shoots obtained were inoculated in culture media MS ½ and WPM ½ with different concentrations of indole butyric acid (IBA) for rooting. The statistical analysis used was a completely randomized design with factorial 2 x 4 with five observations. It was determined that regarding shoot formation MS ½ + 0.3 ppm BAP obtained longer shoots and in shorter time; regarding rooting MS ½ + IBA 0.1 ppm increased root length and a high percentage of rooting. This technique yielded plants at a cost of 0.46 USD.

**Keywords:** Reforestation, Explants, Hormone, Budding, Rooting.

## Introducción

Los suelos del Ecuador y su paisaje agrario se caracteriza cada vez más por el dominio de monocultivos de unas pocas especies de cultivos agrícolas y/o pastos, sean estas de ciclos cortos o perennes, ejemplos en la región andina son los monocultivos de papa *Solanum tuberosum*, maíz *Zea mays* y pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*; en la costa el banano *Musa paradisiaca*, caña de azúcar *Saccharum officinarum* y un gran porcentaje de cacao *Theobroma cacao* L; en la Amazonía es muy común el monocultivo de pastos con especies tales como *Axonopus scoparius*, *Brachiaria decumbens* y *Echinochloa polystachia*. (Calvache, 2015). Entre los problemas que se le atribuyen al monocultivo constan los siguientes: pérdida de biodiversidad, degradación de los suelos, incremento de la exigencia de agua y nutrientes, mayor exposición a la атаque de plagas y enfermedades, disminución de conocimientos ancestrales, deterioro del paisaje agrario e incremento de los riesgos de pérdidas económicas.

La agroforestería tiene raíces históricas puesto que ha sido practicada por los primeros habitantes de la tierra; en el contexto académico e investigativo aún persisten opiniones diversas sobre el concepto y la definición de agroforestería, uno de los primeros debates académicos fue respecto a lo que se entendía por agroforestería, al respecto Altieri y Nichols (2006) señalan: que en las décadas de los años 80 y 90, se dedicó bastante esfuerzo a la discusión, debate y concretización de cómo definir, clasificar y nombrar las formas de uso agroforestal de la tierra. Numerosas definiciones fueron propuestas por diferentes grupos de investigadores que trabajaban en África, América, Asia y las islas del Pacífico, las cuales se debatieron en diferentes congresos y en la literatura científica y técnica de la época. (p.21)

La importancia de la agroforestería radica en constituirse en una de las mejores alternativas tecnológicas para el manejo sostenible de los recursos naturales; desde esta premisa tiene varios campos de aplicación y de análisis como son los siguientes: mitigar los impactos de la Revolución Verde, manejo de los recursos naturales con enfoque agroecológico, poner en práctica el concepto y/o definición de agricultura rural familiar campesina y urbana, aportar a la sostenibilidad de los medios de vida comunitarios y enfrentar los efectos adversos del cambio climático.

En cuanto a la revolución verde, Altieri y Nicholls (2006) señalan que: los impactos de la revolución verde a las sociedades rurales se los puede agrupar en dos categorías: Primero, enfermedades del ecotopo, las cuales incluyen erosión, pérdida de fertilidad del suelo, agotamiento de reservas de nutrientes, salinización y alcalinización, polución de los sistemas de agua, entre otros. Segundo, enfermedades de la biocenosis, las cuales incluyen pérdida de agro biodiversidad y recursos genéticos, eliminación de enemigos naturales, reaparición de plagas y resistencia genética a los plaguicidas, y destrucción de los mecanismos de control natural.

La agroforestería puede contribuir a mitigar estos impactos de la revolución verde, mejorando la resiliencia del agroecosistema. El uso de tecnologías agroforestales contribuiría en términos generales de dos maneras: mediante la restauración del suelo e incrementando la biodiversidad.

En cuanto a los aportes de la agroforestería al cambio climático, la literatura es rica en señalar varios, entre los cuales están la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, sombra para animales y cultivos, al respecto Montagnini, F; Somarriba, E; Murgueitio, E; Fassola, H; Eibl, B. (2015) señalan que la disminución de la temperatura del aire bajo el dosel arbóreo es una de las ventajas principales de los sistemas silvopastoriles (SSP). Los sistemas silvopastoriles pueden contribuir a la mitigación del cambio climático debido a la captura de carbono, tanto

por arriba como por debajo de la tierra, con la ventaja adicional de aumentar la productividad en el corto y largo plazo, favorecer la biodiversidad y proveer beneficios sociales y económicos al agricultor. En los SSP las temperaturas durante todo el año en climas tropicales pueden ser en promedio 2-5°C menores bajo la copa de los árboles en comparación con temperaturas medidas afuera de la copa, lo cual depende de las características de los árboles. Asimismo, en climas subtropicales en el invierno las temperaturas son mayores bajo dosel arbóreo que al descubierto. De esta manera la incorporación de árboles para sombra en SSP agrega resiliencia para la adaptación a la variabilidad del clima.

La provincia de Pichincha es la segunda más poblada del Ecuador, en la cual se desarrollan sistemas de uso intensivo de recursos naturales ejerciendo presión sobre los diferentes ecosistemas (GPP, 2010), lo que provoca erosión y desgaste de los suelos. Con esta problemática el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha (GADPP), la Facultad de Ciencias Agrícolas (FCA) de la Universidad Central del Ecuador (UCE), y el Colegio de Ingenieros Forestales de Pichincha (CIFOP), trabajaron conjuntamente con el Proyecto “Pichincha Verde” que se enfoca en la agroforestería, conservación, protección, manejo y uso sostenible de los Recursos Naturales, buscando como parte de las alternativas la reforestación como control ante la erosión y deforestación para áreas estratégicas con especies nativas forestales. Considerando para dicho efecto a *Myrcianthes ballii* (O. Berg) Mc Vaugh, perteneciente a la familia Myrtaceae, nativo de los bosques andinos de Ecuador, de crecimiento lento, con semillas recalcitrantes y que está en peligro de extinción debido a su explotación para materia prima y combustible, (Loján, 1992 y Mora, 2005). Por ello la investigación trató de encontrar la técnica de micro propagación que consiste en propagar plantas de calidad uniforme a escala comercial a partir de un genotipo selecto con una tasa de multiplicación ilimitada en un ambiente artificial controlado, empleando un medio de cultivo adecuado, (Olmos *et al.*, 2010). Con estos antecedentes se plantearon los siguientes objetivos: Evaluar medios de cultivo para la micro propagación de *Myrcianthes ballii* (O. Berg) Mc Vaugh. Evaluar diferentes concentraciones de 6-bencilaminopurina (BAP), para estimular la brotación de yemas. Evaluar diferentes concentraciones de ácido indo butírico (IBA), para estimular el enraizamiento de brotes. Calcular el costo de producción de las plantas obtenidas *in vitro* con la tecnología aplicada durante la investigación.

### **Materiales y métodos**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la FCA de la UCE, ubicado en el Campus Universitario de Quito, Pichincha a 2 874 msnm. El cuarto de cultivo presentó una temperatura promedio de 26 °C, humedad relativa de 60%, intensidad luminosa de 4 000 lux y 16 horas de luz. La investigación constó de dos fases, brotación y enraizamiento. Los factores en estudio para la fase I fueron: Medios de cultivo: m1 (Murashige y Skoog ½) y m2 (Woody Plant Medium); concentraciones de 6-bencilaminopurina (BAP) para la inducción de brotes: b0 (0.0 ppm), b1 (0.3 ppm), b2 (0.6 ppm) y b3 (0.9 ppm); para la fase II: Medios de cultivo: m1 (Murashige y Skoog ½) y m2 (Woody Plant Medium ½); y concentraciones de ácido indolbutírico (IBA) para la inducción de raíces adventicias: i0 (0.0 ppm), i1 (0.1 ppm), i2 (0.2 ppm) e i3 (0.3 ppm). Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con un arreglo factorial 2 x 4 con cinco observaciones por tratamiento en las dos fases. La unidad experimental fue un frasco de vidrio de 250 ml de capacidad con 30 ml de medio de cultivo conteniendo un explante para la fase de brotación y 2 brotes para enraizamiento. Las variables evaluadas fueron: días a la brotación, número y longitud de brotes para la fase de brotación; porcentaje de enraizamiento, longitud de raíces, longitud de planta para la fase de enraizamiento y costo de producción de las plantas obtenidas *in vitro*. Se colectó frutos de Arrayán en la parroquia de Puembo, al nororiente de Quito, Provincia de Pichincha a 2 450 msnm; seleccionando fenotípicamente árboles de buen follaje, sanos, en fructificación con una altura promedio de 6 metros; previo al proceso de germinación *in vitro* las semillas

fueron lavadas en agua destilada con detergente comercial y Tween 80 en constante agitación durante 40 minutos, posteriormente en cámara de flujo laminar la desinfección con Hipoclorito de Sodio al 10 %, Alcohol Etilico puro con enjuagues sucesivos en agua destilada esterilizada. Para la siembra se retiró la testa sobre papel absorbente con la ayuda de pinzas y se colocaron en el medio WPM, transcurridos dos meses se realizó la aclimatación de las plantas bajo invernadero, donde permanecieron durante cuatro meses. Se preparó el medio MS ½, WPM y WPM ½, adicionando para brotación 1.5 ppm de GA3 con las concentraciones de BAP (0.0-0.3-0.6-0.9 ppm) y para el enraizamiento 0.25 ppm de ANA, 40 g de sacarosa, 4 g de agar y las concentraciones de IBA (0.0-0.1-0.2-0.3 ppm), se dispensó en los frascos debidamente rotulados con los tratamientos respectivos para esterilizarlos en autoclave a 121 °C a 15 libras de presión durante 20 min. Para la inoculación de la Fase I se obtuvieron los explantes de plantas de cuatro meses de edad, los mismos que se lavaron en agua destilada con detergente y Tween 80, desinfectaron con Alcohol Potable y una solución al 10 % de Hipoclorito de Sodio; se eliminó las partes oxidadas de los explantes y se colocaron en los respectivos medios, finalmente se sellaron los frascos con plástico auto adherente y se incubaron en el cuarto de cultivo por 60 días. Para la Fase II se obtuvieron brotes de la fase anterior con una longitud igual o mayor a 10 mm, se colocaron en los respectivos medios e incubaron por 60 días.

## Resultados y discusión

### 1. Fase I. Brotación

- Días a la formación de brotes

En el ADEVA para esta variable, Cuadro 1, se detectó diferencias significativas para concentraciones de 6-bencilaminopurina (BAP) y diferencias altamente significativas para el efecto lineal. El promedio fue de 10.43 días a la brotación y el coeficiente de variación fue de 14.59 %, que se considera como muy bueno para este tipo de investigaciones, lo cual valida los resultados que se reportan en esta variable.

**Cuadro 1.**

ADEVA para la Fase I en la evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de “Arrayán”

Fuentes de variación	Gl	Cuadrados medios		
		Días a la brotación	Número de brotes	Longitud del brote
Total	39	---	---	---
Tratamientos	7	6.25 *	1.07 ns	42.14 **
medios de cultivo (m)	1	5.63 ns	0.90 ns	112.23 **
concentraciones bap (b)	3	9.69 *	1.63 ns	17.89 ns
Lineal	1	25.20**	1.28 ns	39.61 *
Cuadrático	1	3.03 ns	3.60 *	7.23 ns
Cubico	1	0.85 ns	0.02 ns	6.85 ns
m x b	3	3.02 ns	0.57 ns	43.02 **
Error experimental	32	2.31	0.57	6.26
Promedio		10.43 días	3.45 brotes	10.63 mm
Coeficiente de variación		14.59 %	21.98 %	23.55%

Para medios de cultivo, Cuadro 2, se observa que m1 (Murashige & Skoog ½) obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 10.05 días a la brotación; lo cual puede deberse a la composición de este medio nutritivo; ya

que Sanchez *et al* (2002) y Muñoz (2003) reportan que MS tiene mayor concentración de ciertos elementos como nitrógeno y potasio, que estimulan la formación de yemas.

Tukey al 5 % para el factor concentraciones de BAP, Cuadro 2, detectó dos rangos de significancia; encabeza el primer rango con menor número de días a la brotación b1 (0.3 ppm BAP) con un promedio de 9.60 días; mientras que, b3 (0.9 ppm BAP) ocupó el segundo rango con 11.70 días.

Las interacciones M x B (Medios de cultivo x Concentraciones de BAP), Cuadro 2, se observa que, m1b1 (MS½ + 0.3 ppm BAP), m1b2 (MS ½ + 0.6 ppm BAP), m2b0 (WPM + 0.0 ppm BAP) y m2b1 (WPM + 0.3 ppm BAP) presentan el menor tiempo de brotación con 9.60 días; mientras que, la interacción m2b3 (WPM + 0.9 ppm BAP) es la más tardía en brotar con 12.20 días a la brotación.

### Cuadro 2.

Promedios y pruebas de significación para la Fase I en la evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de “Arrayán”

Codificación	Factores	Promedio de variables		
		Días a la brotación	Número de brotes	Longitud del brote (mm)
Medios de cultivo (m)				
M1	Murashige & skoog (ms ½)	10.05	3.30	12.30 <b>a</b> (*)
M2	Woody plant medium (wpm ½)	10.80	3.60	8.95 <b>b</b>
Concentraciones de iba (b)				
B0	0.0 ppm bap	9.70 <b>a</b> (**)	2.90	12.20
B1	0.9 ppm bap	9.60 <b>a</b>	3.70	11.20
B2	1.8 ppm bap	10.70 <b>a</b>	3.80	9.20
B3	2.7 ppm bap	11.70 <b>b</b>	3.40	9.90
Interacción m x b				
M1b0	Ms ½ + 0.0 ppm bap	9.80	2.60	11.40 <b>a b c</b> (**)
M1b1	Ms ½ + 0.9 ppm bap	9.60	3.40	12.00 <b>a b</b>
M1b2	Ms ½ + 1.8 ppm bap	9.60	3.60	13.00 <b>a</b>
M1b3	Ms ½ + 2.7 ppm bap	11.20	3.60	12.80 <b>a</b>
M2b0	Wpm ½ + 0.0 ppm bap	9.60	3.20	13.00 <b>a</b>
M2b1	Wpm ½ + 0.9 ppm bap	9.60	4.00	10.40 <b>a b c</b>
M2b2	Wpm ½ + 1.8 ppm bap	11.80	4.00	5.40 <b>c</b>
M2b3	Wpm ½ + 2.7 ppm bap	12.20	3.20	7.00 <b>b c</b>

(\*) Diferencia Mínima Significativa - DMS al 5 %

(\*\*) Tukey al 5 %

### Número de brotes/explantes

En el ADEVA para esta variable, Cuadro 1, se detectó diferencias significativas para el efecto cuadrático. El promedio fue de 3.45 brotes/explantes, con un coeficiente de variación de 21.98 %, que se considera como

aceptable para este tipo de investigaciones, lo cual valida los resultados que se reportan en esta variable. Sotolongo *et al* (2003).

Para medios de cultivo, Cuadro 2, se observa que m2, obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 3.60 brotes/explantes, pues este medio es de baja concentración de sales estando especialmente indicado para especies leñosas.

Para concentraciones, Cuadro 2, se observa que, b2, obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 3.80 brotes/explantes; atribuyéndose a que el número de brotes está influenciado por la cantidad de hormona en el medio, ratificando los resultados en *Psidiumsalutare* encontrados por Sotolongo *et al* (2003), que señalan que a niveles deficientes de BAP la brotación es casi nula.

Las interacciones M x B (Medios de cultivo x Concentraciones de BAP), Cuadro 2, se observa que, m2b1 y m2b2 presentan el mayor número de brotes/explantes con 4.00 brotes; mientras que, la interacción m1b0 (MS  $\frac{1}{2}$  + 0.0 ppm BAP) es la que estimula menor número de brotes/explantes con 2.60 brotes. Resultados que se ajustan a los realizados por Muñoz (2003) que refiere a la obtención de altas tasas de brotación en esta fase, al trabajar con *Cedrelaodorata* L, con el empleo de bajas concentraciones de 6-BAP (0.3-0.5 mg).

### **Longitud del brote/explantes**

En el ADEVA para esta variable, Cuadro 1, se detectó diferencias significativas para medios de cultivo, interacciones y efecto lineal. El promedio fue de 10.63 mm de longitud/brote el coeficiente de variación fue de 23.55 %. DMS al 5 %, para el factor medios de cultivo, Cuadro 2, detectó dos rangos de significancia; encabeza el primer rango con una mayor longitud de brotes/explantes m1 (Murashige & Skoog  $\frac{1}{2}$ ) con un promedio de 12.30 mm; mientras que, m2 (Woody Plant Medium) ocupó el segundo rango con 8.95 mm.

Para concentraciones, Cuadro 2, se observa que b0 (0.0 ppm BAP) obtuvo la mejor respuesta con una longitud promedio de 12.20 mm; lo cual se debe a que en varias especies se ha comprobado que a medida que aumenta la concentración de BAP se aprecia una disminución en la longitud de los brotes, (Sánchez *et al*. 2002).

Tukey al 5 % para interacciones M x B (Medios de cultivo x Concentraciones de BAP), Cuadro 2, detectó tres rangos de significancia. Encabezan el primer rango con mayor longitud de brotes/explantes m1b2 y m2b0 con un promedio de 13 mm; mientras que, m2b2 se ubicó al final del tercer rango con 5.40 mm de longitud promedio; coincidiendo con los resultados encontrados por Muñoz (2003) en *Cedrelaodorata* L, donde obtuvo un promedio de longitud de brotes de 5.8 mm. Reiterando lo reportado por la mayoría de especies forestales, las cuales por su naturaleza recalcitrante al crecimiento en condiciones *in vitro* son menores a otras plantas.

## **2. Fase II. Enraizamiento**

### **Porcentaje de enraizamiento**

En el ADEVA para esta variable, Cuadro 3, se detectó diferencias significativas para medios de cultivo. El promedio fue de 83.75 % de enraizamiento y el coeficiente de variación fue de 24.07 %.

**Cuadro 3.**

ADEVA para la Fase II en la evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de “Arrayán”

Fuentes de variación	Gl	Cuadrados medios		
		% de enraizamiento	Longitud de raíz	Longitud de planta
<b>Total</b>	39	---	---	---
<b>Tratamientos</b>	7	1276.79 *	0.52 *	6.82 <sup>ns</sup>
<b>medios de cultivo (m)</b>	1	7562.50 **	2.11 **	1.23 <sup>ns</sup>
<b>concentraciones iba (i)</b>	3	62.50 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	7.42 <sup>ns</sup>
<b>lineal</b>	1	112.50 <sup>ns</sup>	0.36 <sup>ns</sup>	16.25 <sup>ns</sup>
<b>cuadrático</b>	1	62.50 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	5.62 <sup>ns</sup>
<b>cubico</b>	1	12.50 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>ns</sup>
<b>m x b</b>	3	395.83 <sup>ns</sup>	0.39 *	8.09 <sup>ns</sup>
<b>Error experimental</b>	32	406.25	0.11	7.80
<b>Promedio</b>		83.75 %	1.45 mm	12.63 mm
<b>Coefficiente de variación</b>		24.07 %	22.40 %	22.12 %

DMS al 5 %, para el factor medios de cultivo, Cuadro 4, detectó dos rangos de significancia. Encabeza el primer rango con un mayor porcentaje de enraizamiento m1 (Murashige & Skoog ½) con un promedio de 97.50 %; mientras que, m2 (Woody Plant Medium ½) ocupó el segundo rango con 70.00 %; los resultados conseguidos se lograron gracias a la modificación del medio; ya que, la formación de raíces adventicias, especialmente en las plantas leñosas, es pobre sobre medios sólidos, por esta razón se utilizan a veces medios líquidos para las plantas leñosas.

Para concentraciones, Cuadro 4, se observa que i0 (0.0 ppm IBA) obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 85 % de enraizamiento; resultados que se ajustan a lo expresado por Pierik (1990), quien indica que en las células vegetales existen receptores de auxinas, que son proteínas que se encuentran en fracciones de membrana, retículo endoplasmático y citoplásmicas, la más reconocida es ABP1 (Auxinbindingprotein), la cual posiblemente a altas concentraciones de auxina se satura, generando la ineficiencia de la hormona e inclusive el perecimiento de las plántulas; siendo el caso de esta investigación ya que, cuando la concentración de IBA es alta (0.3 ppm) el porcentaje de enraizamiento disminuye.

Para interacciones M x I (Medios de cultivo x Concentraciones de IBA), Cuadro 4, se observa que, m1i1 (MS½ + 0.1 ppm IBA), m1i2 (MS½ + 0.2 ppm IBA) y m1i3 (MS½ + 0.3 ppm IBA) presentan el mayor porcentaje de enraizamiento con 100 %; mientras que, la interacción m2i3 (WPM ½ + 0.3 ppm IBA) es la que obtiene el menor porcentaje de brotes enraizados con un promedio de 60 %.

Cuadro 4

Promedios y prueba de significación para la Fase II en la evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de Arrayán.

Codificación	Factores	PROMEDIO DE VARIABLES		
		% de Enraizamiento	Longitud de raíz (mm)	Longitud de planta (mm)
<b>MEDIOS DE CULTIVO (M)</b>				
<b>m1</b>	Murashige & Skoog (MS ½)	95.50 <b>a</b> (*)	1.68 <b>a</b> (*)	12.80
<b>m2</b>	Woody Plant Medium (WPM ½)	70.00 <b>b</b>	1.22 <b>b</b>	12.45
<b>CONCENTRACIONES DE IBA (I)</b>				
<b>i0</b>	0.0 ppm BAP	85.00	1.60	13.90
<b>i1</b>	0.9 ppm BAP	85.00	1.46	12.40
<b>i2</b>	1.8 ppm BAP	85.00	1.41	12.10
<b>i3</b>	2.7 ppm BAP	80.00	1.33	12.10
<b>INTERACCIÓN M x B</b>				
<b>m1i0</b>	MS ½ + 0.0 ppm IBA	90.00	1.58 <b>a b c</b> (**)	13.40
<b>m1i1</b>	MS ½ + 0.1 ppm IBA	100.00	1.81 <b>a</b>	11.80
<b>m1i2</b>	MS ½ + 0.2 ppm IBA	100.00	1.58 <b>a b c</b>	12.60
<b>m1i3</b>	MS ½ + 0.3 ppm IBA	100.00	1.75 <b>a b</b>	13.40
<b>m2i0</b>	WPM ½ + 0.0 ppm IBA	80.00	1.62 <b>a b</b>	14.40
<b>m2i1</b>	WPM ½ + 0.1 ppm IBA	70.00	1.11 <b>b c</b>	13.00
<b>m2i2</b>	WPM ½ + 0.2 ppm IBA	70.00	1.25 <b>a b c</b>	11.60
<b>m2i3</b>	WPM ½ + 0.3 ppm IBA	60.00	0.91 <b>c</b>	10.80

(\*) Diferencia Mínima Significativa - DMS al 5 %

(\*\*) Tukey al 5 %

### Longitud de raíces/planta

En el ADEVA para esta variable, Cuadro 3, se detectó diferencias significativas para medios de cultivo y diferencias altamente significativas para las interacciones. El promedio fue de 1.45 mm de longitud de la raíz/planta y el coeficiente de variación fue de 22.40 %.

DMS al 5 %, para el factor medios de cultivo, Cuadro 4, detectó dos rangos de significancia; encabeza el primer rango con mayor longitud de la raíz/planta m1 (Murashige & Skoog ½) con un promedio de 1.68 mm; mientras que, m2 (Woody Plant Medium ½) ocupó el segundo rango con 1.22 mm; el éxito de estos resultados se debe a la selección del medio de cultivo, incluyendo su composición química y su forma física. Debido al incremento de la cantidad de sacarosa a 40 gramos, aludiendo que explantes muy jóvenes requieren concentraciones de azúcar relativamente altas, generalmente el crecimiento y desarrollo aumentan con la concentración de azúcar (Pierik, 1990). Cabe mencionar que las raíces obtenidas fueron pequeñas pero funcionales, adaptándose muy bien a la aclimatación, lo que demuestra que el tamaño no influye en su función.



Para concentraciones, Cuadro 4, se observa que i0 (0.0 ppm IBA) obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 1.60 mm de longitud de la raíz/planta, concordando con Pierik (1990), quien alude que con una baja concentración de auxina predomina la formación de raíces adventicias; mientras que, con altas concentraciones de auxina no se producen raíces.

Tukey al 5 % para interacciones M x I (Medios de cultivo x Concentraciones de IBA), Cuadro 4, detectó tres rangos de significancia; encabeza el primer rango con mayor longitud de raíz/planta m1i1 (MS<sup>1/2</sup> + 0.1 ppm IBA) con un promedio de 1.81 mm; mientras que, m2i3 (WPM<sup>1/2</sup> + 0.3 ppm IBA) se ubicó al final del tercer rango con 0.91 mm de longitud promedio. Los resultados obtenidos coinciden con Olmos *et al* (2010) quien demostró que la utilización de niveles bajos de auxinas para el enraizamiento es generalizada.

### **Longitud de la planta**

En el ADEVA para esta variable, Cuadro 3, no se detectó diferencias significativas para los factores en estudio. El promedio fue de 12.63 mm de longitud/planta y el coeficiente de variación fue de 22.12 %.

Para medios de cultivo, Cuadro 4, se observa que el m1 (Murashige & Skoog <sup>1/2</sup>) obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 12.80 mm de longitud /planta, debido a que el medio MS es muy usado, particularmente si el objetivo es regenerar plantas, (Olmos *et al*, 2010).

Para concentraciones, Cuadro 4, se observa que i0 (0.0 ppm IBA) obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 13.60 mm de longitud de planta. Estos resultados pueden ser explicados en razón de que las auxinas no solo tienen capacidad para inducir agrandamiento y alargamiento celular, sino que promueven división celular en tejidos cultivados *in vitro*, (Pierik,1990).

Para las interacciones M x I (Medios de cultivo x Concentraciones de IBA), Cuadro 4, se observa que, m2i0 (WPM<sup>1/2</sup> + 0.0 ppm IBA) presenta la mayor longitud de planta con 14.40 mm. Pierik (1990), explica que además de los tipos de reguladores de crecimiento y las cantidades en que son suplementadas en el medio son las interacciones cuantitativas entre los reguladores de crecimiento presentes, las que mayoritariamente proporcionan el mecanismo de regulación de los fenómenos morfogénicos durante el cultivo *in vitro*. Demostrando que la combinación de auxinas no reacciona favorablemente para incrementar la longitud de la planta.

### **3. Costo de producción de las plantas obtenidas *in vitro***

Resulta difícil estimar la viabilidad económica de la multiplicación comercial *in vitro*. El desarrollo de grandes laboratorios comerciales de cultivo de tejidos indica que los problemas económicos y comerciales no son insuperables, (Pierik 1990). Además, la potencialidad de la técnica es sorprendente pues a pesar de los altos costos la aplicación a gran escala de la micropropagación permite obtener resultados sorprendentes (Marín, 1997)-

El costo de producción de una planta usando la técnica de cultivo *in vitro* propuesta en esta investigación hasta la fase de enraizamiento fue 3.99 USD/planta precio que es muy elevado, considerando que esta técnica requiere de insumos y equipos de alto valor. Cabe recalcar que este costo es obtenido cuando la producción se la realiza a pequeña escala, si se considera que la producción de plantas es mayor el costo de producción en una proyección de 10 000 plantas es de 0.46 USD/planta.

## Conclusiones

- El medio de cultivo Murashige & Skoog a la mitad de la concentración de sales (MS ½) con una base de 1.5 ppm de giberelinas (GA<sub>3</sub>) y suplementado con la concentración 0.3 ppm de 6-bencilaminopurina (BAP), fue el medio que redujo los días a la brotación e incrementó la longitud de brotes en la Fase I. Brotación de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) Mc Vaugh.
- El medio de cultivo Murashige & Skoog a la mitad de la concentración de sales (MS ½) semisólido, con 40 g de sacarosa, una base de 0.25 ppm de ácido naftalén acético (ANA) y suplementado con 0.1 ppm de ácido indolbutírico (IBA), fue el medio que obtuvo altos porcentajes de enraizamiento e incremento la longitud de raíces en la Fase II. Enraizamiento de *Myrcianthes hallii* (O. Berg) Mc Vaugh.
- El costo de producción de “Arrayán” (*Myrcianthes hallii*) (O. Berg) Mc Vaugh usando la técnica *in vitro* con el empleo de (MS ½ + 0.3 ppm BAP) para brotación y (MS ½ + 0.1 ppm IBA) para enraizamiento, tuvo un costo de 0.46 USD/planta.

## Recomendaciones

- Usar plantas provenientes de germinación *in vitro* para empezar procesos y técnicas de micropropagación de Arrayán (*Myrcianthes hallii*) (O. Berg) Mc Vaugh; ya que, esto garantiza tener material vegetal axénico.
- Implementar la técnica *in vitro* generada para micropropagar plantas de (*Myrcianthes hallii*) (O. Berg) Mc Vaugh, que consiste en usar el medio MS ½ con una base de 1.5 ppm de giberelinas (GA<sub>3</sub>) suplementado con 0.3 ppm de 6-bencilaminopurina (BAP) para brotación, y MS ½ semisólido, con 40 g de sacarosa, una base de 0.25 ppm de ácido naftalén acético (ANA) y suplementado con 0.1 ppm de ácido indolbutírico (IBA) para enraizamiento; ya que, esta técnica permite obtener plantas en menor tiempo, las mismas que son necesarias para los planes de reforestación del Proyecto “Pichincha Verde” ejecutado por el Consejo Provincial de Pichincha.

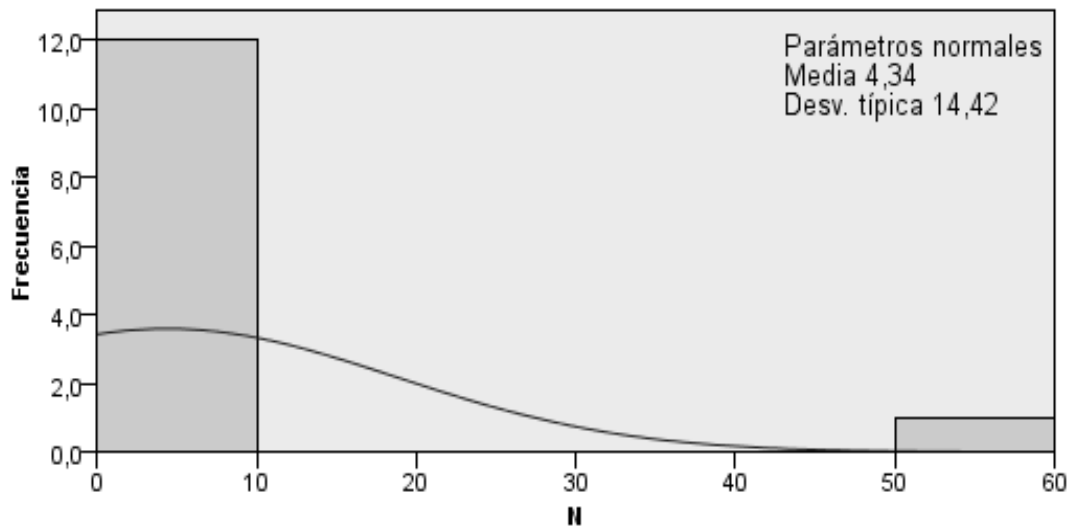
## Referencias

- Altieri, M. y Nicholls, C. (2006). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Recuperado de <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/altieri01.pdf>
- Calvache, M. (2015). Los suelos del Ecuador. VI Congreso Latinoamericano de Agronomía. Universidad de Guayaquil
- Bandy, D., Garrity, D. y Sánchez, P. (julio-septiembre 1994). El problema mundial de la agricultura de tala y quema. *Agroforestería en las Américas*, (3), pp.14-20.
- GPP (Gobierno de la Provincia de Pichincha, EC.) (2010). *Pichincha Verde*. Quito, EC. Recuperado de: <http://www.pichincha.gob.ec>.
- Lojan, L. (1992). *El Verdor de los Andes. Árboles y Arbustos Nativos para el Desarrollo Forestal Alto Andino*. s.e. Quito, Ecuador. pp. 111-115.
- Marín, J. (1997). *La micropropagación y la mejora de especies frutales*. Zaragoza, España. Recuperado de: <https://digital.csic.es/handle/10261/19028>.
- Montagnini, F; Somarriba, E; Murgueitio, E; Fassola, H; Eibl, B. 2015. *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. p. 454
- Mora, F. (2005). Diagnóstico del rodal del Arrayán (*Eugenia myrteloides*) en la comunidad la Quinta, Parroquia Bilován, Provincia Bolívar. *Tesis. Ing. Agrónomo. Guaranda, EC. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Escuela de Ingeniería Agronómica*. p.102.
- Muñoz, S. (2003). Embriogénesis somática en Cedro (*Cedrela odorata* Linnaeus) a partir de cotiledones. *Tesis Ing. Genética. Lima, PE. Universidad Agraria La Molina. Facultad de Ciencias*. pp. 70-71.
- Pierik, R. (1990). *Cultivo in vitro de las plantas superiores*. 3 ed. Madrid, España. Mundi- Prensa. p.325.
- Olmos, S.; Luciani, G.; & Galdeano, E. (2010). *Métodos de propagación y conservación de germoplasma*. La Plata, Argentina. Recuperado de: [www.argenbio.org/adf/uploads/Libro\\_INTA\\_II/Parte\\_IV.pdf](http://www.argenbio.org/adf/uploads/Libro_INTA_II/Parte_IV.pdf).
- Sánchez, N.; Rebolledo, V. & Mata, M. (2002). Inducción de brotación múltiple en *Diospyros riojae* por medio del cultivo de tejidos vegetales. *Latindex*. México Distrito Federal, México. Foresta Veracruzana. 4: pp.41-46.
- Sotolongo R, M., García, L, Junco, G, Geada, E. & García (2003). Micropropagación de *Psidium salutare* (Myrtaceae). *Jardín Botánico Nacional* 24(1-2): pp. 245-250.

Anexo 1.

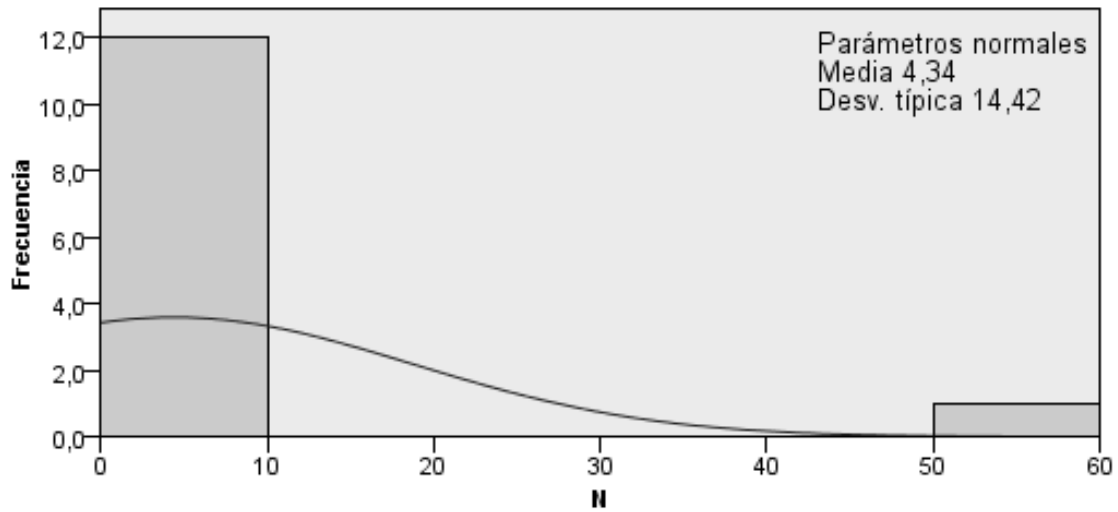
Pruebas de Kolmogorov-Smirnov para elementos químicos del suelo

Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra



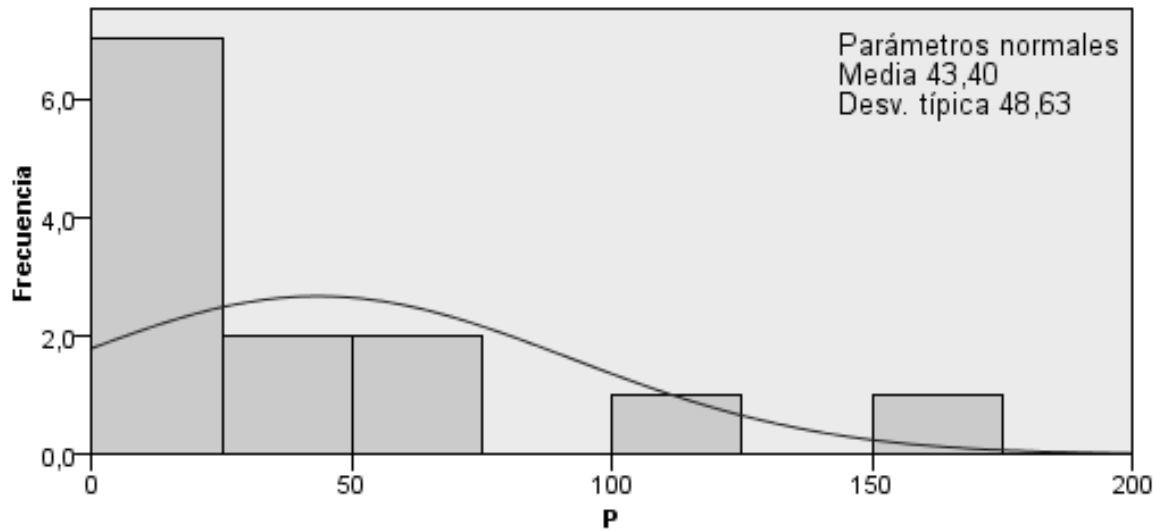
<b>N total</b>		13
	<b>Absolutos</b>	,511
<b>Diferencias más extremas</b>	<b>Positivos</b>	,511
	<b>Negativos</b>	-,382
<b>Probar estadística</b>		1,842
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>		,002

### Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra



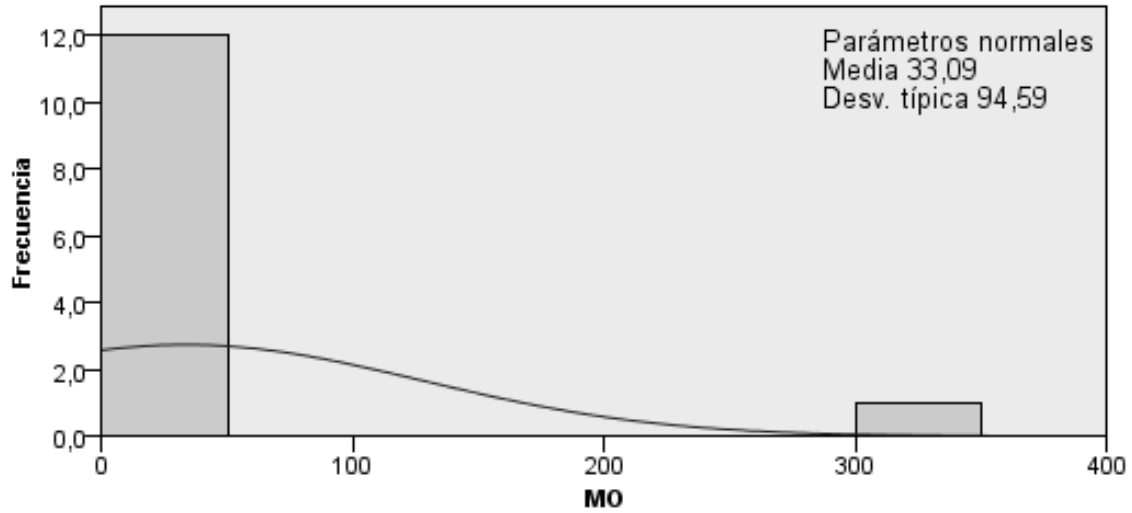
<b>N total</b>		13
	<b>Absolutos</b>	,511
<b>Diferencias más extremas</b>	<b>Positivos</b>	,511
	<b>Negativos</b>	-,382
<b>Probar estadística</b>		1,842
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>		,002

### Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra



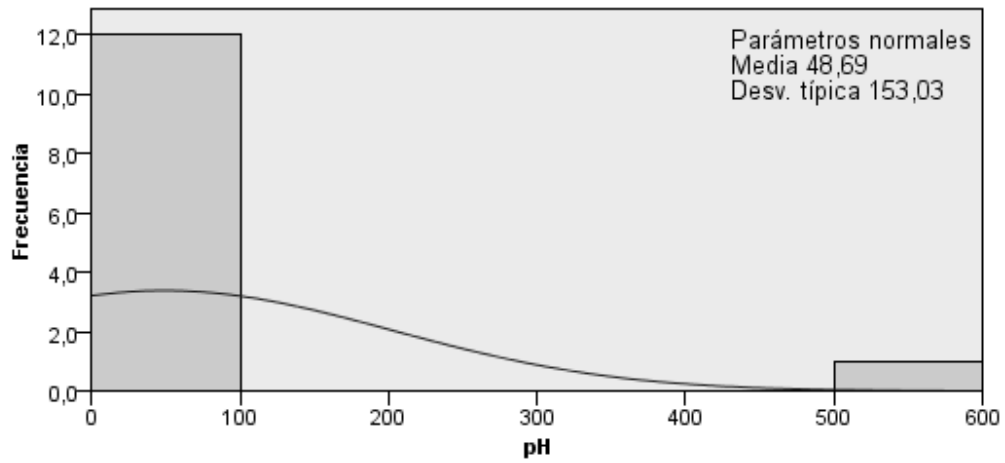
<b>N total</b>		13
<b>Diferencias más extremas</b>	<b>Absolutos</b>	,287
	<b>Positivos</b>	,287
	<b>Negativos</b>	-,231
<b>Probar estadística</b>		1,033
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>		,236

### Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra



<b>N total</b>		13
	<b>Absolutos</b>	,467
<b>Diferencias más extremas</b>	<b>Positivos</b>	,467
	<b>Negativos</b>	-,364
<b>Probar estadística</b>		1,682
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>		,007

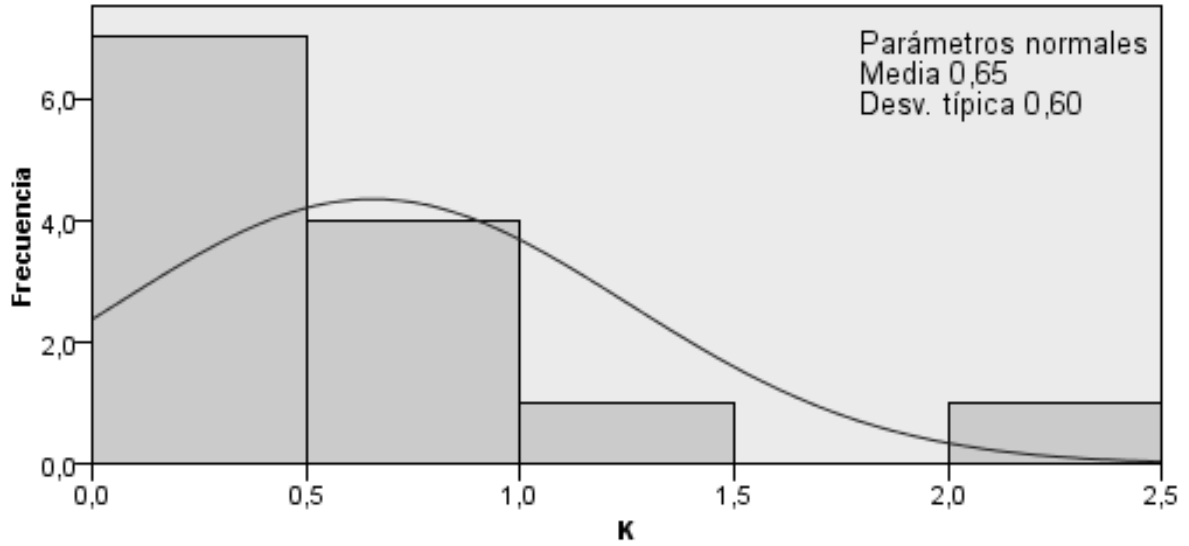
### Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra



<b>N total</b>		13
	<b>Absolutos</b>	,529
<b>Diferencias más extremas</b>	<b>Positivos</b>	,529
	<b>Negativos</b>	-,387
<b>Probar estadística</b>		1,906
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>		,001

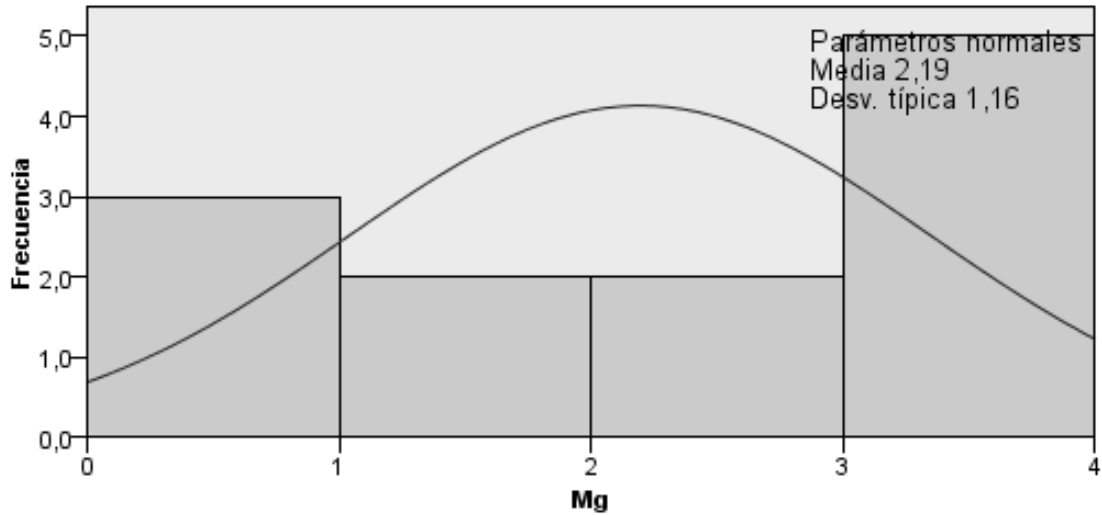


### Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra



<b>N total</b>		13
	<b>Absolutos</b>	,289
<b>Diferencias más extremas</b>	<b>Positivos</b>	,289
	<b>Negativos</b>	-,177
<b>Probar estadística</b>		1,041
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>		,229

### Prueba Kolmogorov-Smirnov de una muestra



<b>N total</b>	12
<b>Diferencias más extremas</b>	
<b>Absolutos</b>	,174
<b>Positivos</b>	,131
<b>Negativos</b>	-,174
<b>Probar estadística</b>	,601
<b>Sig. asintótica (prueba de dos caras)</b>	,862

## Respuesta de seis cultivares de rosa (*Rosa sp.*) a tres relaciones catiónicas del suelo. Cayambe, Pichincha

**Marcelo Calvache U.**

Universidad Central del Ecuador  
mcalvache20@gmail.com

**Luis Lanchimba S.**

Universidad Central del Ecuador

### Resumen

En la Empresa "Floricultura Josarflor S.A." Juan Montalvo, Pichincha a 2750 msnm, se evaluó la respuesta de seis cultivares de rosa (*Rosa sp.*) v1 (Cream de la Cream), v2 (Mondial), v3 (Freedom), v4 (High Yellow Magic), v5 (Forever Young) y v6 (Roseberry) a tres relaciones catiónicas en meq/100 gr de suelo Ca, Mg y K, r1 (6/3/1), r2 (6,5/2,6/0,9) y r3 (7,0/2,2/0,8). Se utilizó un diseño de parcela dividida con cuatro repeticiones, ubicándose en la parcela grande el factor cultivares (v) y el factor relaciones (r) en la sub parcela. La unidad experimental neta fue de 6.88 m<sup>2</sup> (8.60 m x 0.80 m). Las variables evaluadas fueron: tallos planta<sup>-1</sup>mes<sup>-1</sup> (TPM), longitud de tallo (LT), incidencia de Botrytis (*Botrytis cinerea*), análisis foliar y análisis financiero. Una vez establecidas las relaciones planteadas en el transcurso del primer ciclo, los principales resultados en el segundo ciclo de evaluación fueron para la relación al suelo r1 (6/3/1), es la que mejor respuesta presentó para las variables TPM (0.70), LT (75,99 cm), Incidencia de Botrytis y contenido foliar de Mg. La interacción de mejor relación Beneficio/Costo en el segundo ciclo fue v2r1 (Mondial + Ca:6/ Mg:3/ K:1) con 2.43 y el mayor Beneficio/Costo incremental fue en v3 (Freedom) con 4.42.

**Palabras claves:** Rosa, Relación catiónica, Productividad, Concentración de nutrientes, Variedades.

### Abstract

At the Enterprise "Floricultura Josarflor SA" Juan Montalvo, Pichincha to 2750 mols, it was evaluated the response to six varieties of rose (*Rosa sp.*) v1 (Cream of Cream), v2 (Mondial), v3 (Freedom), v4 (High Yellow Magic), v5 (Forever Young) and v6 (Roseberry) to three nutritional relations to the of soil Ca, Mg and K, r1 (Ca 6/ Mg 3/ K 1), r2 (Ca 6,5/ Mg 2,6/K 9) and r3 (Ca 7,0/ Mg 2,2/ K0,8). It was used a split-plot parcel design with four replications. The varieties factor was located on the big parcel and relations factor in the subparcel. The net experimental unit was of 6.88 m<sup>2</sup> (8.60 m x 0.80 m). The evaluated variables were: stems plant<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup> (TPM), length of stem (LT), Botrytis (*Botrytis cinerea*) incidence, foliar analysis and financial analysis. Once established propoused relations during the first cycle, the principal results on the second cycle of the evaluation was for relations to the soil r1, it is the best response gave to the variables TPM (0.70), L.T (75.99 cm), Botrytis incidence and foliar content of Mg. The interactions of better relations cost/profit on the second cycle was v2r1 (Mondial + Ca 6, 0/ Mg 3, 0/K 1, 0) with C/P of 2.43 and the most cost/profit raised was on v3 (Freedom) with 4.42.

**Keywords:** Rose, Cationic relation, Productivity, Concentration of nutrients.

### Introducción

Después de Holanda y Colombia, se encuentra Ecuador como tercer país exportador de flores en el mundo y cuenta con cerca de 300 variedades de rosas que le han permitido tener aceptación y vigencia en los mercados

internacionales. La disponibilidad de flores de exportación es de alrededor de 85000 toneladas por año y se exporta el 95% de la producción (Expoflores, 2009). Los requerimientos de alta producción y calidad exigidos por el mercado internacional han deteriorado aceleradamente las condiciones favorables del País, debido al mal manejo del suelo, fertilizantes y agua en la práctica de fertirrigación, lo que ha llevado a la salinidad del suelo y contaminación de aguas subterráneas. Por tanto, se hace necesario conocer el estado nutricional de suelos y cultivos, a fin de generar un diagnóstico del sistema suelo-planta para elaborar un plan de manejo adecuado de los nutrientes del sistema de producción (Calvache, 2001). El suelo debe contener todos los elementos en las cantidades necesarias y no deben existir desbalances entre los elementos. Los desbalances de nutrientes en el suelo producen interacciones, las cuales pueden ser antagónicas o sinérgicas (Manzanares, 1997).

La Empresa “Floricultura Josarflor S.A.”, en Cayambe dedicada a la producción de rosas para exportación, afronta un problema crónico de clorosis en las principales áreas de cultivo ocasionado principalmente por un desbalance de niveles catiónicos de: Ca, Mg y K en el suelo, lo que ha traído como consecuencia una reducción considerable de la producción de flor de calidad, acompañado de un incremento del costo de producción. Bear y Toth (1948) citados por Sadeghian (2012), propusieron que en el suelo debe haber un equilibrio catiónico entre Ca, Mg, K para que no existan deficiencias de ninguno de los elementos porque el exceso de uno puede producir deficiencias de los otros dos. Este trabajo permite generar información acerca de la selectividad catiónica y el efecto de los cambios en sus relaciones sobre la nutrición y el crecimiento del cultivo del rosal (*Rosa sp.*). Considerando la información necesaria, se justifica la ejecución de la presente investigación, por lo que se plantearon los siguientes objetivos: Estudiar la respuesta del cultivo de rosa (*Rosa sp.*) a la aplicación de tres relaciones de Ca, Mg y K. en las condiciones agroecológicas de Juan Montalvo, Cayambe, Pichincha. Estudiar el balance nutricional del Ca, Mg y K, presentes en el suelo. Establecer la respuesta de las interacciones en la productividad y calidad de la flor en seis variedades o cultivares de rosa. Realizar el análisis financiero de los tratamientos en estudio, para determinar cuál de los tratamientos permite obtener mayores ganancias.

### **Materiales y métodos**

La investigación se realizó en la Empresa “Floricultura Josarflor S.A.” ubicada en Cayambe Parroquia Juan Montalvo, Sector primero de mayo, Longitud: 78° 8' 35" O, Latitud: 0° 2'45' N a 2750 msnm, con una precipitación promedio anual de 842.5 mm, temperatura promedio anual de 12.5 ° C y temperatura promedio anual bajo invernadero de 21 ° C. Se utilizaron plantas de rosa bajo invernadero con una edad promedio de 2 años.

Los factores en estudio fueron seis cultivares o variedades rosa (*Rosa sp.*) v1 (Cream de la Cream), v2 (Mondial), v3 (Freedom), v4 (High Yellow Magic), v5 (Forever Young) y v6 (Roseberry) a tres relaciones nutricionales del suelo como meq/100 gr de suelo de Ca, Mg y K, r1 (Ca:60%, Mg:30, K:10%), r2 (Ca:65%, Mg:26, K:9%) y r3 (Ca:70%, Mg:22, K:8%). Se utilizó el Diseño de parcela dividida con cuatro repeticiones, ubicándose en la parcela grande el factor variedades y el factor relaciones en la subparcela. La unidad experimental neta fue de 6.88 m<sup>2</sup> (8.60 m x 0.80 m). Las variables evaluadas fueron: tallos planta<sup>-1</sup>mes<sup>-1</sup> (TPM), longitud de tallo (LT), incidencia de Botrytis (*Botrytis cinerea*), análisis de suelo, análisis foliar y análisis financiero.

Los fertilizantes utilizados como fuentes de Ca, Mg y K., para la investigación fueron: el Nitrato de Calcio (CaO 26.5%), Sulfato de Magnesio (MgO1 6%) y Sulfato de Potasio (K<sub>2</sub>O 50.9 %) respectivamente. Las

fertilizaciones para Ca, Mg y K, fueron establecidas mediante cálculos a partir de los resultados de análisis de suelo y en base al aporte que se da vía fertirrigación, las aplicaciones de las fuentes sólidas al suelo se realizaron una vez por semana, para el resto de nutrientes se utilizó el programa de fertirrigación que se venía realizando en la finca de acuerdo a los análisis de suelos y foliares. El riego por goteo se realizó diariamente utilizando el dato de Evapotranspiración del Lisímetro MC descrito por Calvache (2013).

Las variables LT y TPM fueron evaluadas en campo; para L.T se midió desde la base del botón hasta el punto de inserción del tallo, mientras que para TPM se llevó un registro diario en cada una de las unidades experimentales, se obtuvo un total de tallos al final del ciclo de producción y se dividió para el número de plantas. Para la incidencia de Botrytis (*Botrytis cinerea*) se recolectaron por unidad experimental neta cinco botones en punto de corte y se los colocó en cámara húmeda por doce días para su respectiva evaluación.

Para la variable análisis de suelo se tomaron muestras de suelo al inicio y al final del primer ciclo, procediendo de igual manera para el análisis foliar, para el cual se recolectaron muestras foliares de tallos en punto rayando de cada una de las unidades experimentales y se envió para su respectivo análisis al laboratorio del INIAP.

## Resultados y discusión

### Productividad en tallos, planta. $^{-1}\text{mes}^{-1}$ (TPM)

Según los resultados encontrados al realizar un ADEVA, (Cuadro 1), se observaron diferencias estadísticas en el primer y segundo ciclo de producción para variedades y relaciones y ningún resultado significativo en las repeticiones. Los promedios generales fueron de 0.60 TPM fueron de 0.60 en el primer ciclo y 0.70 en el segundo ciclo. Los coeficientes de variación oscilaron entre 12.91 % y 9.31 % considerados como excelentes para este tipo de investigación. (Sánchez y Calvache, 2002)

Para el factor relaciones los resultados obtenidos en esta variable coinciden con lo planteado por Cevallos y Calvache, (2008), quienes mencionaron como relación ideal para la mayoría de suelos la relación 6:3:1 de: Ca, Mg y K. También se observa (Cuadro 2), que la relación **r1** (Ca: 60%, Mg:30% y K:10%), influye en esta variable, confirmándose también en el segundo ciclo de evaluación, donde se presenta un incremento para **r1**, con 0,76 TPM en comparación al primer ciclo con 0,64 TPM. Esta respuesta coincide con Sadeghian (2012), quien menciona que la disponibilidad de: Ca, Mg y K para las plantas, no sólo depende de su contenido en el complejo de cambio y en la solución del suelo, sino también de la competencia que se puede presentar entre estos elementos, ya que el exceso de uno ocasiona la deficiencia de otro produciéndose de esta manera un estrés en la planta, lo mismo que repercute con una baja producción.

Se confirma así la hipótesis de que la mejor relación en el suelo es Ca:60%. Mg:30% y K:10% ya que, mediante esta, se alcanza un mayor promedio en productividad, comparando el primero y segundo ciclo de producción.

### Longitud de tallos en cm. (LT)

Según los resultados encontrados al realizar un ADEVA, (Cuadro 1), se observaron diferencias estadísticas en el primero y segundo ciclos de evaluación para: variedades, relaciones y ningún resultado significativo en las repeticiones. Los promedios generales fueron de 72.81cm en el primer ciclo y 75.99 cm en el segundo ciclo. Los coeficientes de variación oscilaron entre 4.95 % y 3.28 % considerados como excelentes para este tipo de investigación (Sánchez y Calvache 2002)

La respuesta de la variable LT en el factor relaciones (Cuadro 2), está dada principalmente por la disponibilidad y avidez de consumo de los elementos en estudio, ya que según Zieslin (1997), la toma temprana de K provoca el alargamiento de tallos y de flores, a su vez este interviene en la maduración de tejidos y la calidad de la flor, el Ca tiene un efecto en el crecimiento de tallos y raíces, así como en la calidad de las flores. Razón por la cual se determina que la relación **r1** influye en forma positiva en esta variable, donde se presentan los mejores resultados confirmando la hipótesis, que la mejor relación en el suelo es Ca:60%. Mg:30% y K:10% ya que estas alcanzan un mayor promedio en el largo de tallos. La deficiencia de Ca reduce el crecimiento, provoca la muerte de las yemas apicales, las hojas jóvenes de los brotes terminales se encorvan, hay marchitez de las puntas y en los brotes. En algunos casos las hojas jóvenes permanecen enrolladas (Espinoza y Calvache, 2007). El exceso de Ca en el suelo afecta la disponibilidad y absorción de otros nutrientes esenciales como el hierro (Manzanares, 1997).

### **Incidencia de Botrytis (*Botrytis cinerea*)**

Según los resultados encontrados al realizar un ADEVA, (Cuadro 3), se observan las diferencias estadísticas en el primer y segundo ciclo de evaluación para variedades y relaciones y ningún resultado significativo en las repeticiones. Los promedios generales fueron de 35.83 % en el primer ciclo y 31.67 % en el segundo ciclo. Los coeficientes de variación oscilaron entre 33.69 % y 29.31 % los cuales son considerados como buenos para este tipo de investigación, pero se justifica ya que esta variable se obtuvo de categorizar otra, por lo tanto, los datos no se distribuyen normalmente.

Para el factor relaciones (Cuadro 2), respecto a esta variable incidencia de Botrytis se encuentra dada principalmente por la disponibilidad de elementos minerales tales como Ca que inhibe la absorción del Mg, confirmando lo expuesto por Zieslin (1997), quien mencionó que el cultivo con adecuados niveles de Ca será resistente a Botrytis. Por el contrario, si existe mucha humedad y los niveles de Ca son bajos, se presenta una deficiencia de este elemento en los pétalos y esto favorece la Botrytis. Según Cumbal (1996), la baja cantidad de Mg foliar influye notablemente en el avance de la enfermedad. Confirmándose de esta manera, que deben existir adecuadas cantidades de Ca, Mg y K en el suelo, para que la planta los absorba en las cantidades necesarias. Otro factor que influye es el contenido de K, que según Bidwell (1989), mencionó que plantas con carencia de este elemento son fácilmente atacadas por enfermedades. Puesto que se reduce la síntesis de proteínas y la respiración, ocasionado que los compuestos de bajo peso molecular como aminoácidos y azúcares tienden a acumularse en niveles altos.

**Tabla 1.**

ADEVA para las variables tallos planta<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup> y longitud de tallos en la evaluación de tres relaciones catiónicas al suelo, en seis variedades de rosa (*Rosa sp.*). Cayambe, Pichincha. 2012

Fuentes de Variación	Gl	Tallos planta <sup>-1</sup> mes <sup>-1</sup>		Longitud de tallos (cm)	
		1er ciclo	2do ciclo	1er ciclo	2do ciclo
		Cuadrados Medios		Cuadrados Medios	
<b>Total</b>	71				
<b>Repeticiones</b>	3	0.002 ns	0.003 ns	6.32 ns	9.31 ns
<b>Variedades (v)</b>	5	0.379**	0.607**	1574.53 **	2354.47 **
<b>Error exp a</b>	15	0.006	0.003	8.21	14.16
<b>Relaciones (r)</b>	2	0.051**	0.054**	291.82**	177.49 **
<b>V x r</b>	10	0.007 ns	0.003 ns	18.99 ns	10.68 ns
<b>Error exp b</b>	36	0.004	0.004	7.93	6.23
<b>Promedio</b>		<b>0.60 TPM</b>	<b>0.70 TPM</b>	<b>72.81</b>	<b>75.99</b>
<b>CV (a)</b>		<b>12.91%</b>	<b>7.57%</b>	<b>3.94%</b>	<b>4.95%</b>
<b>CV (b)</b>		<b>10.54%</b>	<b>9.31%</b>	<b>3.87%</b>	<b>3.28%</b>

**Tabla 2.**

Pruebas de significación y promedio para las variables tallos planta<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup>, longitud de tallos e incidencia de Botrytis en el estudio de tres relaciones catiónicas al suelo en seis variedades de rosa (*Rosa sp.*). Cayambe, Pichincha. 2012

Factores en estudio	Promedios tallos planta <sup>-1</sup> mes <sup>-1</sup>						Longitud de tallos (cm)				Incidencia de Botrytis (%)									
	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 1		Ciclo 2									
	□	Σ	Ⓛ	Σ	Ⓛ	Σ	Ⓛ	Σ	Ⓛ□□□ σ	√x+1	Ⓛ σ	√x+1								
<b>Variedades (V)</b>																				
<b>V1</b>	0.90	± 0.05	<b>A</b>	1.03	± 0.08	<b>A</b>	62,28	± 2.45	<b>E</b>	65,7 3	± 1.67	<b>E</b>	60,4 2	± 29.54	7, 6 2	<b>C</b>	26,6 7	± 12.58	5,0 1	<b>A</b> <b>b</b>
<b>V2</b>	0.61	± 0.02	<b>B</b>	0.72	± 0.06	<b>C</b>	75,95	± 3.71	<b>C</b>	76,4 2	± 3.79	<b>C</b>	6,67	± 5.56	2, 1 9	<b>A</b>	13,3 3	± 10.41	3,2 4	<b>A</b>
<b>V3</b>	0.66	± 0.12	<b>B</b>	0.84	± 0.04	<b>B</b>	82,81	± 5.19	<b>B</b>	86,4 6	± 3.93	<b>B</b>	16,6 7	± 3.61	3, 5 6	<b>A</b> <b>b</b>	18,3 3	± 10.41	3,9 9	<b>A</b> <b>b</b>
<b>V4</b>	0.50	± 0.04	<b>C</b>	0.63	± 0.04	<b>D</b>	70,58	± 3.13	<b>D</b>	68,3 3	± 2.92	<b>D</b>	56,2 5	± 12.50	7, 4 0	<b>C</b>	56,6 7	± 18.93	7,4 6	<b>C</b>
<b>V5</b>	0.37	± 0.03	<b>D</b>	0.37	± 0.05	<b>E</b>	87,30	± 5.45	<b>A</b>	97,9 8	± 3.33	<b>A</b>	35,4 2	± 14.43	5, 7 0	<b>B</b> <b>c</b>	45,0 0	± 30.41	6,2 2	<b>B</b> <b>c</b>
<b>V6</b>	0.57	± 0.04	<b>B</b> <b>c</b>	0.64	± 0.05	<b>D</b>	57,96	± 3.23	<b>F</b>	61,0 3	± 2.34	<b>D</b> <b>e</b>	39,5 8	± 21.95	6, 0 4	<b>C</b>	30,0 0	± 13.23	5,1 3	<b>A</b> <b>b</b>
<b>Relaciones (R)</b>	Ⓛ			Ⓛ			Ⓛ			Ⓛ			Ⓛ Ⓛ							
<b>R1</b>	0.64	± 0.18	<b>A</b>	0.76	± 0.23	<b>A</b>	75,75	± 13.29	<b>A</b>	78,7 4	± 15.15	<b>A</b>	23,9 6	± 19.13	4, 3 1	<b>A</b>	15,0 0	± 10.49	3,3 9	<b>A</b>
<b>R2</b>	0.61	± 0.21	<b>A</b>	0.69	± 0.23	<b>B</b>	73,73	± 10.69	<b>A</b>	75,9 3	± 13.27	<b>B</b>	33,1 3	± 18.35	5, 3 4	<b>A</b> <b>b</b>	35,0 0	± 23.02	5,5 4	<b>B</b>
<b>R3</b>	0.55	± 0.17	<b>B</b>	0.67	± 0.21	<b>B</b>	68,96	± 10.60	<b>B</b>	73,3 0	± 13.72	<b>C</b>	50,4 2	± 30.53	6, 6 1	<b>B</b>	45,0 0	± 18.44	6,5 9	<b>B</b>

Nota: Ⓛ = Tukey al 5%



**Tabla 3.**

ADEVA de Incidencia de *Botrytis (Botrytis cinerea)* en la evaluación de tres relaciones catiónicas al suelo, en seis variedades de rosa (*Rosa sp.*), Cayambe, Pichincha. 2012

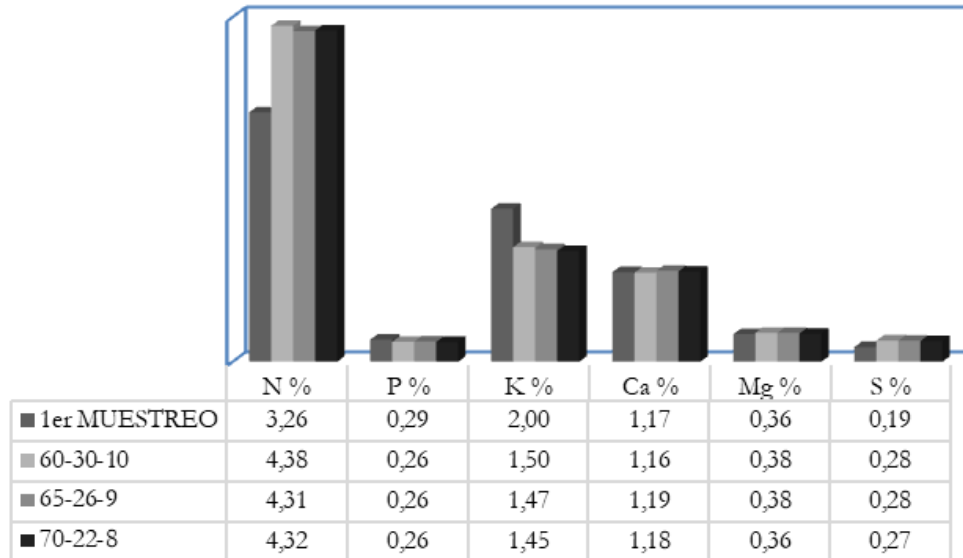
Fuentes de Variación	Gl	Cuadrados Medios	
		1er ciclo	2do ciclo
<b>Total</b>	71		
<b>Repeticiones</b>	3	4.04ns	1.76ns
<b>Variedades (v)</b>	5	55.40**	27.52**
<b>Error exp a</b>	15	3.33	2.85
<b>Relaciones (r)</b>	2	31.94**	63.77**
<b>V x r</b>	10	3.39ns	2.84ns
<b>Error exp b</b>	36	2.79	2.30
<b>Promedio transf <math>\sqrt{x+1}</math></b>		<b>5.42%</b>	<b>5.17%</b>
<b>Promedio real</b>		<b>35.83%</b>	<b>31.67%</b>
<b>CV (a)</b>		<b>33.69%</b>	<b>32.61%</b>
<b>CV (b)</b>		<b>30.81%</b>	<b>29.31%</b>

#### **Análisis foliar**

Según los resultados encontrados al realizar un ADEVA, (Cuadro 4), no se detectó significancia estadística para N y B, en ninguno de los factores en estudio. Para Fe se detectó significancia estadística en variedades. Se detectó alta significancia estadística para variedades en el contenido foliar de P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, y Mn. Para Mg se detectó también alta significancia estadística en el factor relaciones. Los coeficientes de variación observados en el ADEVA, (Cuadro 4), varían debido a que no se puede observar todavía un efecto inmediato de la aplicación de los fertilizantes, para llegar a las relaciones planteadas.

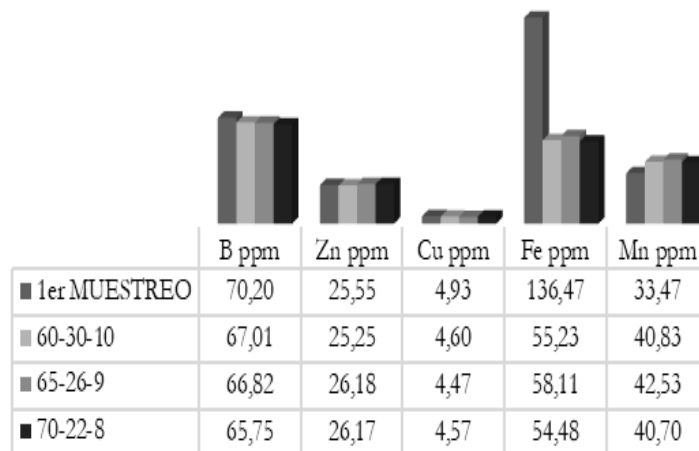
En cuanto al contenido de macronutrientes (Gráfico 1), se observa que el contenido foliar de los elementos N, P, Ca, Mg y S, se incrementan en las tres relaciones evaluadas en comparación con el primer muestreo, mientras que el contenido de K foliar presenta un decrecimiento aproximado del 0.5% en las tres relaciones evaluadas en comparación con el primer muestreo.

Para el contenido de micronutrientes (Gráfico 2), se observa que el contenido foliar de los elementos B, Cu, y Fe, presenta un decrecimiento en las tres relaciones evaluadas en comparación al primer muestreo, siendo más notable el Fe. Mientras que el contenido de Mn se incrementa y el contenido de Zn se mantiene en comparación al primer muestreo.



**Figura 1.**

Promedio de macronutrientes en dos muestreos foliares para el factor relación en el estudio de relaciones catiónicas al suelo en seis variedades de rosa (*Rosa sp.*). Cayambe, Pichincha. 2012



**Figura 2.**

Promedio de micronutrientes en dos muestreos foliares para el factor relación en el estudio de relaciones catiónicas al suelo, en seis variedades de rosa (*Rosa sp.*). Cayambe, Pichincha. 2012

Para el factor variedades (Cuadro 4), estos resultados se deben a que cada variedad es fenotípicamente y genotípicamente diferente, es por este motivo que el contenido de nutrientes a nivel foliar y la extracción de nutrientes difiere en cada una de ellas, confirmándose lo manifestado por Sánchez (2002), Espinoza y Calvache (2007) y Yanchapaxi (2010), quienes mencionaron que se extraen por año distintas cantidades de macro y micronutrientes.

**Tabla 4.**

ADEVA para el contenido de macro y micronutrientes en el segundo muestreo en el estudio de tres relaciones catiónicas al suelo, en el cultivo de rosa (*Rosa sp.*) Cayambe, Pichincha. 2012

Nutrientes Fuentes de variación	CUADRADOS MEDIOS											
	GL	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
<b>Total</b>	<b>71</b>											
<b>Repeticiones</b>	<b>3</b>	0.08ns	0.0002ns	0.019ns	0.009ns	0.0005ns	0.0005ns	85.32ns	6.46ns	0.14ns	60.30ns	52.21ns
<b>Variedades (v)</b>	<b>5</b>	0.31ns	0.0031**	0.667**	0.092**	0.0251**	0.0190**	399.68ns	170.21**	7.56**	587.24*	1901.16**
<b>Error exp a</b>	<b>15</b>	0.14	0.0002	0.020	0.005	0.0003	0.0001	156.90	14.61	0.39	125.00	76.70
<b>Relaciones (.r)</b>	<b>2</b>	0.11ns	0.0003ns	0.007ns	0.005ns	0.0016**	0.0004ns	66.92ns	3.06ns	0.20ns	105.30ns	21.65ns
<b>V x r</b>	<b>10</b>	0.11ns	0.0002ns	0.016ns	0.004ns	0.0004ns	0.0001ns	39.50ns	13.69ns	0.33ns	30.24ns	39.27ns
<b>Error exp b</b>	<b>36</b>	0.09	0.0002	0.008	0.007	0.0002	0.0002	39.50	12.42	0.42	36.76	83.18
<b>Promedio</b>		4.31%	0.26 %	1.48%	1.18%	0.37%	0.27%	65.95ppm	26.02ppm	4.56ppm	55.79ppm	41.44ppm
<b>CV (a)</b>		8.61%	5.00%	9.62%	6.23%	4.91%	3.62%	18.99%	14.69%	13.67%	20.04%	21.13%
<b>CV (b)</b>		6.96%	5.97%	6.19%	6.90%	3.59%	5.57%	9.53%	13.54%	14.27%	10.87%	22.01%

En el factor relaciones (Cuadro 4), estos resultados se deben a que los contenidos de Ca, Mg y K, entre las relaciones establecidas no es muy distante, sin embargo, se observan diferencias matemáticas que demuestran que la mejor relación es r1, que presenta un contenido suficiente en casi todos los nutrientes a nivel foliar. Observando de esta manera que hubo mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo. Confirmando lo manifestado por INPOFOS (1997), que plantearon que Ca, Mg y K compiten por sitios de absorción en las raíces la deficiencia de uno es acentuada por la abundancia de otros.

De igual manera se confirma lo expuesto por Manzanares y Calvache (1997), quienes mencionan que en el suelo debe contener todos los elementos en las cantidades necesarias y no deben existir desbalances entre estos. Los desbalances de nutrientes en el suelo producen interacciones, las cuales pueden ser antagónicas y sinérgicas. Las interacciones antagónicas, son aquellas que al encontrarse en el suelo el exceso de un elemento nutritivo tienen un efecto directo supresor o antagónico de otro elemento, así el exceso de Ca inhibe la absorción de Mg y K, además afecta la disponibilidad y absorción de otros nutrientes esenciales, como el hierro.

### Análisis financiero

Para el segundo ciclo de evaluación (Cuadro 5), se observa que la interacción que presentó mayor beneficio económico fue v2r1, que alcanzó una relación B/C de 2.43 es decir, que por cada dólar invertido y recuperado se obtiene una ganancia de 1 dólar con 43 centavos, también se presentaron beneficios económicos en casi todas interacciones en donde se encuentra r1, dado que para el segundo ciclo se llegó a establecer las relaciones planteadas en el ensayo, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en las variables anteriores. En lo que se referente al Beneficio/Costo incremental, se refleja la ventaja de la aplicación de las relaciones al suelo se obtuvo el mayor B/C incremental en v3 (Freedom) con un valor de 4.42 USD, es decir que por cada dólar invertido en la nueva tecnología se recupera la inversión y se ganan 3.42 USD.

**Tabla 5.**

Análisis Financiero para el segundo ciclo en la evaluación, de tres relaciones catiónicas al suelo en el cultivo de rosa (*Rosa sp.*) Cayambe, Pichincha. 2012

Tratamientos	USD ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>		
	Beneficio Bruto	Costo Total	B/C
v1r1	69923,80	68666,70	1,02
v1r2	55494,50	66185,80	0,84
v1r3	46553,40	67150,20	0,69
v2r1	132482,92	54503,23	2,43
v2r2	121084,28	51157,14	2,37
v2r3	104838,52	53637,88	1,95
v3r1	112451,57	53902,75	2,09
v3r2	44716,48	37531,50	1,19
v3r3	42824,60	41642,80	1,03
v4r1	46307,10	44907,00	1,03
v4r2	34196,10	43995,20	0,78
v4r3	33415,30	44437,60	0,75
v5r1	69822,80	61377,80	1,14
v5r2	63194,39	62016,78	1,02
v5r3	52667,68	57208,69	0,92
v6r1	50204,00	71633,20	0,70
v6r2	42953,60	69764,50	0,62
v6r3	39650,00	65565,23	0,60

## Conclusiones

- La mejor relación de cationes en el suelo en meq/100gr fue R1: Ca:60%, Mg:30% y K:10% y la V1: cultivar o variedad Cream de la Cream, para las siguientes variables evaluadas: Tallos planta.  $\cdot^{-1}\text{mes}^{-1}$ , longitud de tallos, incidencia de Botrytis y contenido de Magnesio foliar ya que este factor presentó respuestas altamente significativas.
- En las interacciones no se registraron diferencias estadísticamente significativas para las variables evaluadas.
- Para el factor variedades la concentración de nutrientes en la parte foliar, fueron estadísticamente diferentes presentando valores más altos la variedad o cultivar Cream de la Cream.

## Recomendaciones

- Mantener la relación catiónica en el suelo en meq/100gr muy cercana a Ca:60%, Mg:30% y K:10%, por ser la que mejores resultados obtuvo en las variables: tallos. planta.  $\cdot^{-1}\text{mes}^{-1}$ , largos de tallos, incidencia de Botrytis y contenido de Magnesio foliar en todas las variedades o cultivares de Rosas.
- Considerar la rentabilidad de las variedades o cultivares a estudiar, ya que generalmente el factor variedades con alta productividad y tendencia a mercado ruso como el caso de Mondial tienen mayor utilidad por lo que pagan el costo de inversión.
- Tener en cuenta tanto el análisis foliar como el de suelo para la estimación de las necesidades nutricionales.

## Referencias

- Bear, F. E, &; Toth, S.J. (1948). Influence of Ca on availability of other soil cations. *Soil Sci.*, 65: pp.69–75.
- Calvache, M. (2001). Manejo de nutrientes en fertirrigación de cultivo de rosas. Quito, Ecuador. *La flor del Ecuador*. 29: pp. 18-25.
- Calvache, M (2013) *Riego Andino Tecnificado*. Universidad Central del Ecuador, p. 250.
- Cevallos, G. &; Calvache, M. (2008). *Evaluación de diferentes relaciones de Ca, Mg y K en palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq) bajo condiciones de riego y sin riego en La Concordia*. *Rumipamba* 22 (I): pp. 124-125.
- Cumbal, A & Calvache, M. (1996). Estudio de deficiencias nutricionales en el cultivo de Rosa (Rosa sp). *Rumipamba* 12: pp. 1-12.
- Espinosa, L. & Calvache, M. (2007). Identificación de curvas de absorción de nutrientes en dos variedades de Rosa (Rosa sp) en tres etapas fenológicas utilizando dos conductividades eléctricas. Checa. *Rumipamba* 21(1): p. 15.
- EXPOFLORES (2009). La Flor. *Revista de la Asociación Nacional de Productores y Exportadores de flores del Ecuador*. 61: pp. 17-57.
- INPOFOS (Instituto de Fosforo y la Potasa, CA.) (1997). *Potasa su necesidad en la agricultura moderna*. Otawa, CA. pp. 8-22.

- Manzanares, J.M. & Calvache, A.M (1997). *Exportación de nutrientes en el cultivo de Rosas (Rosa sp.) bajo invernadero*. Planflor, España 10 (4): pp. 42-44.
- Sadeghian, S. (2012). Efecto de los cambios en las relaciones de Calcio, Magnesio y Potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera Colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Medellín, Colombia. *Tesis de Doctorado. Universidad Nacional del Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias*. p. 2–22. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5723/1/16077856.2012.pdf>.
- Sánchez, P & Calvache, M. (2002). Determinación de la acumulación y exportación de nutrientes en 3 variedades de Rosa (*Rosa sp.*) bajo invernadero. *Revista Rumipamba*. pp. 93-94.
- Yanchapaxi, J. & Calvache, A.M. (2010). *Manual técnico-práctico del cultivo de Rosas (Rosa sp.) para exportación*. Quito, Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. pp. 9, 35, 51.
- Zieslin, N. (1997). Base Fisiológica del Rosal. En Taller Técnico sobre la Fisiología del Rosal. Quito, Ecuador. *Memorias* 5 – 7 marzo. Quito, pp. 26-29, 32 -36 y 43.

**CIDE** |||  
EDITORIAL |||  
Cod. 9942-8632 |||



ISBN 978-9942-759-53-5



9789942759535