



Memorias científicas del
Congreso Internacional
de **AGRICULTURA**
SUSTENTABLE

ISBN: 978-9942-759-01-6

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
Universidad Técnica de Cotopaxi
Centro de Estudios Transdisciplinarios Bolivia
Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador

Memorias científicas del Congreso Internacional de Agricultura Sustentable



COMPILADORES:
Ing. Mg. Jorge Fabián Troya Sarzosa
Ing. Mg. Guido Euclides Yauli Chicaiza

Este libro fue revisado por pares académicos
Ing. William Benitez
Ing. Rodolfo Alejandro Trujillo Marcano

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)

ISBN: 978-9942-759-01-6
Edición con fines académicos no lucrativos.
Impreso y hecho en Ecuador
Diseño y Tipografía: Lic. Pedro Naranjo Bajaña

CIDE 
EDITORIAL
Cod. 9942-8632 

Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador
Cda. Martina Mz. 1 V. 4 - Guayaquil, Ecuador
Tel.: 00593 4 2037524
[http. :/www.cidecuador.com](http://www.cidecuador.com)

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Juan Carlos Barrientos Fuentes

MSc. Juan José Filgueira Duarte

PhD. Guillermo A. León M.

Dr. Gustavo Bernal Gómez

MSc. Willman Benitez

Ing. Rodolfo Trujillo

AUTORES

Alberto Fereres

Angel Duverli Guano Gunao

Carla Sofía Arguello Guadalupe

Efrén Santos Ordóñez

Freddy Gavilanez

Gabriel Guerrón Villacís

Jaime E. Araya

Jorge Dobronski Arcos

José Franklin Arcos Torres

Laura Parismoreno Rivas

Luciano Valle Velasteguí

Mercy Ilbay Yupa

Reina Medina Litardo

Sara Hernando

Víctor García Mora

INDICE

Prologo.....	6
Capítulo I – Biotecnología Agrícola	
Eficiencia de medios de cultivos en el establecimiento in vitro del Caimito (<i>Chrysophyllum cainito L.</i>).....	8
Laura Parismoreno Rivas	
Efrén Santos Ordóñez	
Reina Medina Litardo	
Influencia del lactofermento y microorganismos efectivos autóctonos en el suelo y su respuesta en <i>Lycopersicum esculentum</i>.....	18
Jorge Dobronski Arcos	
Gabriel Guerrón Villacís	
Luciano Valle Velasteguí	
Capítulo II - Sanidad Vegetal	
Algunos enemigos naturales de interés para la polilla del tomate, <i>Tuta absoluta</i>.....	31
Jaime E. Araya	
Sara Hernando	
Alberto Fereres	
Efecto del riego deficitario en el rendimiento y eficiencia hídrica del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	35
Mercy Ilbay Yupa	
Víctor García Mora	
Freddy Gavilanez	
Capítulo III - Desarrollo Rural	
Evaluación ex-post del proyecto de desarrollo “Implementación de Sistemas Agroecológicos en Fincas Productoras de Caña, Mejoramiento de Procesos de Producción, Industrialización y Comercialización de Alcohol, provincia de Bolívar”.....	45
Carla Sofía Arguello Guadalupe	
Ángel Duverli Guano Gunao	
José Franklin ArcosTorres	

Prologo

La producción agrícola en Latinoamérica y el Caribe aporta alrededor del 10% de la producción mundial según cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la (FAO), dicho aporte ha venido escalando lentamente a través de los años debido a que existe un modelo único de producción agrícola, el cual presenta resistencia a la implementación de las nuevas tecnologías en el campo, por ello se habla de que la utilización histórica de las tierras y los recursos disponibles en la región no ha sido eficiente ya que actualmente más de 47 millones de personas sufren de subalimentación y la mayoría de ellos viven en zonas rurales totalmente dependientes de la agricultura para su subsistencia.

Esta creciente demanda de alimentos aumenta directamente la presión sobre los recursos naturales, y es por esta que se crea la necesidad de priorizar la producción sostenible de alimentos básicos y nutritivos en búsqueda de garantizar la seguridad alimentaria y el correcto aprovechamiento del medio ambiente. Es allí donde se comienza a hablar sobre la agricultura sustentable, la cual tiene como objetivos promover el uso de variedades autóctonas y policultivos, reducir de manera importante la utilización de los insumos nocivos para el medio ambiente y mantener las prácticas tradicionales en el campo, esto atendiendo a las condiciones ecológicas, sociales y económicas de la zona.

Con el fin de lograr que estos objetivos vayan más allá de los planteamientos se hace necesaria la investigación de diversas áreas y eventos del ámbito agrícola con miras en la sustentabilidad, y es donde el desarrollo de trabajos como los presentados en esta compilación juega un papel importante para el futuro desarrollo agrícola de nuestra región.

Capítulo 1

Biotecnología Agrícola

*Eficiencia de medios de cultivos en el establecimiento
in vitro del Caimito (*Chrysophyllum cainito* L.)*

**Laura Parismoreno Rivas
Efrén Santos Ordóñez
Reina Medina Litardo**

*Influencia del lactofermento y microorganismos efectivos
autóctonos en el suelo y su respuesta en *Lycopersicum Esculentum**

**Jorge Dobronski Arcos
Gabriel Guerrón Villacís
Luciano Valle Velasteguí**

Eficiencia de medios de cultivos en el establecimiento *in vitro* del Caimito (*Chrysophyllum cainito* L.)

Laura Parismoreno Rivas
Universidad de Guayaquil
luciaparis26@hotmail.com
laura.parismorenor@ug.edu.ec

Efrén Santos Ordóñez
Escuela Superior Politécnica del Litoral
efren.santos@gmail.com
gsantos@espol.edu.ec

Reina Medina Litardo
recomely@yahoo.com
reina.medinal@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil

Resumen

El fruto del caimito es de un sabor exquisito y se consume como fruta fresca, cotizándose bien en el mercado de exportación. En frutas tropicales y andinas, Ecuador dispone de una gran diversidad de especies. La lista de especies en extinción crece aceleradamente, de allí la necesidad de mantener los programas de conservación de los recursos genéticos que realiza el INIAP y los programas de conservación de parques nacionales y áreas de reserva que maneja el Ministerio del Ambiente. El objetivo de la investigación es establecer las condiciones adecuadas para la regeneración de plantas de caimito mediante cultivo *in vitro*, así como eficiencia de formulaciones de medios de cultivos. Se utilizaron como explantes¹ ápices, yemas axilares y laterales. Se evaluaron tres formulaciones de medios de cultivos: MS, MS ½ y B5, mediante las variables: brotación y longitud de explantes e inducción de brotes. Se efectuó un análisis de varianza con una distribución de los tratamientos completamente el azar, mediante el programa de INFOSTAT, y se utilizó la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad para la separación de los promedios del mejor tratamiento. Como resultado, se observó que la regeneración *in vitro* el mayor número de brotes fue en el medio MS ½.

Palabras claves: *in vitro*, caimito, explante, brotación, extinción

Abstract

Caimito is the fruit of an exquisite flavor and is usually consumed as fresh fruit, trading well also in the export market. In tropical and Andean fruits, Ecuador has a great diversity of species. The list of endangered species is growing rapidly, hence the need to maintain conservation programs of genetic resources carried out by the INIAP and conservation programs of national parks and reserve areas managed by the Ministry of Environment. The objective of this research is establish the right conditions for the regeneration of caimito plants through culture *in vitro* and the efficiency of growth medium formulations. They were used as explants apexes, axillary buds and lateral. Were evaluated three formulations of growth medium: MS, MS ½ y B5, using variables sprouting and length of explants and induction of buds. An analysis of variance (ANOVA) with a distribution of treatments completely random, by INFOSTAT program was conducted, and the Tukey test

¹ Tejido vivo separado de su órgano propio y transferido a un medio artificial de crecimiento

was used at 0.05% probability for the separation of averages best treatment. As a result, it was observed that regeneration *in vitro* as many shoots in MS medium was 1/2.

Keywords: *in vitro*, caimite, explant, sprouting, extinction

Introducción

La planta de caimito es una de las tantas especies en peligro de extinción, alcanza una altura de hasta 40 m. y un diámetro aproximado de 70 cm. El tallo es cilíndrico, la corteza externa es de color gris a café, apariencia de fisuras finas verticales y con verrugas pequeñas, en la parte interna es de color rosado a rojizo, veteadas y presenta látex blanco. Las hojas son simples, miden entre 5 a 15 centímetros, alternas, con forma oval, borde entero, ápice acuminado, flores pequeñas, dispuestas en grupos axilares. Fruto es de tipo drupa, redonda y de color púrpura y generalmente es verde alrededor del sépalo y con un patrón de estrella al cortarla transversalmente. La semilla es aplanada, lustrosa, de color negruzco y duro. El nombre científico hace alusión a las hojas del envés dorado con gran valor ornamental. La familia incluye cerca de 800 especies.

Los caimitos se reproducen más por semillas, las que mantienen la viabilidad por varios meses y germinan fácilmente. Las plantas de semillero producen de cinco a diez años. La propagación vegetativa acelera la producción y debería ser comúnmente más practicada. Esquejes de madera madura enraízan bien. Los acodos pueden enraizar en cuatro a siete meses y producen muy temprano. Los árboles injertados han comenzado a producir frutas un año después de haber sido plantados en terreno. En la India, el caimito es a veces injertado en plantas de semillero del propio caimito injertado en el pariente caimitillo (*C. oliviforme* L.) ha tenido el efecto de la desaceleración y retraso en el crecimiento (Rojas *et al.*, 2012). Experimentos de (Guiltinan y Maximona, 2000) mencionan que la propagación por semilla sexual implica llevar al campo una fuerte heterogeneidad fenotípica y genética, y obtener una producción del orden de los Kg a 500 Kg -1.

Introducción al problema

Para establecimiento de los cultivos utilizando cualquiera de los sistemas es necesario tener en cuenta algunos aspectos generales comunes relacionados con el explante, la asepsia, el medio de cultivo y las condiciones de incubación. La discusión de estos aspectos constituye el objetivo de este capítulo. El tema de la aclimatación de las plantas regeneradas *in vitro*, que es de gran importancia en la mayoría de las aplicaciones del cultivo de tejidos en la agricultura. En las plantas *in vivo*, la adquisición de nutrientes es facilitada por un órgano especializado en ello (raíz), mientras que en los cultivos *in vitro*, son las células no especializadas expuestas al medio las responsables de tomar y distribuir los nutrientes. En trabajos previos se ha obtenido la inducción de embriogénesis somática a partir de explantes foliares de árboles centenarios de *Quercus robur* (Valladares *et al.*, 2008). Además, a excepción del MS en un tejido vegetal cultivado *in vitro* es mucho menor a la que podría tener una raíz dotada de pelos radicales y en algunos casos de micorrizas (Leifert *et al.*, 2001).

El cultivo de tejidos vegetales, consiste esencialmente en aislar una porción de la planta (explante) y proporcionarle artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas, para que las células expresen su potencial intrínseco o inducido y producir un mayor número de copias de la planta usada (Hurtado *et al.*, 1994). Así mismo Garro y Alvarenga, (2009) indican que, los principales resultados del presente trabajo se alcanzaron a partir de plantas germinadas en condiciones *in vitro*. El cultivo *in vitro* exitoso con material proveniente de la colección de *P. sapota* del CATIE no ha sido posible (Lobato, 1998). Se han presentado problemas por la contaminación con bacterias y hongos, además de necrosis del material utilizado. En la mayoría de los casos la propagación se lleva a cabo mediante la brotación de yemas axilares (George *et al.*, 2008).

Importancia del problema

La elección de un medio de cultivo adecuado para la especie, tipo de explante y esperada determina en gran medida el éxito o fracaso de los cultivos *in vitro*, por lo que siempre resulta un poco crítico a ser determinante experimentalmente. Dentro de estas formulaciones Rossi (2007) manifiesta que, existen algunos de mayor uso y a partir de las cuales existen numerosas variaciones comerciales o en investigación, como por ejemplo el medio Murashige & Skoog 1962 (MS) para regenerar plantas; el medio B5 o de Gamborg 1968, usado para el cultivo de células y protoplastos, y también en la regeneración de plantas, que a diferencia del MS la concentración de nitratos es menor, o el medio WPM 1980 de menor concentración de sales especialmente señalado para especies leñosas. Por otro lado, investigaciones de (Paucar, 2001) señala que, trabajando con mora de castilla, el TDZ obtuvo un número considerable de brotes regenerados.

En la actualidad se ha desarrollado una gran cantidad de medios de cultivo diferentes que cumplen con los requerimientos nutricionales necesarios para sostener el crecimiento de los tejidos vegetales cultivados *in vitro*. Algunos de estos medios son específicos y se adaptan a un solo tipo de tejido. Investigaciones de (Díaz *et al.*, 2007) la *Zamia* (*Zamioculcas zamiifolia*) es una especie tropical perenne nativa de África, se ha convertido en una planta ornamental apreciada especialmente por su follaje exótico. La investigación tuvo como objetivo de evaluar la eficiencia de tres formulaciones de medios de cultivos en la fase de establecimiento *in vitro* de caimito.

Metodología

Fase de Laboratorio

Manejo del material vegetal en el laboratorio

Para llevar a cabo la siembra aséptica se utilizaron cuatro fases:

Fase 1. Selección de explantes iniciales

En este estudio se planteó, el uso de yemas axilares y apicales como explante. Estos explantes sirvieron para reproducir múltiples clones a medida que se sub-cultiva cada brote recién formado o cada explante de nudo con características especiales que se desea mantener en el cultivo (Deberhg *et al.*, 1991).

Fase 2. Desinfección del material vegetal

Una vez determinada la planta madre, se obtuvieron los fragmentos de los que se sacó los explantes como yemas axilares y apicales. Se realizó una desinfección para eliminar los contaminantes externos (hongos y bacterias) que habitan en forma natural en el ambiente. De aquí en adelante se mantuvo en condiciones de asepsia. Trabajando en cabinas de flujo laminar para los respectivos lavados. A estos explantes, se eliminó las hojas de cada brote y se dividió en segmentos de hasta dos yemas para luego ser lavados y desinfectados bajo una llave de agua y a chorro continuo por 30 minutos y en condiciones limpias fueron colocados en envases esterilizados de vidrio Pyrex hasta la siembra *in vitro*.

Para la siembra inicial, los explantes se colocaron en tubos de ensayo, y luego fueron cambiados a frascos tipo Gerber, tapados con papel aluminio y sellados con tiras plásticas, todo esto previo a la esterilización en autoclave.

Fase 3. Siembra del material *in vitro*

Tras la preparación del material, se procede a los cortes y obtención del explante escogido de alrededor de 4-5 cm para la siembra en medio de cultivo estéril. En un periodo de algunos días comenzó el proceso de germinación, o regeneración de nuevos tejidos vegetales iniciando el ciclo de cultivo *in vitro* (Castillo, 2007).

Fase 4. Multiplicación de los brotes.

Durante esta fase se esperó que los explantes que lograron establecerse originen brotes (de procedencia axilar o adventicia) con varias hojas. En la base de cada hoja se esperó observar yemas que se desarrollen luego de ser puesta en contacto con el medio de cultivo. Periódicamente los nuevos brotes desarrollados se sub cultivaron en un nuevo medio mediante divisiones y resiembras en los frascos de cultivo obteniendo incremento exponencial, considerando que todos los factores que afecten el crecimiento hayan sido optimizados (Rossí, 2007).

Metodologías utilizadas en el desarrollo de la micropropagación.

Consistió en una mezcla de macro y micro-elementos de MS, MS ½ y medio B5 (tabla 1), vitaminas de MS, aminoácidos, fitohormonas, sacarosa, gelificante, según las formulaciones propuestas en los tratamientos.

Tabla 1. Fórmulas de medios de cultivos utilizados

Macroelementos	Cant.(mgL ⁻¹)	Cant.(mgL ⁻¹)	Cant.(mgL ⁻¹)
NH ₄ N0 ₃	0.825	1.650	-
KN0 ₃	0.9	1.900	2.500
CaCl ₂ .2H ₂ O	220	440	150
MgSO ₄ .7H ₂ O	185	370	250
KH ₂ PO ₄	85	170	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	134
Na ₂ EDTA	18.6	37.3	37.3
FeSO ₄ .7H ₂ O	13.9	27.8	27.8
MICROELEMENTOS			
H ₃ BO ₃	6.2	6.2	6.2
MnSO ₄ .4H ₂ O	22.3	22.3	22.3
ZnSO ₄ .4H ₂ O	8.6	8.6	8.6
KI	0.83	0.83	0.83
Na ₂ M.O ₄ .2H ₂ O	0.25	0.25	0.25
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.025	0.025	0.025
Inositol	100	100	100
Acido nicotínico	0.005	0.005	0.5
Piridoxina-HCl	0.005	0.005	0.5
Thiamine-HCl	0.001	0.001	0.1
Glicina	0.002	0.002	0.2
Cysteína	0.025	-	-
Carbón activado	1.000 g/l		

MS ½ * Medio de Murashige & Skoog 1962 a la mitad. Sólo inicio
 MS** Medio de Murashige & Skoog 1962 completo. Sólo multiplicación.
 B5*** Medio de Gamborg, O.L., Miller, R.A. y Ojima, K. Sólo inicio

Se utilizaron Erlenmeyers acorde al volumen del medio a prepararse, colocándolo en una cocineta y agitándolo. Luego con agitador magnético se procedió a mezclar el medio basal de MS. Para el pesaje se utilizó una balanza analítica. Luego se pesó la sacarosa en una relación de 30 gL⁻¹ en constante agitación. Una vez disueltos los elementos principales, se procedió a aforar al volumen verdadero en probetas de 100 ml, y a ajustar el pH a 5.6 con tirillas de tornasol, utilizando hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl) en concentraciones de 0.1 M y 0.01 M respectivamente, en agitación constante. Se pesó y colocó el agente gelificante, calentando el preparado para su disolución en una cocineta a gas. En esta investigación se utilizó Phytigel (2.00 gL⁻¹). Finalmente, se colocaron las fitohormonas, preparando soluciones madres, cuyos pesos fueron realizados en una balanza analítica y luego almacenados en refrigeración. En el inicio se utilizó carbón activado para evitar oxidación de los explantes, a razón de 1 g L⁻¹, que se lo colocó antes del gelificante. Una vez preparado el medio de cultivo para cada fase de la investigación, se llevó a cabo el dispensado y manteniéndola caliente, en volúmenes de 10 a 15 ml. En cada frasco o recipiente se colocó tapas de papel aluminio y se esterilizó bajo una temperatura de 120 °C por 15 minutos. Finalmente, todo lo esterilizado se colocó en el recinto de transferencia aséptica para la siembra *in vitro*.

Inducción de brotes

Para determinar el medio de cultivo óptimo para el establecimiento de los explantes y conociendo el método de desinfección y control de oxidación que permitió una mejor respuesta del explante se procedió a evaluar los medios de cultivos de MS ½, y B5 y la dosis de 0.5 de BAP. Para inducir al crecimiento y brotación a los 30 y 90 días después de iniciada la siembra. Los tratamientos probados en esta fase se presentan en la Tabla 2. En el grupo de la thidiazuron ureas se encuentra el thidiazuron, un compuesto con actividad de citoquinina, el cual es más efectivo que la citoquininas naturales en la promoción del desarrollo de yemas axilares, o la diferenciación de yemas adventicias en cultivos *in vitro* (Huetteman *et al.*, 1993).

Diseño Experimental

Etapa de vivero

Para la tasa de supervivencia de plantas (%S) se contó el número de plantas a llevar al laboratorio y al final de la fase se estableció una diferencia con el total de las plantas sanas expresadas en porcentajes.

$$\%S = \frac{\text{Número de plantas vivas}}{\text{Número de plantas que iniciaron fase de laboratorio}} \times 100$$

Se utilizó tubos de ensayo con 10 ml del medio, el mismo que fue enriquecido con sacarosa 30 gL⁻¹. Los cultivos fueron mantenidos a 25 °C. Luego se llevaron a cabo las evaluaciones correspondientes a esta etapa. Cada tubo fue una unidad experimental provista de un explante.

Análisis Estadístico (fase de laboratorio)

Para el análisis estadístico, se utilizó Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos (un tratamiento para cada formulación de medio de cultivo).

Tabla 2. Tratamientos ensayados en la fase de inicio

Tratamiento	Medio de cultivo
T1	MS ½
T2	MS
T3	B5

Las variables que se estudiaron fueron:

- Número de brotación por unidad experimental. Se procedió a contar en número de brotes por explante dentro de la unidad experimental (frasco) a los 30 y 90 días después de iniciada la siembra.
- Longitud de los brotes el tamaño de los brotes se midió en centímetros desde la base hasta el extremo apical a los 30 y 90 días después de iniciada la siembra.

Análisis Estadístico.

Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) para una distribución de los tratamientos completamente al azar, mediante el programa INFOSTAT-Software estadístico, y se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad para la separación de los promedios y determinación del mejor tratamiento.

Resultados

Brotación de explantes.

Para el estudio de la brotación se procedió a evaluar tres medios de cultivos basales: Medio MS, MS $\frac{1}{2}$ y B5. Los resultados se muestran en las figuras 1 donde se pueden observar que a los 30 días después de la siembra el tratamiento con el medio MS $\frac{1}{2}$ presenta una mejor respuesta en comparación con los otros medios de cultivo evaluados. Mientras que a los 90 días se pudo observar que tanto el medio MS $\frac{1}{2}$ y el B5 presentan un comportamiento similar, siendo menor la respuesta para el medio MS completo.

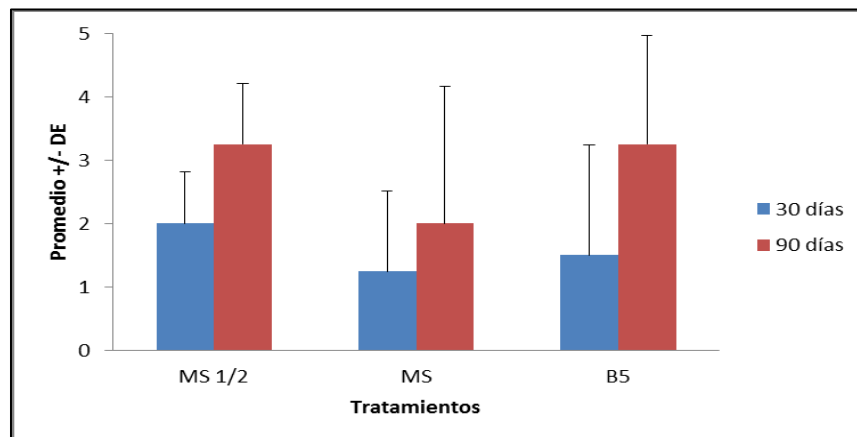


Figura 1. Promedios de brotes a los 30 y 90 días

A pesar de presentar el mejor promedio de brotación los tratamientos con MS $\frac{1}{2}$ y B5, se puede observar en la figura 1 que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos (Fórmulas de medios de cultivos) y 12 muestras (repeticiones) evaluados.

Longitud de explantes

Los resultados para la longitud de los brotes se muestran en las figuras 2 y 3 donde se puede observar que a los 90 días presentan una mayor longitud. Sin embargo, un efecto contrario se evidencia en las vitroplantas desarrolladas en el medio de cultivo MS $\frac{1}{2}$ en lo relacionado a mayor desarrollo de longitud.

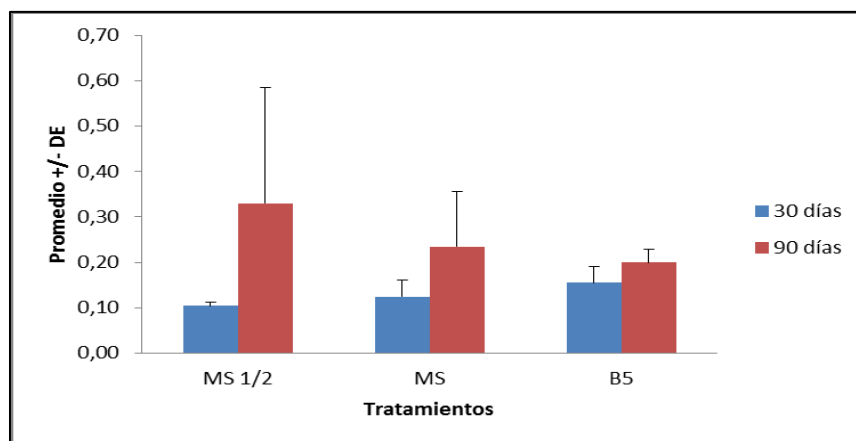


Figura 2. Promedio de longitud de los brotes a los 30 y 90 días después de la siembra aséptica.

En cuanto al crecimiento de los brotes se pudo observar que el mejor promedio se presentó en el medio MS 1/2. Sin embargo, entre los tratamientos no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

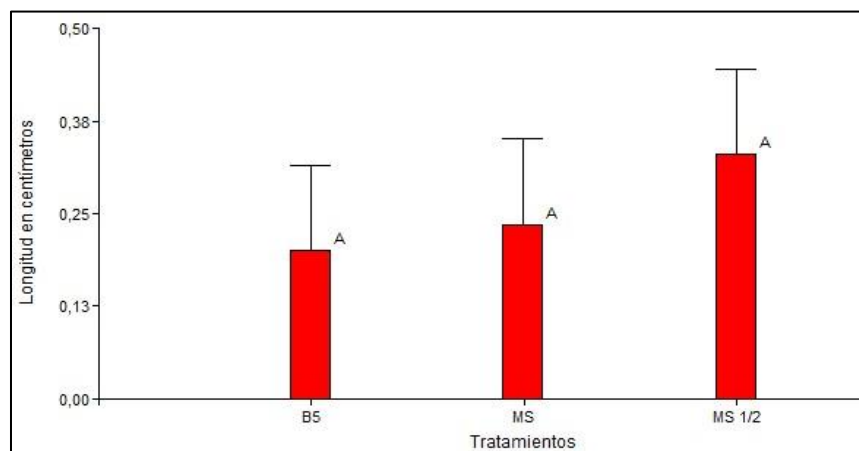


Figura 3. Longitud promedio de los brotes a los 30 y 90 días después de la siembra *in vitro*.

Brotación en la fase de multiplicación.

Una vez establecido el cultivo, pasaron a la fase de multiplicación; sub cultivando los explantes y generando la cantidad suficiente de brotes en los tratamientos respectivos (figura 4). Se evaluaron cinco tratamientos, con dos muestras cada uno, que corresponde a las cinco concentraciones usadas de TDZ, las mismas que fueron evaluadas en el medio basal MS 1/2 previamente seleccionado en la fase de establecimiento ya que resultó con mejor respuesta a la investigación de inicio.

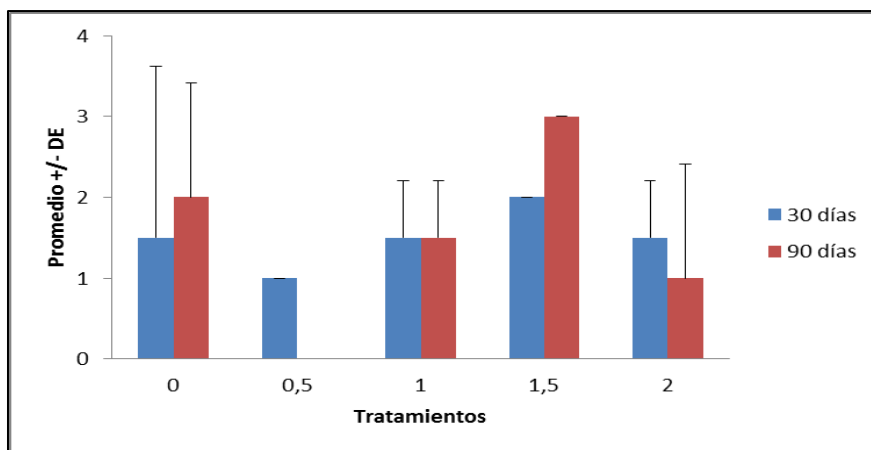


Figura 4. Fase de multiplicación, promedio de cantidad de brotes y yemas elongadas

En lo relacionado al tratamiento con 0.50 de TDZ no existe brotación a los 90 días. Una característica de este árbol es que produce un flujo exudado lechoso, lo que se evidenció claramente cuando el explante presentó desarrollo caulinar ver fig. 5, fue entonces cuando ocurrió la caída de las hojas ya formadas, por lo tanto esto no permitió que la vitroplanta se desarrolle con mas vigor. Posterior a la evaluación fue necesario proceder al cambio inmediato a otro medio de cultivo fresco para evitar la muerte de la vitroplanta debido a la presencia de la antes mencionada sustancia de color crema, esto permitió la evidencia nuevamente del desarrollo de nuevos brotes para este tratamiento.



Figura 5. Explantes en proceso de multiplicación

Discusión

La propagación por semilla (sexual), implica llevar al campo una fuerte heterogeneidad fenotípica y genética, y obtener una producción del orden de los 2 Kg a 500 Kg ha⁻¹ (Guiltinan y Maximona, 2000). Por otra parte, el método de propagación asexual puede ser mediante técnicas tradicionales como el enraizamiento de estacas, acodos o injertos, o no tradicionales (cultivo de tejidos vegetales) como la micropropagación.

Brotación de explantes

Para la brotación se evaluó tres medios de cultivos basales: Medio MS, MS ½ y B5. Donde a los 30 días después de la siembra el tratamiento con el medio MS ½ presenta una mejor respuesta en comparación con los otros medios de cultivo evaluados. Mientras que a los 90 días se pudo observar que tanto el medio MS ½ y el B5 presentan un comportamiento similar, siendo menor la respuesta para el medio MS completo. Se deduce que la mejor respuesta fue en el medio MS ½ ya que éste contiene menos concentración de nitrato de amonio.

Los mejores promedios de brotación se presentaron en los tratamientos con MS ½ y B5, aunque no existen diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos y repeticiones. Estos resultados difieren en cuanto a la brotación de ápices con el trabajo presentado por (George *et al.*, 2008) quienes señalan que en la mayoría de los casos la propagación se lleva a cabo mediante la brotación de yemas axilares.

Longitud de explantes

A los 90 días se puede observar una mayor longitud de los explantes, sin embargo, un efecto contrario se evidencia en las vitroplantas desarrolladas en el medio de cultivo MS ½ en lo relacionado a mayor desarrollo de longitud. De acuerdo con los ensayos de (Garro y Alvarenga, 2009) la totalidad de los ápices generaron brotes a partir de la primera y hasta la cuarta semana después de introducidos *in vitro*. Los mejores resultados en la inducción de brotes fueron de 14,9 brotes promedios por explante en el medio con sales de MS.

Brotación en la fase de multiplicación

En la fase de multiplicación se puede observar que el mejor tratamiento para los 30 y 90 días fue con la concentración de 1.5 mg/L-1 de TDZ, mientras que los otros tratamientos presentaron similar comportamiento que el control (Valladares *et al.*, 1993) concuerdan con este ensayo ya que se produjo la regeneración de yemas adventicias en los cotiledones de embriones somáticos tratados con TDZ (5.0 y 0.05 uM) aumentando su incidencia con las concentraciones más elevadas, igual resultado indica (Huetteman *et al.*, 1993) en la que informa que en el grupo el de la thidiazolureas se encuentra el TDZ, un compuesto con actividad de citocinina, el cual es más efectivo que las citoquininas naturales en la promoción de desarrollo de yemas axilares, o en las diferenciación de yemas adventicias en cultivo *in vitro*.

En cuanto al número de brotación se pudo observar que el tratamiento que presentó el mejor promedio fue el que corresponde a la concentración de 1.5 mg/L-1 de TDZ a pesar de no haber diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados son similares a los reportados por (Pauca, 2011), quien señala que trabajando con mora de Castilla *Rubus glaucus* Benth, y TDZ obtuvo un número considerable de brotes regenerados.

Conclusiones

Este ensayo muestra la posibilidad de producir vitroplantas completas de caimito a partir de ápices y segmentos nodales, combinado con reguladores de crecimiento (citocininas, giberelinas), siendo los ápices y portadores de yemas axilares.

- Se comprobó en la regeneración un mayor número de brotes en el medio MS ½, en comparación con el MS completo y el B5, se concluye que es el idóneo para la obtención de vitroplantas completas de caimito.
- Los explantes de ápices y yemas de caimito, constituyen un excelente material vegetal para la regeneración de brotes y vitroplantas.

Agradecimiento

A los directivos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral por su apoyo en la realización de la investigación. A José Flores Cedeño M.Sc., por su valiosa guía. En Especial a Milton Barcos Arias Ph. D, por su atinada asesoría y apoyo científico que enriqueció este trabajo. A Karla Aguaguina, por su asesoría en la estadística, y sobre todo por su amistad

Referencias

- Castillo, A.(2007). Propagación de plantas por cultivo *in vitro*: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Unidad de Biotecnología., Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIA, Estación Experimental “Las Brujas”, Uruguay.
- Debergh, P.C. & P.E. Read. (1991). Micropropagación. En: micropropagación technology and application. Ed: Debergh, P.C & R.H. Zimmerman. Kluwer Academic Publishers. U.S.A. 479 p.
- Díaz, F, Espinel, D y Rueda, A. (2007). Respuesta regenerativa *in vitro* de *Zamioculcas zamifolia* (Familia *Araceae*) a partir de explantes foliares. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras.
- Garro, G y Alvarenga, S. (2009). Optimización de un protocolo para el cultivo *in vitro* y la micropropagación masiva del llantén *Plantago major* tecnología en marcha. 22 (3), julio-sept.
- George, E, M.A. Hall, and G.J.De Klerk. (2008). Plant propagation by tissue culture. 3ra Ed.,Vol. 1 the background. Springer Verlag, Dordrecht, the Netherlands.
- Guiltman MJ, Maximova SN, (2000). Recent advances in the tissue culture of Cocoa from somatic embryos to bentwood gardens. A short review. In: Proceedings of the International work shop on New Technologies and Cocoa Breedings. Ingenie. 16-17 th October 2000. Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, Pp 157-162.
- Huetteman, C.A & J. E, Preece (1993). Thidiazuron: a potent cytokinin for woody plant Tissue culture. Plant cell, tissue and organ culture. 33: 105-119.
- Hurtado, D & Merino, M. (1994). Cultivo de Tejidos Vegetales. Trillas S.A. México. 233 p.
- Leifert, C & Cassells, C. (2001). Microbial hazards in tissue and cell cultures *in vitro* cellular and Developmental Biology-Plant 37:133.
- Lobato, S. (1998). Desarrollo de métodos de propagación para la conservación y propagación de *Pouteria sapota* (Jacq). Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza para el desarrollo y Conservación (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 130 p.
- Murashige, T. y Skoog, (1962). F.A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant., vol. 15, p. 473-497.
- Paucar, M. (2011). ORGANOGENESIS DIRECTA *in vitro* A PARTIR DE EXPLANTES DE HOJAS DE MORA (*Rubus glaucus* Benth). Proyecto de Investigación de Tesis. ESPE. Ecuador.
- Rojas, F & Torres, G.(2012). Caimito (*Chrysophyllum cainito* L.). Revista Forestal Mesoamericana Kurú. 9 (23). Costa Rica.
- Rossi, L. (2007). Propagación asexual cultivo *in vitro*. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú.
- Valladares, S. *et al.*, (2006). Anàlisis histològic del origen y desarrollo de los embriones somàtics en hojas procedentes de àrboles centenarios de roble CSIC Santiago de Compostela.
www.Nutrimedperu.com/composici3n/htm

Influencia del lactofermento y microorganismos efectivos autóctonos en el suelo y su respuesta en *Lycopersicum Esculentum*

Mg. Jorge Dobronski Arcos
Universidad Técnica de Ambato
je.dobronski@uta.edu.ec

Ing. Gabriel Guerrón Villacís
Agrimportec
gaboguerron_v@yahoo.es

Mg. Luciano Valle Velasteguí
Universidad Técnica de Ambato
el.valle@uta.edu.ec

Resumen

El uso de microorganismos benéficos en la agricultura puede contribuir a reducir la contaminación de suelos, medio ambiente, productos agrícolas y agricultores, ocasionada por agroquímicos. El objetivo del trabajo fue identificar el efecto de la inoculación de microorganismos benéficos (bacterias lácticas y microorganismos eficientes autóctonos-EMA) en la microbiología y en el contenido de nutrientes en el suelo. El ensayo se realizó en 2015 en la Granja de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en Cevallos, Ecuador. Se establecieron parcelas con adición de lactofermento, EMA, fuentes minerales y un testigo, a los cuales se les realizó análisis de micro y macro nutrientes del suelo, así como análisis microbiológicos antes y luego de la última aplicación de microorganismos benéficos, que se hicieron a intervalos de 28 días. Se registraron los contenidos de macro y micronutrientes en el suelo, las especies de hongos y bacterias con su número de unidades formadoras de colonias-ufc. Se encontró que la interacción del lactofermento con EMA presentó los mejores resultados, con un incremento general de 135% de microorganismos, concluyendo que su utilización disminuye la dependencia de agroquímicos.

Palabras claves: Biofermento, agricultura orgánica, agroquímicos, contaminación, EMA.

Abstract

The use of beneficial microorganisms in agriculture can contribute to the reduction of soil, environment and agricultural products contamination, caused by agrochemicals. The objective of this research was to identify the effect of the inoculation of beneficial microorganisms (lactic acid bacteria and autochthonous efficient microorganisms-AEM) on microbiology and soil nutrient content. The test was held in 2015 at the Farm of the Faculty of Agricultural Sciences at Universidad Técnica de Ambato, located in Cevallos, Ecuador. Plots with lactoferment, AEM, mineral sources and a control process were established. Micro and macro soil nutrient analyzes were carried out, as well as microbiological analyzes before and after the last application of beneficial microorganisms, which were performed at intervals of 28 days. The contents of macro and micronutrients in the soil were registered, as well as the species of fungi and bacteria with their number of colony forming units-cfu. It was found that the interaction of lactoferment with AEM presented the best results, with a general increase of 135% of microorganisms; concluding that its utilization decreases the dependence on agrochemicals.

Keywords: Bioferment, organic agriculture, agrochemical, contamination, AEM.

Introducción

Se debe conocer la naturaleza física y química del suelo para entender el comportamiento de los microorganismos en el mismo; ya que contiene minerales de varios tamaños, formas y características químicas, raíces de las plantas, población de organismos vivos y un componente de materia orgánica en varias etapas de descomposición. Como se sabe los microorganismos son vitales en el desarrollo de los ecosistemas, en especial del suelo, al participar en el ciclo del carbono y de otros nutrientes, muchos tienen la capacidad de transformar el fósforo insoluble en formas asimilables para las plantas, con lo que contribuye a su disponibilidad en el suelo (Restrepo et al., 2015).

En la rizosfera las plantas y los microorganismos establecen una estrecha relación simbiótica donde liberan metabolitos que provienen de la fotosíntesis, para ser translocados a las raíces como exudados, secreciones y mucílagos, constituyéndose en una reserva de nutrientes, demostrando el beneficio de los hongos micorrízicos en diferentes cultivos en relación con un mejor aprovechamiento de los nutrientes y una disminución en los requerimientos de fertilizantes para mantener altos rendimientos (João et al., 2016). Existen relaciones sinérgicas y antagónicas entre microorganismos que pueden beneficiar la vida vegetal, las antagónicas pueden favorecer el desarrollo de las plantas, al encontrar una disminución en los microorganismos patógenos debido a la acción de algunos grupos que producen antibióticos, sideróforos y enzimas que degradan la pared celular (Hernández et al., 2001).

El uso de agroquímicos en el proceso de producción agrícola, caracteriza los sistemas de producción reconociendo que provoca riesgos para la salud humana y animal, así como un deterioro del ambiente, por tal motivo se deben desarrollar tecnología amigables con el ambiente, como el uso de alternativas que incorporan microorganismos benéficos para la nutrición y protección de la planta. La disminución de la vida microbiana del suelo se debe precisamente a la aplicación indiscriminada de agroquímicos, como en el caso de la desinfección del suelo, que se aplica directamente u otros que afectan indirectamente, ya que muchos de los productos utilizados son de amplio espectro e influyen sobre la microflora y fauna del suelo. El agricultor en el afán de mejorar la producción de sus cultivos trata de eliminar los microorganismos perjudiciales, sin considerar que afecta a los organismos benéficos y que el daño es muy significativo en cuanto a la calidad microbiana del suelo, ya que suelos con niveles de microorganismos benéficos controlan de forma natural los perjudiciales, ya sea por antagonismos o por superioridad numérica (Pal y Mc Spadden, 2006).

El desconocimiento de la riqueza y calidad de la vida microbiana en el suelo es uno de los factores limitantes en los sistemas de producción agropecuarios para el aprovechamiento de biofertilizantes, en especial desde el enfoque de manejo ecológico que procura un desarrollo sostenible. Los sistemas agrícolas a largo plazo deben fomentar el uso y manejo eficiente de los recursos (Alfonso et al., 2007). En la actualidad se han identificado alternativas para disminuir la dependencia de insumos agrícolas químicos en el manejo de los cultivos en campo, una de ellas es el uso de biofermentos como estrategia de producción limpia, este tipo de abonos fermentados está constituido por microorganismos que presentan relaciones antagónicas de competencia con diferentes patógenos que afectan las plantas y facilitan los procesos de nutrición; además se pueden enriquecer con diferentes componentes como microorganismos eficientes autóctonos-EMA, levaduras, sales o rocas de acuerdo a las necesidades específicas de cada cultivo o etapa de desarrollo (Millán et al., 2013).

Alrededor del mundo se han realizado cantidad de investigaciones acerca de los efectos de la microbiología en el ecosistema y las plantas con resultados positivos, por este motivo esta investigación planteó el efecto del uso de lactofermento en la riqueza y calidad de la vida microbiana, como una alternativa de fácil asimilación y

uso para los productores de bajos recursos económicos. En la granja docente Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, la presencia de suelos con poca cantidad de microorganismos benéficos han disminuido la rentabilidad de los cultivos agrícolas. La hipótesis de trabajo se basó en identificar si la aplicación de lactofermento mejora las condiciones químicas y biológicas del suelo mediante el aumento de la vida microbiana, que influye positivamente en los parámetros de calidad del fruto, mediante el análisis biológico, químico y físico; para establecer una metodología de producción limpia de tomate hortícola (*Lycopersicum esculentum*).

La degradación de los suelos es resultado de la práctica de agricultura convencional que utiliza en forma excesiva agroquímicos, sin una guía técnica sobre su uso y aplicación; en el Ecuador, en particular en las zonas rurales, ha provocado que los suelos se vuelvan improductivos y en ocasiones estériles. Es conocido que existen microorganismos perjudiciales para las plantas y el agricultor al tratar de eliminarlos afecta los organismos benéficos; en los suelos en los cuales, exista una cantidad considerable de microorganismos benéficos por lo general se reduce la presencia de los otros, demostrando un control natural o biológico, ya sea por antagonismo o por superioridad numérica.

El desarrollo de una agricultura limpia y sana es la principal tendencia del siglo XXI, por lo que algunas investigaciones a nivel mundial tienen como principal objetivo el manejo de la biota del suelo para fomentar las buenas prácticas agrícolas y la producción limpia. Esta investigación permitió conocer los beneficios que puede aportar la aplicación de lactofermentos sobre los microorganismos del suelo, para lo cual se evaluó la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum*) variedad Micaela mediante los parámetros de calidad del fruto. Con los resultados se pueden identificar y diseñar metodologías de manejo que contribuyan a la disminución del uso de agroquímicos, a través del uso de buenas prácticas agrícolas que fomenten la producción orgánica con el fin de obtener productos más sanos y amigables con el ambiente.

Metodología

La investigación se desarrolló a una altitud de 2855 msnm y sus coordenadas geográficas fueron: latitud 01°25'00" Sur y longitud 78°35'22 Oeste, en condiciones controladas de humedad y temperatura bajo invernadero con un cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*), con la aplicación de lactofermento en una dosis única de 1 l/m² y con una adición de EMA ½ l/m², el testigo fue la tecnología del agricultor que consistió en la aplicación de 3 kg/m² de estiércol de ganado bovino, previamente descompuesto. Los factores en estudio fueron el lactofermento con y sin EMA y las fuentes minerales: sulfato de zinc, sulfato de calcio, sulfato de magnesio, sulfato de cobre, azufre y levaduras; los tratamientos se definieron por su combinación, incorporándose un testigo de control. Se analizó estadísticamente la información usando un diseño de bloques completos al azar en análisis grupal con arreglo factorial de 2 x 6 + 1 con tres repeticiones, se realizaron comparaciones entre grupos y dentro de cada grupo, además de pruebas de significación de Tukey al 5% para factores principales y para las interacciones.

El lactofermento es un biofermento producto del proceso de fermentación de materiales orgánicos y se origina de actividad microbológica, tiene alta concentración de bacterias ácido lácticas que colaboran en la fertilidad del suelo y contribuye a suprimir algunos microorganismos patógenos. Se preparó de la siguiente manera: 1000 l. de suero de leche puro, 20 l. de melaza, 12 kg de carbonato de calcio, 12 kg de ceniza de cáscara de arroz, 2 l. de EMA o activador de bioles, ½ kg de sulfato de zinc, ½ kg de sulfato de magnesio, ½ kg de sulfato de manganeso y ½ kg de roca fosfórica. Para obtener EMA se mezclaron 5 kg de mantillo de

bosque más 3 l. de melaza, 1 l. de leche, 5 kg de cascarilla de arroz molida, 5 kg de salvado de trigo, 5 kg de carbón vegetal molido, 10 kg de granza de arroz, 10 kg de aserrín de madera blanca y agua hasta alcanzar un 30% de humedad; de este sólido se tomó 25 kg y se colocó en un tanque de 200 l. que se llenó con una solución de melaza al 5% usando agua sin cloro y en tres días se obtuvo la solución de EMA.

Se efectuó el muestreo al inicio de la investigación antes de la aplicación de los tratamientos, usando un barreno se tomaron cuatro submuestras a una profundidad de 15 a 20 cm, se mezcló para la integrar una muestra única y se extrajo un kg para el análisis físico-químico y un kg para el análisis microbiológico. Las aplicaciones se iniciaron una semana antes de la siembra, se realizaron en drench sobre toda la superficie de la parcela, se realizaron cinco aplicaciones cada 28 días, luego se procedió con la toma de muestras que coincidió con la época de producción del cultivo, para lo cual se limpió la parte superior del suelo y con una pala se hizo un corte en “V” de 15 a 20 cm de profundidad, se obtuvo una tajada de 3 cm de espesor y se eliminaron los bordes, aproximadamente de 3 cm por cada lado, seleccionando el sector central de la pala, se mezclaron las muestras que se procesaron para el envío a los laboratorios. Para observar el efecto del lactofermento y EMA sobre la vida microbiana del suelo y determinar si cumple una función antagónica con hongos y bacterias que estuvieron presentes en el suelo, así como facilitar la fertilidad del suelo y nutrición de la planta.

Los datos para evaluación se tomaron de los análisis microbiológicos del lactofermento, EMA, análisis físico, químico y microbiológico del suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos; se efectuaron tablas comparativas entre los análisis, se compararon la estructura y contenidos de macro y micro elementos, además la riqueza y calidad de vida microbiana considerando el número total de unidades formadoras de colonias-ufc de hongos y bacterias. Los análisis microbiológicos se realizaron en el laboratorio Plantsphere Laboratories (PSL) de la ciudad de Quito, utilizando la técnica de observación directa (OD), colorimetría de muestras de estados inducidos (CMES), análisis en microplots (AMP: MA, APD, NA, KB y KA), microscopía N/CO, cámara Normanski (CN) y medios enzimológicos diferenciales (MED); mientras que los análisis físicos y químicos del suelo fueron realizados en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Técnica de Ambato, para lo cual se utilizó la solución extractora de Olsen Modificado que se prepara con 40 ml de agua destilada y 9 ml de lantano al 1% y se lee con la lámpara en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Analyst 100, así se determinaron contenidos de P, K, Ca, Mg, Cu y Zn; para N total se usó el método de digestión Kjeldahl que adiciona ácido sulfúrico y un catalizador.

Resultados y Discusión

El análisis físico químico del suelo presentó textura franco arenoso que no evidenció variaciones significativas hasta finalizar el experimento; como se puede observar en el Cuadro 1, al inicio tuvo un pH promedio de 8,09 valor ligeramente alcalino, conductividad eléctrica de 0,38 y materia orgánica un 2,8%; macroelementos: nitrógeno 26,1 ppm, fósforo 50,5 ppm y potasio 44,9 ppm; microelementos: Ca 225 ppm, Mg 44,4 ppm, Cu 9 ppm, Mn 6,5 ppm y Zn 5,5 ppm. La interacción calcio magnesio fue de 3 meq/100 g, magnesio potasio 3,2 meq/100 g y calcio magnesio potasio 12,9 meq/100 g.

Los análisis luego de las aplicaciones mostraron que no existieron cambios en la textura, pero si en relación al pH con valores menores que van de 6,57 hasta 7,77 al igual que la conductividad eléctrica con valores de 0,03 a 0,08 mmhos, esta disminución se puede atribuir a la actividad radicular de la planta, la meteorización de los minerales primarios y secundarios y la adición del lactofermento con un pH de 3,5 que al agregarse acidificó el suelo al transformar los carbohidratos en ácido láctico, acético y propiónico, entre otros (Vicente *et al.*, 2008); la M.O. con valores de 2,5 a 3,4% mostró un promedio de 2,8% que se mantuvo constante y no fue

modificada significativamente, pero tuvo influencia en el pH, concordando con Ramos *et al.* (2011) que trabajó con aplicación de vermicompost que disminuyó el contenido de materia orgánica e influyó la conductividad eléctrica, además según Murray *et al.* (2011) este componente mejora la fertilidad y estructura del suelo en los primeros 20 cm., se conoce que en los suelos la capacidad productiva está directamente asociada con su contenido de materia orgánica que es la principal reserva del carbono orgánico y principal fuente de nutrientes para las plantas (Pedraza *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Contenido de macro y micro nutrientes del suelo en el cultivo de tomate hortícola

	pH	C.E.	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
Inicial	8,09	0,38	2,8	26,1	50,5	44,9	225	44,4	9	6
T1	7,20	0,04	2,8	21,3	66,3	29,6	172	28,8	6	6
T2	7,77	0,04	2,7	20,4	66,9	16,4	152	22,8	5	5
T3	6,57	0,04	2,5	18,7	54,6	23,8	150	33,6	7	6
T4	6,69	0,03	2,9	21,8	64,9	28,5	162	33,6	6	5
T5	7,31	0,05	3,4	25,5	82,0	25,7	200	34,8	6	6
T6	7,43	0,04	2,6	19,2	40,5	28,1	130	28,8	7	4
T7	6,64	0,03	2,6	19,3	46,1	16,0	152	36,0	6	3
T8	7,30	0,05	3,2	24,2	81,1	23,8	190	38,4	5	6
T9	6,99	0,05	2,9	21,7	69,8	19,9	170	40,8	5	4
T10	6,77	0,04	2,8	21,0	73,3	31,2	230	36,0	7	7
T11	7,34	0,06	2,8	20,9	56,4	49,1	282	55,2	5	5
T12	7,29	0,08	2,7	20,3	38,3	14,0	160	31,2	4	4
T13	6,72	0,04	2,8	21,1	51,6	10,1	142	26,4	6	4

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas UTA, 2015

Entre los macro elementos, el contenido de N disminuyó con un rango de 18,7 a 25,5 ppm, como indicativo de la asimilación del cultivo al ser el elemento que más consume la planta y no existieron evidencias del proceso de fijación biológica de nitrógeno; el P con rango de 38,3 a 82 ppm, observándose un incremento en los tratamientos que tuvieron incorporación de microorganismos y que según Corrales *et al.* (2014) proviene de la solubilización del fósforo inorgánico por acción de la actividad microbiana que produce ácido glucónico que libera fosfatos y cationes que son de fácil asimilación, así como del fósforo orgánico que está en la materia orgánica y que los microorganismos lo hidrolizan del suelo mediante enzimas, coincidiendo con Fernández *et al.* (2005) que mencionan que los hongos tienen mayor habilidad para solubilizar fosfato tricálcico con respecto a las bacterias y que los aislamientos de micelios exhiben mayor poder solubilizador que las células procariotas tanto en medio líquido como sólido, comparándolo con el testigo que no manifestó incrementos importantes; el K en casi todos los casos fue menor al finalizar el experimento, con un rango de 14 a 31,2 porque el cultivo consumió las reservas de nutrientes presentes en el suelo, con una evidencia especial en el testigo que presentó el menor valor con 10,1 ppm, sin embargo el lactofermento con azufre (T11) presentó un valor mayor de 49,1. Los microelementos tuvieron un comportamiento similar, el Ca con rango de 130 a 200 ppm; Mg de 22,8 a 40,8 y T11 con 55,2 ppm; Cu de 4 a 7 ppm y Zn de 3 a 6 ppm y T10 lactofermento con sulfato de Cu incremento a 7; en los tratamientos que manifestaron poca disminución de los elementos se puede atribuir al efecto de mineralización de la materia orgánica que produjeron los microorganismos (Tysko y Rodríguez, 2006).

Respuesta agronómica de la aplicación de lactofermento y EMA

Los resultados se presentan en el Cuadro 2, este resumen menciona para peso un valor de P de 0,1211 con un valor máximo de 148,19 del T11 (lactofermento más azufre) y un mínimo de 122,25 del T4 (lactofermento + EMA + sulfato de cobre); firmeza del fruto un valor de P de 0,1066 con un valor máximo de 16,68 kg/cm² para el tratamiento 7 (lacto + sulfato de zinc) y menor de 13,09 kg/cm² del T3 (lacto + EMA + sulfato de magnesio); resultados que concuerdan con lo expresado por Sarmiento y Herrera (2003) que señalan que los lactofermentos aportan con una gran variedad de biomoléculas que se encuentran en pequeñas cantidades, pero que son fácilmente asimiladas e incorporadas al metabolismo de las plantas, facilitando la asimilación de los nutrientes del suelo que mejora la firmeza de los frutos; en los grados Brix la P fue de 0,0548 y se observó que el valor mayor correspondió al T11 y el menor al T1 (lactofermento + EMA + sulfato de zinc) con valores de 3,39 y 2,81 °Brix, respectivamente; en el diámetro polar el valor de P fue de 0,0183 y el resultado con mayor valor fue para T5 (lacto + EMA + azufre) con 59,71 mm, mientras que el menor fue T10 (lacto + cobre) con 50,57 mm; según el diámetro ecuatorial, nuevamente el T5 fue el mayor con 69,27 mm y el menor T10 con 61,73 mm con una valor de P de 0,3389; por último en el pH el valor de P fue de 0,0772 con el mayor valor el tratamiento T1 con 4,27 y el menor T7 con 3,89.

Calidad microbiana del lactofermento, EMA y suelo

Los datos para evaluación se tomaron de los análisis microbiológicos del lactofermento, EMA y análisis físico, químico y microbiológico del suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos; se efectuaron tablas comparativas entre los análisis iniciales y los realizados al concluir el experimento, se determinó la riqueza y calidad de vida microbiana considerando el número total de unidades formadoras de colonias-ufc de hongos y bacterias.

Cuadro 2. Desempeño de las variables agronómicas del tomate hortícola

Tratamiento	Peso (kg)	Firmeza fruto (kg/cm ²)	Grados Brix (g/azúcar)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Potencial hidrógeno (pH)
T1	134,38 ^a	15,52 ^a	2,81 ^b	55,26 abc	66,60 ^a	4,27 ^a
T2	134,97 ^a	16,09 ^a	2,92 ^{ab}	54,92 bc	66,23 ^a	3,96 ^a
T3	141,83 ^a	13,09 ^a	3,00 ^{ab}	56,96 abc	67,49 ^a	3,99 ^a
T4	122,25 ^a	15,31 ^a	3,05 ^{ab}	56,23 abc	66,88 ^a	3,99 ^a
T5	133,83 ^a	15,91 ^a	3,06 ^{ab}	59,71 a	69,27 ^a	4,12 ^a
T6	144,16 ^a	16,15 ^a	2,96 ^{ab}	58,87 ab	67,56 ^a	3,99 ^a
T7	135,15 ^a	16,68 ^a	3,16 ^{ab}	56,01 abc	67,61 ^a	3,89 ^a
T8	127,89 ^a	15,13 ^a	3,14 ^{ab}	54,02 cd	66,66 ^a	3,99 ^a
T9	136,06 ^a	15,52 ^a	3,08 ^{ab}	56,11 abc	68,17 ^a	3,95 ^a
T10	127,75 ^a	16,50 ^a	3,15 ^{ab}	50,57 d	61,73 ^a	3,91 ^a
T11	148,19 ^a	16,18 ^a	3,39 ^a	56,21 abc	67,21 ^a	3,98 ^a
T12	127,29 ^a	16,07 ^a	3,21 ^{ab}	55,10 bc	66,58 ^a	3,99 ^a
T13	123,35 ^a	15,77 ^a	3,04 ^{ab}	55,29 abc	64,04 ^a	3,90 ^a
MEDIA	133,62	15,69	3,07	55,79	66,62	3,99
EE	5,98	0,67	0,10	1,35	1,73	0,07
Valor de P	0,1211	0,1066	0,0548	0,0183	0,3389	0,0772
CV ¹ (%)	7,75	7,41	5,48	4,18	4,51	3,06

^{a-d} Media seguida de letras indican diferencias estadísticas significativas (P < 0,05)

¹CV: Coeficiente de variación

La clasificación de microorganismos se realiza según favorezcan o perjudiquen el desarrollo de la planta con la que interactúan, lo que refleja el crecimiento, productividad y sanidad vegetal; en este trabajo se consideraron desde el punto de vista de acción en el suelo y su actividad, como lo menciona Grageda et al. (2012) al referir que pueden ser fitoestimulantes, biofertilizantes o mejoradores del suelo.

El biograma microbiano del lactofermento identificó dos cepas de hongos clasificados como levaduras que acidifican el suelo, catalizan azúcares y carbohidratos: *Sacchromyces sp.* y *Candida sp.* con 450 y 720 ufc, respectivamente; así como cuatro bacterias benéficas para el suelo, pertenecientes al género *Lactobacillus* que son probióticas, catalizan carbohidratos, producen ácido fólico y complejos vitamínicos: *L. acidophilus* con 5660, *L. bulgaricus* con 1330, *L. casei* con 240 y *Streptococos lactis* con 710 ufc, que son los componentes mayoritarios del biofermento y dan la característica de biofertilizante mejorando la calidad y riqueza microbiana del medio al cual se incorpora; y un bacilo gramnegativo de la familia de las enterobacterias *Escherichia coli* con 580 ufc, de amplia dispersión en el país, considerada como un patógeno con capacidad de producir toxinas para el ser humano y los animales, pero sin efecto evidente en el suelo, que debió estar presente en el agua que se utilizó para preparar la solución, ya que se obtuvo del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato que tiene alta contaminación. La solución de EMA mostró las bacterias *Lactobacillus sp.* con 130880 ufc que contribuyen en el desdoblamiento de azúcares y carbohidratos, *Lactobacillus bulgaris* con 18430 ufc que acidifican el medio orgánico y *Bacillus subtilis* con 3680 ufc que produce antagonismo con microorganismos fitopatógenos; tres géneros de hongos con características de levaduras que son fundamentales en la productividad del suelo: *Schizosaccharomyces sp.*, *Saccharomyces boluurtii* y *Torula sp.* con 4190, 3600 y 1690 ufc, respectivamente; y *Trichoderma harzianum* que es antagonista para hongos fitopatógenos; y *Penicillium expansum* con 430 ufc se encontró como saprófito y es fitopatógeno específico de la poscosecha de frutas y debió estar en la materia orgánica derivada de estos cultivos, ya que la provincia de Tungurahua se caracteriza por los frutales caducifolios.

El análisis del suelo identificó 50 microorganismos, 25 se clasificaron como beneficiosos para el suelo y la planta al contar con potencial antagonico para microorganismos fitopatógenos, tener capacidad para descomponer materia orgánica, solubilizar minerales, asociación micorrízica con actividad endosimbiótica y exosimbiótica que posibilita procesos metabólicos de transformación; así como, 25 fitopatógenos que cumplen actividades de descomposición de la materia orgánica, presentándose como oportunistas o residentes que esperan la presencia del cultivo para mostrar su virulencia. El Cuadro 3 muestra que al inicio se observaron cepas benéficas de bacterias con potencial antagonista como *Bacillus mycoides* con 66240 ufc, *Bacillus subtilis* con 2440 ufc y *Pasteuria penetrans* con 1830 ufc, mientras el Cuadro 4 presenta bacterias patógenas como *Pseudomonas syringae* con 71570 ufc y *Pseudomonas corrugata* con 910 ufc que pueden infectar gran cantidad de especies vegetales, pero en el suelo se mantienen como saprófitos de la materia orgánica y desempeñan un papel vital en los procesos ecológicos como los ciclos biogeoquímicos de los elementos y el catabolismo de la materia orgánica o transformación de moléculas biológicas complejas en moléculas sencillas citado por Hernández et al. (2001). Al concluir el ensayo solo se observaron poblaciones de hongos, las bacterias no tuvieron un ambiente propicio para su reproducción y se extinguieron por la acidificación del suelo, coincidiendo con la investigación de Noriega et al. (2014), donde los microorganismos que descomponen la materia orgánica y mineralizan el nitrógeno, fósforo y azufre reducen su actividad en un suelo con pH de 5,44 y observó que las bacterias fijadoras de nitrógeno también se reducían.

Los resultados identificaron 40 cepas de hongos en el suelo, 20 fueron identificadas como benéficas, entre las principales estuvieron: *Trichoderma koningii* con una población de 26000 ufc, *Trichoderma harzianum* con 8000 ufc

y *Trichoderma sp.* con 8000 ufc consideradas como mecanismo de control biológico de enfermedades fúngicas con enzimas que segregan sustancias antibióticas, micoparasitismo, estimulación de mecanismos de defensa de las plantas y competencia efectiva por espacio en la rizosfera, *Cladosporium herbarum* que tiene acción antagonica con otros microorganismos con 14000 ufc, *Paecilomyces lilacinus* presenta una condición nematocida con 4000 ufc, *Acremonium sp.*, *Hansenula sp.* y *Ovularia sp.* con 6000 ufc cada una; entre otras, que tienen condiciones para degradar materia orgánica y se comportan como de levaduras beneficiosas al momento de mejorar las condiciones del suelo.

Cuadro 3. Géneros benéficos y número de unidades formadoras de colonias en el suelo

Género y especie	Inicial	Lacto+EMA	Lacto	Testigo
<i>Acremonium sp.</i>			6000	
<i>Arthoderma sp.</i>			4000	
<i>Aureobasidium pullulans</i>	2570	2000		
<i>Bacillus mycoides</i>	66240			
<i>Bacillus subtilis</i>	2440			
<i>Cladosporium herbarum</i>		4000	14000	
<i>Cryptococcus sp.</i>		2000		
<i>Dactylella sp.</i>			2000	
<i>Gelarchia sp.</i>				2000
<i>Hansenula sp.</i>			6000	
<i>Hormisium sp.</i>			2000	
<i>Humicola sp.</i>		6000		
<i>Mortierella sp.</i>		2000		
<i>Ovularia sp.</i>			6000	
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	2370	4000		
<i>Pasteuria penetrans</i>	1830			
<i>Poria sp.</i>			2000	
<i>Rhizopus sp.</i>			4000	
<i>Rhodotharula sp.</i>	1760			
<i>Sarea sp.</i>			2000	
<i>Torula herbarum</i>	10590			
<i>Torulopsis sp.</i>		4000		
<i>Trichoderma sp.</i>	12420	8000		2000
<i>Trichoderma harzianum</i>		8000		
<i>Trichoderma koningii</i>		26000		

Fuente: Plantspherelaboratorios, 2015

Los microorganismos benéficos cumplen con el índice de supresividad, que menciona al incorporar abonos orgánicos al agroecosistema provenientes de diferentes materiales vegetales y animales demuestran tener efectos supresivos hacia los patógenos que producen enfermedades, debido a una situación especial de las poblaciones microbianas asociadas en especial al antagonismo ejercido (Bautista et al., 2008).

Las cepas clasificadas como fitopatógenas fueron 20, se observó la especie *Fusarium oxysporum* con 194000 ufc, género ampliamente distribuido como saprófito y patógeno facultativo, capaz de sobrevivir en el agua y en el suelo alimentándose de materia orgánica en descomposición, puede vivir por largo tiempo; algunas especies pueden causar pérdidas hasta del 50% del cultivo de tomate, llegando a producir toxinas que afectan al ser humano, según mencionan Martínez et al. (2014). Otras cepas perjudiciales fueron *Penicillium* con 130000, *Didymella* 60000, *Cladosporium* 18000, *Spilocaea* 16000, *Nigrospora* 10000, *Fulvia* 10000, *Alternaria* con varias

especies y una población máxima de 8000, entre otras; estos microorganismos si bien afectan las partes vegetativas del cultivo, en el suelo tienen la facultad de descomponer la materia orgánica contribuyendo al mejoramiento de la calidad física y química, aunque en algunos casos esto requiere un largo período de tiempo y se recomienda contar con suficiente materia orgánica para aumentar el número y tipo de especies y su aprovechamiento en la producción agrícola (Millán et al., 2013).

La presencia o ausencia de los microorganismos está relacionada con la estimulación selectiva con características que beneficien el crecimiento vegetal y la salud de la planta. Andreote et al., 2014 describen la existencia de un proceso de selección por parte de la planta hacia los microorganismos a través de los exudados radiculares, que son un factor clave para el enriquecimiento de la vida microbiana y sus poblaciones específicas en la rizósfera, que influyen en el número, tipo de especies y el número de unidades formadoras de colonias; estos pueden consistir de oxígeno, iones, agua, enzimas, mucílago y una variedad de metabolitos primarios y secundarios que contienen carbono.

Al comparar la evolución de los microorganismos en el suelo (Gráfico 1), se observa que la adición del lactofermento incrementó el número de cepas benéficas y fitopatogénicas, lo que no se observó en el testigo que presentó menor número al inicial, probablemente como una respuesta a la interacción con el cultivo y las diferentes reacciones químicas y mecanismos fisiológicos en la rizósfera, lo mencionan Cadena et al., 2016 al referir que la mayoría de microorganismos están implícitos en una compleja red de alimentos que utiliza gran cantidad de nutrientes liberados por la planta como exudado y/o mucílago llamados rizodepósitos, que se consideran una fuerza impulsora importante en la regulación de la diversidad y actividad microbiana en las raíces de las plantas.

Cuadro 4. Géneros fitopatógenos y número de unidades formadoras de colonias en el suelo

Género y especie	Inicial	Lacto+EMA	Lacto	Testigo
<i>Alternaria alternata</i>		6000	2000	2000
<i>Alternaria solani</i>	580	2000	8000	
<i>Alternaria sp.</i>	1280	2000	2000	
<i>Aspergillus nigrans</i>		2000		
<i>Botrytis cinerea</i>	5140			
<i>Cladosporium fulvum</i>	3090			
<i>Cladosporium sp.</i>		6000	18000	2000
<i>Didymella sp.</i>			60000	
<i>Epicoccum nigrum</i>			2000	2000
<i>Fulvia fulva</i>	9990	10000	8000	
<i>Fusarium oxysporum</i>	5250	194000	22000	
<i>Fusicladium sp.</i>		2000	16000	
<i>Hendersonia sp.</i>		4000		
<i>Leveillula taurica</i>	6050			
<i>Myrothecium verrucaria</i>		4000		
<i>Nigrospora sp.</i>		10000		
<i>Penicillium spp.</i>			130000	56000
<i>Periconia sp.</i>		8000		
<i>Phomas sp.</i>		2000	4000	
<i>Pseudomonas syringae</i>	71570			
<i>Pseudomonas corrugata</i>	910			
<i>Ramularia sp.</i>		4000	2000	

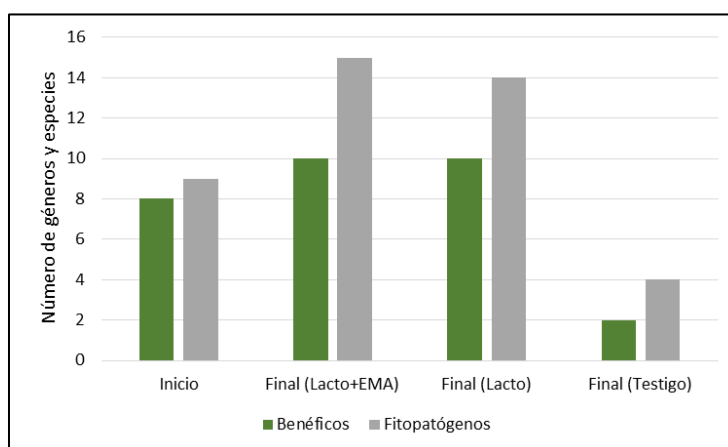
<i>Septoria sp.</i>			8000	
<i>Sorosporium sp.</i>			2000	
<i>Stemphyllium sp.</i>		2000		

Fuente: Plantsphere laboratorios, 2015

Por la presencia mayoritaria de microorganismos perjudiciales amerita mencionar que éstos pueden inducir enfermedades en las plantas, producir toxinas, inmovilizar nutrientes y estimular patógenos que afectan el crecimiento y salud del cultivo; varios de los encontrados son específicos para el cultivo de tomate y encontraron las condiciones favorables para su crecimiento, actividad y reproducción, apoyados por un sistema de producción tradicional que utiliza agroquímicos, que incrementa la probabilidad para que microorganismos patogénicos se conviertan en dominantes en los suelos agrícolas, por ello la necesidad de diferentes prácticas culturales y de manejo.

Es conocido que los suelos varían ampliamente, por esto el comportamiento del número y tipo de microorganismos estará en relación del cultivo, las prácticas de manejo y los contenidos de materia orgánica o sus fuentes de alimento. En este caso se puede atribuir que la adición del lactofermento y EMA funcionó como un inoculante orgánico.

Gráfico 1. Evolución de los microorganismos según aplicación de lactofermento



Obtenidos los resultados de cada tratamiento que fueron analizados, tabulados y discutidos se puede aceptar la hipótesis alternativa, ya que la aplicación del lactofermento al suelo mejoró las condiciones químicas y biológicas mediante el aumento de la microflora y microfauna e influyó positivamente en los parámetros de calidad del fruto de tomate hortícola; en el caso del T2 (lactofermento con EMA más sulfato de calcio) que presentó la mayor cantidad de unidades formadoras de colonias benéficas con un total de 34000 ufc entre las cuales se identificaron 3 diferentes tipos de cepas: *Hendersonia sp.*, *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma koningii* y T6 (lactofermento con EMA más levaduras) que a pesar de presentar una baja densidad poblacional con un total de 6000 ufc, presentó una alta diversidad de cepas de hongos benéficos entre los cuales se encontraron *Aureobasidium pullulans*, *Dactylella sp* y *Trichoderma sp.*

Conclusión

La disminución del pH del suelo permitió que todos los elementos fueran asimilados en una manera adecuada por la planta, aunque causó que microorganismos benéficos como las bacterias desaparecieran. Los tratamientos no modificaron significativamente las características químicas del suelo a lo largo del ciclo de cultivo; sin embargo, los hongos son los principales agentes en la descomposición de la celulosa, hemicelulosa,

pectinas, grasas y compuestos de lignina, participando en la formación de humus y contribuyen al reciclaje de nutrientes y a la estabilidad de agregados mediante degradación de residuos vegetales y animales.

La presencia de nuevos microorganismos mejora la disponibilidad y asimilación de los nutrientes, disminuyendo la cantidad de sales disueltas y la conductividad eléctrica, su actividad es importante para la transformación y vida del suelo, las bacterias y hongos participan en los ciclos de carbono, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio, entre otros, para su asimilación por las plantas que mejoran la cantidad y calidad de su producción.

Con la aplicación de lactofermento con EMA se puede establecer una producción más limpia, al mejorar la microflora del suelo, con una mejor nutrición de la planta, evitando la contaminación del suelo, ambiente y frutos por el uso excesivo de agroquímicos de síntesis inorgánica. Es necesario disminuir la dependencia de fertilizantes químicos al utilizar procesos biológicos que mejoran el status nutritivo de las plantas, mediante la estimulación del crecimiento y otros mecanismos biológicos.

Agradecimiento

Un agradecimiento a la Dirección de Investigaciones y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato por el financiamiento de esta investigación, a través del proyecto “Evaluación de la riqueza biológica y calidad microbiana de los lactofermentos en el mejoramiento de las condiciones físico químicas del suelo y su respuesta agronómica en frutilla y tomate”.

Referencias

- Alfonso, E., Leyva, Á. y Hernández, A. (2007). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 7(2): 47-54.
- Andreote, F., Gumiére, T. y Durrer A. (2014). Exploring interactions of plant microbiomes. Brasil. *Scientia Agricola*, 71: 528-539.
- Bautista, J., García, R., Pérez, J., Zavaleta, E., Montes, R. y Ferrera, R. (2008). Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico. México. *Interciencia*, 33(2): 96-102.
- Cadena, J., Martínez, M., Guzmán, L. y Arteaga, R. (2016). Aplicación de secuenciación masiva para el estudio y exploración de diversidad microbiana y su aprovechamiento biotecnológico. México. *Agroproductividad*, 9(2): 70-83.
- Corrales, L., Arévalo, Z. y Moreno, V. (2014). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. Colombia. *Nova*, 12(21): 67-79.
- Fernández, L., Zalba, P., Gómez, M. y Sagaroy, M. (2005). Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. Argentina. *Ciencia del Suelo*, 23(1): 31-37.
- Grageda, O., Díaz, A., Peña, J. y Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6): 1261-1274.
- Hernández, Y., García, O. y Ramon, M. (2001). Utilización de algunos microorganismos del suelo en cultivos de interés para la ganadería. Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(2): 85-97.
- João, J., Cuellar, A., Martínez, L., Simó, J. y Rivera, R. (2016). Efectividad de cepas de HMA en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en dos tipos de suelos. Cuba. *Cultivos Tropicales*, 37(1): 48-56.
- Martínez, R., Benítez, A., Escalante, F., Velázquez, J. y Sánchez, D. (2014). Razas de *Fusarium oxysporum* sp. *lycopersici* en predios tomateros en San Luis Potosí. México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 1169-1178.

- Millán, K., Vargas, C., Díaz, J., Colunga, J. y Gálvez, R. (2013). Aporte de microorganismos benéficos por la incorporación al suelo de residuos deshidratados de col (*Brassica oleracea* var capitata) y su efecto en el pH. México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31(1): 29-44.
- Murray, R., Bojórquez, J., Hernández, A., Orozco, M., García, J., Gómez, R. y Aguirre, J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. México. *Revista Biociencias*, 1(3): 27-35.
- Noriega, G., Cárcamo, B., Gómez, Á., Schwentesius, R., Cruz, S., Leyva, J. y Martínez, A. (2014). Intensificación de la producción en la agricultura orgánica: caso café. México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(1): 163-169.
- Pal, K. y Mc Spadden, B. 2006. Biological Control of Plant Pathogens. USA. *The Plant Health Instructor*. 1-25.
- Pedraza, R., Teixeira, K., Scavino, A., García, I., Baca, B., Azcón, R. y Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. Colombia. Corpoica *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2): 155-164.
- Ramos, F., Aguilar, J., López, M., Ochoa, Y. y Vázquez, O. (2011). Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. España. *Investigación y Ciencia*, 51: 3-9.
- Restrepo, G., Marulanda, S., De la Fe, Y., Díaz, A., Lucía, V. y Hernández, A. (2015). Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 46(1): 63-76.
- Tysko, M. y Rodríguez, M. (2006). Respuesta de trigo-soja en doble cultivo a la fertilización con azufre elemental pretratado. Argentina. *Ciencia del Suelo*, 24(2): 139-146.
- Vicente, F., Scollo, D., Mora, V., Giraud, M., Ramírez, E. y Rechimont, R. (2008). Estudio de inoculantes para el ensilado de forrajes I: Selección de bacterias productoras de ácido láctico para la formulación de un inoculante. Argentina. *FAVE Sección* 7(1): 10.

Capítulo 2

Sanidad Vegetal

*Algunos enemigos naturales de interés para
la polilla del tomate, Tuta absoluta*

**Jaime E. Araya
Sara Hernando
Alberto Fereres**

*Efecto del riego deficitario en el rendimiento y eficiencia hídrica
del cultivo de papa (Solanum Tuberosum)*

**Mercy Ilbay Yupa
Víctor García Mora
Freddy Gavilanez**

Algunos enemigos naturales de interés para la polilla del tomate, *Tuta absoluta*

Jaime E. Araya

Universidad de Chile
jaimearaya@yahoo.com

Sara Hernando

CSIC, Madrid, España
sara.hernando@ica.csic.es

Alberto Fereres

CSIC, Madrid, España
afereres@ccma.csic.es

Resumen

En un proyecto de colaboración entre el CSIC de Madrid, España, y la Universidad de Chile, se estudiaron en ambos países los himenópteros parasitoides *Apanteles gelechiidivoris* Marsh (Braconidae) y *Necremnus artynes* (Walker), actualmente *N. tutae* Ribes & Bernardo (Eulophidae), agentes de control natural de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). En ensayos de laboratorio sobre discos de folíolos de tomate, metaflumizona y flubendiamida tuvieron alta toxicidad para *T. absoluta*, pero fueron inocuos para *N. artynes*. Los insecticidas imidacloprid y α -cipermetrina tuvieron baja eficacia frente a *T. absoluta* y fueron incompatibles con el parasitoide.

Palabras clave: *Apanteles gelechiidivoris*, *Necremnus artynes*, *Necremnus tutae*, polilla del tomate, *Tuta absoluta*.

Abstract: The hymenopteran parasitoids *Apanteles gelechiidivoris* Marsh (Braconidae) and *Necremnus artynes* (Walker), currently *N. tutae* Ribes & Bernardo (Eulophidae), natural control agents of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) were studied in a collaborative project between CSIC in Madrid, Spain, and the University of Chile. In laboratory tests on tomato leaflets, metaflumizone and flubendiamide had high toxicity for *T. absoluta* but were harmless to *Necremnus*. The insecticides imidacloprid and α -cypermethrin had low efficacy against *T. absoluta* and were incompatible with the parasitoid.

Keywords: *Apanteles gelechiidivoris*, *Necremnus artynes*, *Necremnus tutae*, tomato moth, *Tuta absoluta*.

Introducción

La polilla del tomate se identificó en 1917 en Huancayo, Perú como *Phthorimaea absoluta* (Meyrick), de donde se extendió hacia Chile, donde se conoce desde 1963 (Rojas, 1964; Vargas, 1970) y más tarde a los países en torno al Mediterráneo (Desneux *et al.*, 2010). En Chile, este insecto recibe numerosos tratamientos insecticidas a lo largo de un ciclo de cultivo en el Valle de Azapa, en el extremo norte del país (Salazar y Araya, 2001), por lo que ha desarrollado resistencia a algunos plaguicidas. Las pérdidas de rendimiento pueden llegar hasta 90% (Estay y Bruna, 2002), por lo que se están estudiando enemigos naturales con potencial de control biológico. Los parasitoides asociados a *T. absoluta* en Cataluña, España, son los himenópteros *Stenomesus* sp. (Chalcididae) y *Necremnus artynes* (Walker) (Eulophidae) (Gabarra y Arno, 2010). También aparecen con frecuencia depredadores polífagos como los hemípteros míridos *Macrolophus pygmaeus* (Rambur), *M. caliginosus* (Warner) y *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Arnó *et al.*, 2009).

Proyecto conjunto entre el CSIC y Universidad de Chile

Entre el CSIC de Madrid y la Universidad de Chile se desarrolló un proyecto conjunto sobre el posible uso de agentes de control biológico de *T. absoluta* (Convenio bilateral 2010CL0008), con los objetivos de seleccionar de agentes de control biológico de uso potencial contra *T. absoluta* en España, y evaluar la susceptibilidad del parasitoide *Necremnus artynes* hacia algunos insecticidas utilizados contra la polilla del tomate en ese país.

Metodología

En 2011, se muestrearon en el Valle de Azapa, extremo norte de Chile, hojas de tomate con síntomas de daño por *T. absoluta* y se llevaron al laboratorio de la Universidad de Tarapacá, en Arica, donde el material vegetal infestado se puso en cámaras de crianza tipo Flanders. Se eligieron rastrojos de cultivos en este valle y que por tanto no habían recibido tratamientos recientes con insecticidas. Mediante aspirador manual (Araya *et al.* 2015) se colectaron también adultos de *Apanteles gelechiidivoris* Marsh (Braconidae) sobre follaje de tomate no tratado con insecticidas. Además, en los folíolos se encontraron larvas inmóviles de *T. absoluta*, parasitadas por larvas del eulófido *Dineulophus phthorimaeae* De Santis (Figura 2), que tras unos días se transformaron e pupas (Figura 3).



Figura 1. Hembra adulta de *Apanteles gelechiidivoris* colectada en 2011 sobre folíolo de tomate en el sitio 1 de muestreo en Azapa, Arica, Chile.



Figura 2. Larva de *Tuta absoluta* parasitada por una larva de *Dineulophus phthorimaeae*.



Figura 3. Pupas de *Dineulophus phthorimaeae* y larva muerta de *Tuta absoluta*.

En 2011 se estudiaron enemigos naturales de *T. absoluta* que pudieran ser de interés para mejorar los programas de control biológico tanto en Chile como en España. En una primera fase se identificaron parasitoides asociados a *T. absoluta* en las regiones de Alicante, Aranjuez y Barcelona.

En 2012 se evaluó el efecto sobre el parasitoide *Necremnus artynes* de algunos insecticidas de uso común en España contra *T. absoluta*. La metodología utilizada y los resultados aparecen en Araya *et al.* (2015).

Resultados del ensayo de toxicidad de insecticidas

Metaflumizona y flubendiamida fueron inocuos sobre *N. artynes*, sin diferencias significativas entre las concentraciones y tiempos de exposición. En comparación, imidacloprid y α -cipermetrina resultaron tóxicos para el parasitoide, en mayor medida en la concentración comercial y a medida que aumentó el tiempo de exposición.

Los resultados obtenidos con *N. artynes* se analizaron en conjunto con los de un ensayo con los mismos insecticidas y concentraciones sobre *T. absoluta*, para hacer recomendaciones de manejo que favorezcan la preservación del parasitoide en condiciones de campo. El ensayo con *T. absoluta* obtuvo resultados opuestos a los obtenidos con *N. artynes*. Metaflumizona y flubendiamida fueron muy tóxicos sobre las larvas de la plaga, con diferencias significativas con los otros dos insecticidas, de mayor nivel al aumentar el tiempo de exposición, que en flubendiamida llegó incluso al 100% mortalidad en las dosis media y alta. Imidacloprid y α -cipermetrina tuvieron poco efecto sobre *T. absoluta*, sin diferencias significativas entre las dosis evaluadas y los tiempos de exposición. En los ensayos de laboratorio sobre discos de folíolos de tomate, metaflumizona y flubendiamida tuvieron alta toxicidad para *T. absoluta* pero fueron inocuos para *Necremnus*. Los insecticidas imidacloprid y α -cipermetrina tuvieron baja eficacia frente a *T. absoluta* y fueron incompatibles con el parasitoide (Araya *et al.*, 2015). Así, al seleccionar plaguicidas para el manejo de esta plaga, se deben preferir metaflumizona y flubendiamida, aunque se deben incluir más productos en futuras evaluaciones del efecto sobre *T. absoluta*, el parasitoide *N. artynes* y también otros parasitoides.

Referencias

- Araya, J.E., Hernando, S., & Fereres, A. (2015). Estudios de control biológico de la polilla del tomate, plaga reciente en España. *Rev. Científ. Cs. Nat. y Ambientales, Univ. Guayaquil* 9(1), 14-20 (https://issuu.com/fcienciasnaturalesug/docs/revista_cientifica_de_ciencias_natu/1)
- Arnó, J., Ariño, J., Español, R., Martí, M., & Alomar, O. (2009). Conservation of *Macrolophus caliginosus* Wagner (Het. Miridae) in commercial greenhouses during tomato crop-free periods. *IOBC/WPRS Bulletin* 23(1), 241-246.
- Arnó, J., Sorribas, R., Prat, M., Matas, M., Pozo, C., Rodríguez, D., Garreta, A., Gómez, A., & Gabarra, A. (2009). *Tuta absoluta*, a new pest in IPM tomatoes in the northeast of Spain. *IOBC/WPRS Bulletin* 49, 203-208.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vásquez, C.A., González-Cabrera, J., Catalán Ruescas, D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T., & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science* 83, 197-215.
- Estay, P., & Bruna, A. (2002). Insectos, ácaros y enfermedades asociadas al tomate en Chile. Santiago, INIA La Platina. 111 p.
- Gabarra, R., & Arnó, J. (2010). Resultados de las experiencias de control biológico de la polilla del tomate en cultivo de invernadero y aire libre en Cataluña. *Phytoma España* 217, 65-68.
- Rojas, S. (1964). "Polilla del tomate". *Gnorimoschema* sp. cercana a *G. absoluta* (Lepid. Gelechiidae). Boletín Especial del Departamento de Investigación Agrícola del Ministerio de Agricultura, Chile N° 22, 1-367.
- Salazar, E., & Araya, J.E. (2001). Respuesta de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick), a insecticidas en Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 61(4), 429-435.
- Vargas, H. (1970). Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lep. Gelechiidae). *Idesia* 1, 75-110.

Efecto del riego deficitario en el rendimiento y eficiencia hídrica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

Mgs. Mercy IlbayYupa

Universidad Agraria del Ecuador
Universidad Nacional Agraria La Molina
merckyu@hotmail.com

Ing. Víctor García Mora

Universidad Nacional Agraria La Molina
gvictormario@hotmail.es

Dr. Freddy Gavilanez

Universidad Agraria del Ecuador
fgavilanez@uagraria.edu.ec

Resumen

La ampliación e implementación de la frontera agrícola en zonas alto-Andinas ha incrementado la demanda de agua poniendo en riesgo el abastecimiento de este recurso para otras actividades productivas. Es por esto que se han desarrollado diversos métodos de riego entre los que destaca el riego deficitario como una herramienta importante para las actividades agrícolas productivas. En este estudio se analizó los efectos de la producción (número de tubérculos por planta y su peso) en relación a diferentes restricciones hídricas y la eficiencia del uso del agua (WUE) en el cultivo de papa. Los tratamientos aplicados fueron láminas al 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) sin restricciones (testigo) y cuatro niveles de restricciones de agua (10, 20, 30 y 40% ETc), aplicadas durante todo el ciclo del cultivo bajo riego localizado. Las restricciones hídricas disminuyeron el rendimiento del cultivo, evidenciándose una correlación lineal decreciente entre el rendimiento y su evapotranspiración; no obstante, la restricción del 20% sobre la demanda hídrica del cultivo permitió establecer la mayor eficiencia en el uso del recurso.

Palabras claves: Riego deficitario, cultivo de papa, rendimiento y eficiencia del uso del agua

Abstract

The expansion and implementation of the agricultural frontier in areas high Andinas has increased the demand for water, putting the supply of this resource at risk for other productive activities. It is for this reason that different methods of irrigation have been developed among which deficient irrigation stands out as an important tool for productive agricultural activities. In this study the effects of production (number of tubers per plant and their weight) were analyzed in relation to different water restrictions and water use efficiency (WUE) in potato cultivation. The treatments applied in this study were 100% Evapotranspiration of the crop (ETc) without restrictions (control) and four levels of water restrictions (10, 20, 30 and 40% ETc) applied throughout the irrigation cycle located. Water restrictions affected potato yield by modifying tuber weight (category). There is a linear correlation between yield and evapotranspiration of the crop, despite high frequency irrigation, under a programming of 80% of the crop demand, allows higher WUE irrigation and minimization of losses in the yield of commercial potatoes.

Introducción

El Ecuador al ser un país andino la mayor parte de la agricultura se desarrolla en ecosistemas de altura, es así que la producción agrícola se encuentra limitada a la oferta actual del recurso hídrico. Las áreas productivas sufren procesos de variabilidad climática por lo cual la oferta hídrica se ve disminuida, afectando directamente a los cultivos que se pueden establecer en estas áreas. (Espinosa, 2016). Determinando la disponibilidad de agua de riego para los distintos sectores productivos, como son los pequeños y medianos agricultores de la zona (USFQ et al., 2011). En el contexto de mejorar la eficiencia del uso del agua, existe un creciente interés por el riego deficitario; considerada como una práctica de riego donde se reduce el suministro de agua por debajo de los niveles óptimos, permitiendo el estrés de la planta con mínimos efectos sobre el rendimiento (Payero et al. Al., 2000, 2004; Aujla et al., 2005; Liu et al., 2015).

En condiciones de escasas de agua y sequía, el riego deficitario puede mejorar el rendimiento por unidad de agua, asociado al área regable (Abdullah et al., 2005). Este método se utiliza cuando el cultivo es expuesto a un cierto nivel de estrés hídrico durante etapas específicas o todo el ciclo productivo. Varios investigadores (Shock et al., 1998; Abdullah et al., 2005; Payero et al., 2006; Geerts y Raes, 2009; Karam et al., 2014) consideran que el riego deficitario proporciona un medio para reducir el consumo de agua y minimizar los efectos adversos sobre el rendimiento de cultivos.

La papa (*Solanumtuberosum*) es uno de los principales cultivos en el Ecuador a nivel de consumo y producción, cultivada en la cordillera de los andes centrales en un rango de altura desde los 2000 – 3500msnm (Pumisacho y Sherwood, 2002). La papa constituye una fuente de alimentación e ingresos para la familia campesina (INEC, 2010), representa el 30% de la producción de los cultivos transitorios cuya producción se ve amenazada por la sequía, trayendo pérdidas de hasta el 7,32% de la cosechas (INEC, 2010). El rendimiento y la calidad de la papa dependen tanto de la variedad y las prácticas culturales como de las condiciones ambientales, incluyendo la lluvia, la temperatura, la luz y el CO₂ (Kooman et al., 1996a, b, Costa et al., 1997, Miglietta et al., 1998). Su requerimiento hídrico asciende a un estimado de 3500-6500 m³ha⁻¹(Sood y Singh, 2003).

El efecto de la aplicación del método de restricción de agua sobre este cultivo de papa depende de su tiempo, intensidad, duración y su combinación (Jefferies, 1995). Severas restricción de agua puede afectar negativamente el rendimiento de los tubérculos si se produce justo antes o durante el inicio de la tuberización (Mackerron y Jefferies, 1986, Monneveux et al., 2013). El estrés hídrico al comienzo y durante la tuberización disminuye el rendimientos, mientras que al final de la tuberización y hasta la madurez no afecta a los mismos (Jana, 1989) mientras otro autores estiman que la producción puede disminuir entre un 20 al 65% (Trebejo et al., 1990; Minhas, 1991, Ali et al., 2007). Aunque el riego deficitario y sus efectos en el cultivo de papas están documentados (Kifle y Gebretsadikan, 2016), este método no ha sido estudiado en la zonas altura ni se conoce el límite de restricción hídricas para obtener categorías de papas comerciales. El objetivo de este estudio fue analizar el rendimiento en relación a diferentes restricciones hídricas y de eficiencia del uso del agua (WUE) en las diferentes categorías papa en la provincia de Chimborazo.

Metodología

Descripción del área de estudio

El experimento se realizó en el campo experimental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), de noviembre 2014 a marzo 2015. La ESPOCH, se encuentra en la provincia de Chimborazo, región interandina del Ecuador (1°39.3'S, 78°40.7'O y 2828 m.s.n.m). Esta zona registra más de 9 meses secos

al año y el déficit hídrico máximo está distribuido entre los meses de junio y septiembre. Los datos históricos (2006-2014, estación agrometeorológico ESPOCH) indican una precipitación media anual de 543.2 mm año⁻¹ y temperatura media del aire de 13.6±0.8°C, con temperatura máxima (25±2°C) y mínima (7±3.2°C) mensual durante agosto y abril, respectivamente. Durante el ensayo la heliofanía, tensión de vapor, velocidad del viento, humedad relativa y temperatura media del aire, fueron 5.1±1.7 h, 1.1±0.2kPa, 2.16±0.56ms⁻¹, 64.9±8.64% y 14 ±2 °C respectivamente (Tabla 1). El sitio experimental presenta suelos de tipo inceptisol, origen volcánico (IEE, 2013), textura franco arenosa; densidad aparente de 1.6g cm⁻³ y conductividad eléctrica 0.214 dS m⁻¹. Nutricionalmente son suelos pobres, con bajo contenido de materia orgánica (0.6%), K (132.6 ppm), Ca (1042 ppm) y Na (161 ppm); contenido medio de Mg (437.5 ppm) y alto en P (45.3 ppm) (análisis de suelo, laboratorio del Departamento de Suelos-ESPOCH) y una profundidad efectiva de 35 cm. El agua de riego presentó un pH ligeramente alcalino (7.6), conductividad eléctrica de 1.28dS m⁻¹, dureza de 16.3 y relación absorción de sodio (SAR) de 0.83 (análisis de agua, laboratorio del Departamento de Suelos-ESPOCH).

Tabla 1.-Condiciones ambientales durante el período de experimenta 2014-2015. Los valores promedios diarios ± error estándar y promedios mensuales de precipitación.

	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo	
Temperatura mínima (°C)	9.1	± 2.9	2.8	± 5.1	9.5	± 3.4	9.6	± 2.1	10.4	± 2.4
Temperatura máxima (°C)	22.9	± 2.5	25.0	± 1.2	20.4	± 0.9	22.6	± 1.4	20.5	± 1.3
Temperatura media (°C)	14.4	± 1.7	13.6	± 2.5	13.3	± 1.8	14.4	± 2.1	13.8	± 1.9
Humedad Relativa (%)	58.3	± 4.3	73.6	± 1.5	72.6	± 7.3	68.9	± 8.3	75.8	± 8.9
Heliofanía (h)	5.7	± 2.1	5.7	± 1.5	4.9	± 1.2	5.8	± 1.8	3.4	± 1.9
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	1.9	± 0.8	2.1	± 0.5	2.3	± 0.6	2.4	± 0.4	2.1	± 0.5
Tensión de vapor (kPa)	1.1	± 0.2	1.1	± 0.15	1.12	± 0.2	1.1	± 0.15	1.2	± 0.13
Precipitación mensual	28.4		38.8		34.2		29.3		113	

Variedad del cultivo y diseño experimental

La papa variedad INIAP-victoria fue seleccionada por ser un material precoz, con resistencia moderada a lancha (*Phytophthora infestans*) y alto rendimiento (INIAP, 2011). El experimento se estableció en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 5 tratamientos repartidos en 4 bloques. Los tratamientos consistieron en 4 niveles de restricciones de agua, los cuales fueron definidos en base a la reducción del agua irrigada mediante el cálculo de la evapotranspiración (ver apartado de Necesidades hídricas del cultivo), distribuidos en parcelas (6 m x 5 m), con cinco camas (6,0.7, 0.3 m de largo, ancho y profundidad respectivamente). En cada cama se sembraron 20 tubérculos, con una separación y profundidad de 0.3 m. La evaluación se realizó dentro de las sub-parcelas (4 m x 3 m), formadas por 4 plantas en cada una de las tres camas centrales, para un total de 12 plantas.

Manejo del cultivo

En la siembra se aplicó un abonado base con 22-21-18 kg ha⁻¹ de K-Mg-S proveniente de K₂SO₄.2MgSO₄ granulado, junto con 2000 kg ha⁻¹ de humus. Se complementó la fertilización con 244-92-331 kg ha⁻¹ de N-P-K procedente de la urea y fosfato mono potásico, suministrados por fertirriego. La fertilización se distribuyó porcentualmente en cada una de sus etapas: inicial (10%N-40%P-5%K), desarrollo (45%N-40%P-20%K), tuberización (35%N-15%P-30%K) y llenado de tubérculos (10%N-5%P-45%K). El cultivo fue irrigado a través de riego por goteo, que consistía en dos cintas de polietileno por cama (a 0.15 m de distancia de las plantas), con emisores espaciados a 0.2 m, caudal de 2 l h⁻¹ y 0.5 MPa de presión. A la

entrada del experimento se ubicó un manómetro para monitorear la presión de funcionamiento, además cada parcela disponía de una válvula para controlar los niveles de restricciones de agua.

Necesidades hídricas del cultivo

El suministro de agua en el riego fue basado en la ET_c , calculada a partir de la evapotranspiración de referencia (ET_o) en mm día⁻¹ y el coeficiente de cultivo (K_c) adimensional, usando la ecuación (Ec.1: Evapotranspiración del cultivo). Para el K_c de la papa se asumió un valor de 0.5, 1.15 y 0.75 para la etapa inicial, media y final respectivamente. (Allen et al., 1998). La ET_o se calculó usando la ecuación de Penman - Monteith (FAO, 2006).

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (\text{Ec.1: Evapotranspiración del cultivo})$$

El riego para los tratamientos bajo restricciones hídricas, se basó en la ET_c pero ajustada por un coeficiente de estrés hídrico (K_s), el cual describe el efecto del estrés hídrico en la transpiración del cultivo. Cuando se producen limitaciones debido a la disponibilidad de agua en el suelo el K_s es menor a 1, mientras que K_s igual a 1 representa situaciones óptimas hídricas para el cultivo (FAO, 2006). Los K_s utilizados fueron: 0.9, 0.8, 0.7 y 0.6, mediante la siguiente ecuación:

$$ET_{c_{aj}} = K_s \times K_c \times ET_o \quad (\text{Ec. 2: Evapotranspiración del cultivo ajustada})$$

La dosis de riego (D_r) se calculó en base a la precipitación efectiva (P_e) y la ET_c ($K_s=1$) o $ET_{c_{aj}}$ en el caso de las restricciones de agua. (Ec. 3: Dosis de riego). La precipitación efectiva es la fracción de la precipitación total utilizada para satisfacer las necesidades de agua del cultivo; quedan por tanto excluidas la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo (FAO, 92. La P_e se calculó por la ecuación del Soil Conservation Service (SCS), para precipitaciones menores de 250 mm al mes, para mayor detalle ver el método de la USDA (1965).

$$D_r = ET_c - P_e \quad (\text{Ec. 3: Dosis de riego})$$

La aplicación del riego en el cultivo de papa se realizó desde la siembra hasta que el follaje empezó a amarillarse, esto fue a los 109, 113, 115, 117 y 120 días después de la siembra para los tratamientos con restricción al 10, 20, 30, 40% y sin restricción, respectivamente. El intervalo de riego fue de 1.1 días en promedio para todos los tratamientos.

Rendimiento y eficiencia del uso del agua

Se evaluó el número de tubérculos por planta, peso del tubérculo en base a tres categorías: papa comercial de primera (> 60 g), papa comercial de segunda “semilla” (30-60 g) y papa de desecho (<30 g). Así como el rendimiento total, expresado en kg.ha⁻¹.

La WUE en el cultivo se calculó como la proporción del rendimiento (Y) y la ET_c total estimada en todo el período (Oweiss y Zhang, 1998; Zhang et al., 1998).

$$WUE = \frac{Y}{ET_c} \quad (\text{Ec. 4: Eficiencia del uso del agua})$$

Análisis estadístico

El efecto de los tratamientos de riego en el rendimiento del cultivo se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA), mediante el software estadístico Infostatv.2014 (Grupo InfoStat, Córdoba, Argentina).

Las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba HSD (Honestly-significant-difference) de Tukey ($P < 0.01$). Para evaluar la relación entre las variables de respuesta se realizó el análisis de correlación de Spearman, y la regresión lineal utilizando el software antes mencionado.

Resultados

Necesidades hídricas del cultivo

El requerimiento hídrico del cultivo varió desde 187.2 a 324.9 mm (Tabla 2) durante el ciclo del cultivo, con requerimiento diario desde 0.1 mm día⁻¹ (restricción al 40%) durante la etapa inicial hasta 5.2 mm día⁻¹ (sin restricción) en la etapa de máximo requerimiento.

Tabla 2.-Necesidades de agua del cultivo de papa durante todo el ciclo del cultivo en mm.

IWR	Sin restricción	Restricción 10%	Restricción 20%	Restricción 30%	Restricción 40%
Riego	191.4	166.4	135.1	105.2	84.8
Pe	133.4	122.3	119.7	115.9	102.4
Total	324.9	288.7	254.8	221.2	187.2

Pe=precipitación efectiva, IWR_i =necesidad de agua del cultivo

Rendimiento y eficiencia del uso del agua

El rendimiento fue significativamente ($p < 0.001$) afectado por las restricciones de agua (Tabla 3). El mayor y menor rendimiento se encontró en los tratamientos sin restricciones ($34.92 \pm 2.42t \text{ ha}^{-1}$) y al 40% de restricción hídrica ($20.28 \pm 0.31t \text{ ha}^{-1}$) respectivamente. (Fig. 1). El peso del tubérculo para la categoría I y III mostró diferencias significativas ($p < 0.01$), no así para la categoría II (Tabla 3). Donde los tratamientos de 10%, 20% y sin restricción presentaron el mayor porcentaje de categoría I. Sin embargo, los tratamientos del 30 y 40 % mostraron el mayor porcentaje de categoría III (Fig. 2). No se detectaron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos en el número de tubérculos por planta (Tabla 3). Las restricción hasta el 20% determinaron producciones mayores al 55, 35 y 8% para la categoría I, II y III respectivamente. Es decir que la mayor producción se centra en pesos de tubérculos > 30 gramos.

La WUE respondió significativamente ($p < 0.05$) a los tratamientos. Siendo el tratamiento del 20% de restricción el de mayor WUE y el tratamiento al 40% el menos eficiente (Fig. 3).

Tabla 3.- F-valores de ANOVA al comparar los tratamientos para el número de tubérculos, rendimiento total, rendimiento por categorías (I, II, III)

Variable	Tratamiento	
Rendimiento	60.66	**
Peso del tubérculo – categoría I	31.09	**
Peso del tubérculo – categoría II	2.71	ns
Peso del tubérculo – categoría III	30.51	**
Número de tubérculos por planta	0.82	ns
WUE	4.71	*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, n.s. $p > 0.05$, WUE= eficiencia del uso del agua, Categoría I, II y III= tubérculos $> 60g$, 30-60 g y < 30 g respectivamente

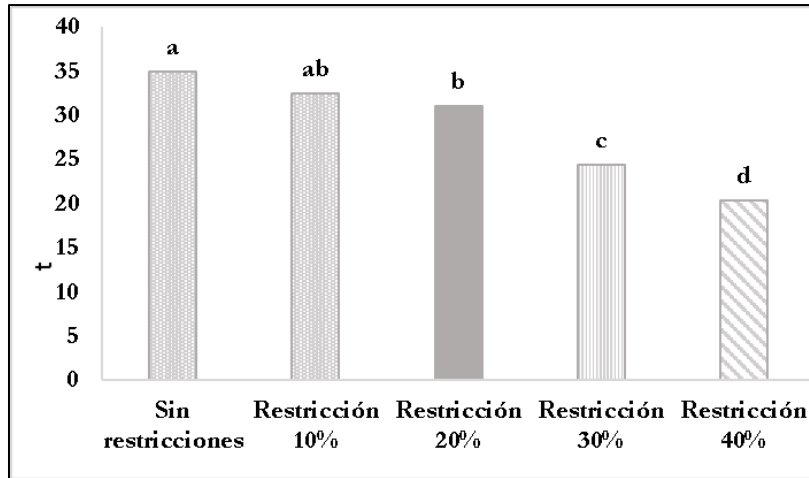


Figura 1.-Rendimiento (t ha⁻¹) para los tratamientos sin restricción y con restricciones (10, 20, 30 y 40%). Letras diferentes indican diferencias significativas en ANOVA ($p < 0.01$).

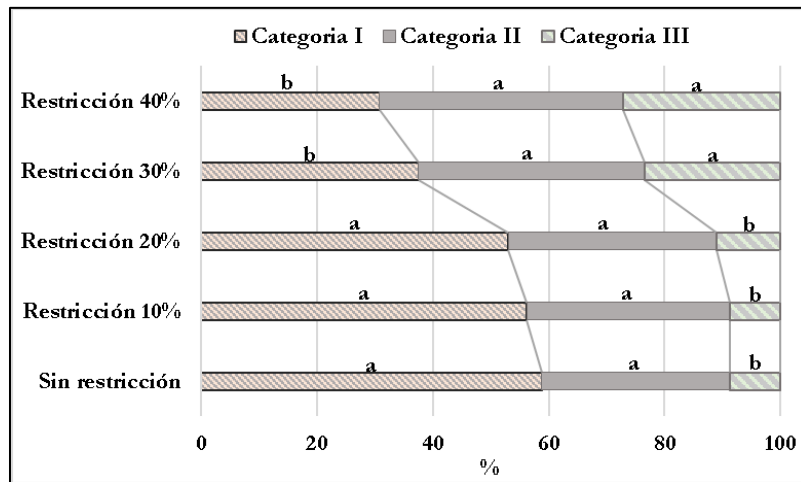


Figura 2.-Peso del tubérculo en porcentaje para las categorías I (tubérculos > 60 g), II (tubérculos 60 - 30 g), III (tubérculos < 30 g). Las letras diferentes indican diferencias significativas en ANOVA ($p < 0.01$).

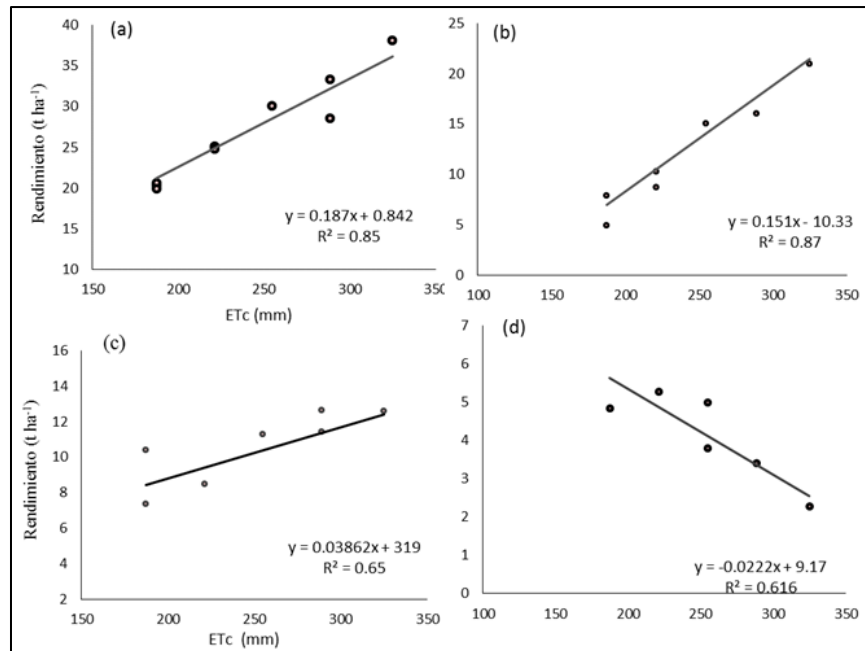


Figura 2.-Peso del tubérculo en porcentaje para las categorías I (tubérculos > 60 g), II (tubérculos 60 - 30 g), III (tubérculos < 30 g). La letras diferentes indican diferencias significativas en ANOVA ($p < 0.01$).

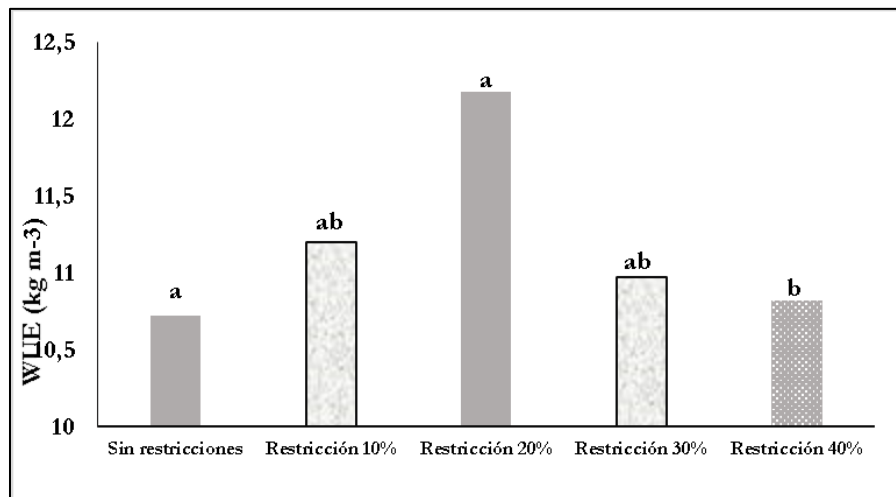


Figura 3.-Eficiencia del uso del agua (WUE) media en relación a los tratamientos con y sin restricción hídrica. Letras diferentes representan diferencias significativas en ANOVA ($p < 0.5$).

Relación de la evapotranspiración del cultivo y rendimiento

El análisis de regresión para relacionar el rendimiento por categorías a la evapotranspiración del cultivo fue una función lineal (Fig. 4). Es decir hubo una fuerte relación directa entre la ETc y el rendimiento para la categoría I, II y III. Sin embargo, para la categoría III existió una relación inversa a menor evapotranspiración mayor es la producción de papa para la tercera categoría (<30 g).

Figura. 4.- Función lineal entre del rendimiento y evapotranspiración del cultivo (ETc) al 99% de nivel de significancia. (a) Rendimiento total, (b) Rendimiento.

Discusión

Restricciones hídricas en el rendimiento

Los mayores rendimientos de papa se obtuvieron para los tratamientos sin restricción, al 10 y 20% de restricción, evidenciándose que rendimientos superiores a 21 t ha⁻¹ (Fig. 1) se asocia a láminas superior a 250 mm (Tabla 1). De igual manera el mayor porcentaje de papa para la categoría I y II se ubicó en láminas superiores a 250 mm. Restricciones hídricas mayores al 20% afectan el rendimiento significativamente mediante modificación del peso del tubérculo.

La función lineal entre rendimiento por categorías y las distintas restricciones coincide con otros trabajos (Bélanger et al., 2002; Yuan et al., 2003; Ferreira y Carr, 2002; Zhang et al., 2004; Geets y Raes, 2007; Kiflea y Gebretsadikan, 2016) en el cultivo de papa. La correlación observada fue lineal (Fig. 4 c) y la relación que existe entre la ETc y la categoría III, es explicada por un menor consumo de agua lo que influye en el desarrollo del tubérculo (Geets y Raes, 2007).

Máxima eficiencia del uso del agua

La restricción hídrica al 20% de ETc tuvo mayor WUE de riego que la aplicación sin restricción (Fig. 2). Esto ocurre debido a que la máxima WUE por lo general a una evapotranspiración es menor que la máxima (Fabeiro et al. 2003). Esto también se ratifica con el trabajo realizado por Kiflea y Gebretsadikan (2016), donde la aplicación al 25% de restricciones hídricas a lo largo de la temporada de crecimiento, tiene mayor WUE que la aplicación de un riego.

Conclusión

En conclusión, las restricción hídrica afectaron principalmente el peso medio del tubérculo, no obstante un riego de alta frecuencia, bajo una programación del 80% de la demanda del cultivo, permite un ahorro importante de agua (70.1 mm) y minimización de pérdidas en el rendimiento del 11.22%.

Bajo restricciones hídricas mayores al 30%, la producción de papa se centra en la categoría III, (<30 g) este peso del tubérculo no es comercial. Las restricciones hídricas hasta el 20% constituye una alternativa para producción de papas comerciales y optimización de riego en situaciones de déficit hídrico

Agradecimiento

Esta investigación se realizó bajo el Programas de Maestría de Riego y Drenaje – Universidad Agraria del Ecuador (UAE). Los autores agradecen a: Luis Hidalgo quien colaboró con insumos y materiales para la fase de campo. A la ESPOCH por su apoyo con el espacio físico para el desarrollo del experimento. A la Estación meteorológica de la ESPOCH por la información meteorológica. A los alumnos de prácticas agrícolas I y II, Escuela de Ingeniería Agronómica, periodo septiembre 2014-marzo 2015, por su apoyo en el desarrollo de labores culturales del cultivo.

Referencias

- Abdullah, K., Tuylua, G., Yusuf, U., Cakmak, B., 2005. Crop water use of onion (*Allium cepa* L.) in Turkey. *Agric. Water Manage.* 72, 59–62.
- Aujla, M.S., Thind, H.S., Buttar, G.S., 2005. Cotton yield and water use efficiency at various levels of water and N through drip irrigation under two methods of planting. *Agric. Water Manage.* 71, 169–172.
- Ali, M.H., Hoqu, M.R., Hassan, A., Khair, A., 2007. Effect of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. *Agric. Water Manage.* 92(3), 151–161. Allen, R.G.,

- Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. In: Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy
- IEE, InstitutoEspacialEcuatoriano. 2013. Proyecto Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional, escala 1:25.000, para la Provincia de Pichincha (cartografía digital). <http://www.institutoespacial.gob.ec/geoportaldescarga-de-geoinformacion-a-nivel-nacional/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC. 2010. VII Censo de población y VI de vivienda. Estadística agropecuaria (<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario>).
- Espinosa, J., Rivera, D. 2016. Vulnerabilidad hídrica del páramo frente al cambio de uso de suelo, Editorial Académica Española (septiembre). 15-18.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2011. Plegable: INIAP-Victoria, Nueva variedad con resistencia moderada a la papa, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-papa, Plegable No. 374
- FAO, 1992. Cropwat. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. FAO. Estudios Riego y Drenajes n° 46. 23, 24.
- Ferreira, T.C., Carr, M.K.V., 2002. Responses of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to irrigation and nitrogen in a hot, dry climate. I. Water use. *Field Crops Res.* 78, 51–64.
- Geerts, S., Raes, D., 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric. Water Manage.* 96 (9), 1275–1284.
- Karam, F., N. Amacha, S. Fahed, T. EL Asmar, and A. Domínguez. 2014. “Response of Potato to Full and Deficit Irrigation under Semiarid Climate: Agronomic and Economic Implications.” *Agricultural Water Management* 142 (August): 144–51. doi:10.1016/j.agwat.2014.05.007.
- Kifle, Mulubrehan, and T.G. Gebretsadikan. 2016. Yield and Water Use Efficiency of Furrow Irrigated Potato under Regulated Deficit Irrigation, Atsibi-Wemberta, North Ethiopia. *Agricultural Water Management* 170 (May): 133–39. doi:10.1016/j.agwat.2016.01.003.
- Liu C., H. Rubæk G., Liu ., N. Andersen M. Effect of partial root zone drying and deficit irrigation on nitrogen and phosphorus uptake in potato. *Agricultural Water Management* 159(2015)66–76
- Minhas 1991. Secado Parcial de Raíces: Una Promisoria Técnica de Riego en Papa (*Solanum Tuberosum* .) *HortScience* .Vol 33(4)
- Payero, J.O., Melvin, S.R., Irmak, S., Tarkalson, D., 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. *Agric. Water Manage.* 84, 101–112.
- Pumisacho. M. y Sherwood. S. 2002. El cultivo de la papa en el Ecuador. Investigación del INIAP-CIP. Quito. 24.
- Trebejo, I. y Midmore, D.J. (1990). Effect of water stress on potato growth, yield and water use in a hot and a cool tropical climate. *J. Agric. Sci. Camb. Lima Peru.* 114 (3), 321-334.
- Universidad San Francisco de Quito (USFQ) y Fundación Carolina., 2011. Porcentaje de variación de la precipitación en las provincias de la sierra año 2020. Editorial. USFQ. Quito. 34-42.
- Shock, C. C., E. B. G. Feibert, and L. D. Saunders. 1998. “Potato Yield and Quality Response to Deficit Irrigation.” *HortScience* 33 (4): 655–59.
- Zhang, Y., Kendy, E., Qiang, Y., Changming, L., 2004. Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China plain. *Agric. Water Manage.* 64 (2), 107–122.

Capítulo 3

Desarrollo Rural

Evaluación ex-post del proyecto de desarrollo “Implementación de Sistemas Agroecológicos en Fincas Productoras de Caña, Mejoramiento de Procesos de Producción, Industrialización y Comercialización de Alcohol, provincia de Bolívar”

**Jaime E. Araya
Sara Hernando
Alberto Fereres**

Evaluación ex-post del proyecto de desarrollo “Implementación de Sistemas Agroecológicos en Fincas Productoras de Caña, Mejoramiento de Procesos de Producción, Industrialización y Comercialización de Alcohol, provincia de Bolívar”

Msc. Carla Sofía Arguello Guadalupe

Facultad de Recursos Naturales - ESPOCH
c_arguello@epoch.edu.ec

Ing. Ángel Duverli Guano Gunao

IPEC- ESPOCH
aduverlig@hotmail.com

Ms. José Franklin Arcos Torres

Facultad de Recursos Naturales - ESPOCH
jarcos@epoch.edu.ec

Resumen

En la parroquia Facundo Vela de la provincia Bolívar, el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP implemento el proyecto, “Implementación de Sistemas Agroecológicos en Fincas Productoras de Caña, Mejoramiento de Procesos de Producción, Industrialización y Comercialización de Alcohol”, una vez culminada la fase de ejecución, es necesario medir el nivel de cumplimiento de sus objetivos, así como la incidencia del mismo en el Plan Nacional para el Buen Vivir Rural, para ello se realizó: el análisis de los indicadores del proyecto por componente: organización, agroecología, valor agregado, comercialización y administración en las 90 familias beneficiarias, esto a través de la aplicación de una matriz que incorpora a cada una de estas variables, lo que sirvió para posteriormente evaluar el proyecto bajo los criterios de pertinencia, efectividad, eficiencia y sostenibilidad metodología propuesta por (Fuentes y Martínez, 2014, p 30). Los resultados evidenciaron un 78% de cumplimiento de los indicadores del proyecto. Lo que sumado al 87% resultado de los criterios de evaluación permiten concluir que el nivel de cumplimiento y sostenibilidad del proyecto son satisfactorios. Sin embargo, con el fin de dar sostenibilidad al proyecto se propone un plan de mejoras.

Palabras claves: Evaluación, proyectos, sostenibilidad, pertinencia, eficacia y eficiencia.

Abstract

In the Facundo Vela parish in the province of Bolívar, the Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries MAGAP implemented the project, "Implementation of Agroecological Systems in Cane Producing Farms, Improvement of Production Processes, Industrialization and Marketing of Alcohol", Once the implementation phase has been completed, it was necessary to measure the level of compliance with its objectives, as well as its impact on the National Plan for Rural Good Living, for this purpose: analysis of project indicators by component: organization , Agroecology, value added, commercialization and administration in the 90 beneficiary families, through the application of a matrix that incorporates each of these variables, which served to subsequently evaluate the project under the criteria of relevance, effectiveness, efficiency And sustainability methodology proposed by (Fuentes y Martínez, 2014, p 30). The results showed a 78% compliance with the project indicators. What added to the 87% result of the evaluation criteria allow to conclude that the level of compliance and sustainability of the project are satisfactory. However, in order to give sustainability to the project, an improvement plan is proposed.

Keywords: Evaluation, projects, sustainability, relevance, effectiveness and efficiency.

Introducción (Proyectos de Desarrollo)

Introducción al problema (Generalidades)

Los proyectos sociales nacen de un apoyo económico ya sea por parte del Estado o de alguna ONG, recursos que son utilizados a través de un conjunto integrado de procesos y actividades que pretenden transformar una parcela, lugar o localidad en una realidad distinta, disminuyendo o eliminando un déficit, o solucionando un problema. Los proyectos sociales producen y/o distribuyen bienes o servicios, para satisfacer las necesidades de aquellos grupos reprimidos que no poseen recursos para solventarlas autónomamente. Un programa social es un conjunto de proyectos que persiguen los mismos objetivos, que pueden diferenciarse por trabajar con poblaciones diferentes y/o utilizar distintas estrategias de intervención. Pero que buscan el mismo objetivo: Mejorar la calidad de vida de las poblaciones intervenidas (Análisis y Desarrollo Social Consultores, 2013, p 10).

Para las Instituciones cofinanciadoras es necesario identificar el nivel de impacto que ha tenido su contribución económica en el lugar de intervención, esto con el fin de decidir la aplicación de su cobertura o a su vez, su retiro inmediato. Por ello es necesario contar con una evaluación del proyecto ejecutado hasta el momento, donde se podrá evidenciar los beneficios obtenidos y así justificar la necesidad de continuar con la cobertura de los mismo, por eso los instrumentos de evaluación no solo deben ser vistos como un beneficio para medir la gestión de las instituciones públicas, sino también como un beneficio que puede ser utilizados por los involucrados en el proyecto para asegurar la continuidad y posterior sostenibilidad del proyecto (Labourdette y Gavilanez, 1999, p 2)

La presente investigación busca desarrollar un proceso de Evaluación ex – post en proyectos de desarrollo. En este caso particular del Proyecto denominado “Implementación de Sistemas Agroecológicos en Fincas Productoras de Caña, Mejoramiento de Procesos de Producción, Industrialización y Comercialización de Alcohol” en la parroquia Facundo Vela provincia Bolívar. En la actualidad es esencial justificar el buen manejo de los recursos económicos del Estado y es por ello que inversiones de esta magnitud deben ser reflejadas a través no solo del incremento de equipos y tecnologías en el sector agrícola sino a través de una mejora sustancial en el calidad de vida de la población beneficiada, lo que se ve reflejada a la vez en la sostenibilidad del proyecto (Congreso Nacional, 2004, p 50).

Debido a que la entidad cofinanciadora (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)) trabaja bajo el sistema de gestión por resultados, es necesario evidenciar el destino final de sus inversiones y el nivel de impacto que se ha logrado alcanzar en la población, esto con el fin de evaluar los resultados de los proyectos planteados en el Programa Nacional del Buen Vivir Rural (PNBVR). La presente investigación genera una matriz de evaluación que identifica en forma secuencial el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto, y además permite medir su consecución en las metas establecidas, valorando a la vez el impacto social que generan los resultados del proyecto (Senplades, 2013-2017, p 20).

Para asegurar la correcta evaluación del proyecto fue necesario analizar la línea base de los componentes del proyecto (organización, agroecología, valor agregado, comercialización, administración) en las 90 familias beneficiarias. Posteriormente se evaluó el cumplimiento de los indicadores del proyecto a través en una matriz que evalúa cada componente en función de las actividades propuestas en el proyecto, mismo que fueron cotejados con los criterios de pertinencia, efectividad, eficiencia y sostenibilidad propuestos por (Fuentes y Martínez, 2014, p 60). Adicionalmente fue necesario levantar una encuesta a la población beneficiada para medir el nivel de impacto de la gestión realizada por la asociación de productores. Finalmente, con base en los

resultados obtenidos se concluye que existe un nivel de cumplimiento muy satisfactorio, pero que aún hay indicadores que deben mejorar para asegurar la sostenibilidad del proyecto y es por ello que finalmente se plantea 5 estrategias para solucionar la problemática encontrados y una vez implementadas las mismas se logrará contribuir aún más en el cumplimiento de los indicadores del proyecto (Soccoro, 2014,p 3).

Bajo este contexto se planteó la siguiente hipótesis: La evaluación ex - post evidencia el nivel de cumplimiento de los objetivos bajo los criterios de pertinencia, efectividad, eficiencia y sostenibilidad. Debido a que la muestra tiene más de 10 individuos, la estadística paramétrica renace de nuevo porque se puede utilizar el test de la z normalizada con buena aproximación. Utilizando las encuestas realizada a los beneficiarios del proyecto se pudo rechazar la hipótesis nula (Gomez y Vivo, 2001, p 1).

Importancia del problema

En alguna época se pensó que el crecimiento económico de un país dependía fundamentalmente del monto de recursos que se destinaba a la inversión, lo que exigía sacrificios a la sociedad al tener que destinar parte importante de su producción a inversión, en sustitución del consumo. Hoy día está demostrado que “el crecimiento económico de los países depende tanto de la cantidad como de la calidad de las inversiones emprendidas por sus sectores privados y público” y que para ello es necesario llevar a cabo los proyectos más rentables, ya sea invirtiendo en capital físico, en capital humano y ambiental, y/o en capital del conocimiento (Fontaine E, 2008, p 16).

La evaluación de proyectos de inversión es un proceso sistemático que permite identificar, medir y valorar los costos y beneficios relevantes asociados a una decisión de inversión, para emitir un juicio objetivo sobre la conveniencia de su ejecución desde distintos puntos de vista: económico, privado o social (Aguilera et. Al; 2005, p 8).

La Asociación de Cañicultores de la Parroquia Facundo Vela, del cantón Guaranda, provincia Bolívar reconocida legalmente bajo acuerdo ministerial número 0057 del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), es una organización comunitaria sin fines de lucro, que tiene como objetivo fundamental mejorar la economía rural de 90 familias de la parroquia Facundo Vela, a través de la ejecución de proyectos vinculados al Plan Nacional del Buen Vivir. Por otro lado el Programa del Buen Vivir Rural 2013 – 2017 auspiciado por el MAGAP, genera recursos económicos para financiar distintos tipos de proyectos en la zona rural, con el fin de impulsar el desarrollo agropecuario, por ello el 22 de abril del 2013, la asociación firma con esta instancia gubernamental el convenio BOT – BV – I – 13 – 002 para ejecutar el proyecto “Implementación de Sistemas Agroecológicos en Fincas Productoras de Caña, Mejoramiento de Procesos de Producción, Industrialización y Comercialización de Alcohol”, esto con el propósito fundamental de contribuir al mejoramiento de la economía de las familias vinculadas a la asociación de Cañicultores (Guano Angel, 2017, p 15).

La ejecución del proyecto duró 16 meses calendario, iniciado el 30 de mayo 2013 y culminando el 29 de octubre 2014, se desarrollaron alrededor de 29 actividades para dar cumplimiento a los indicadores relacionados con: organización, agroecología, valor agregado, comercialización y administración. Sin embargo, antes de la presente investigación no existía documento alguno que evidencie el cumplimiento de indicadores ni los resultados alcanzados con la inversión realizada por el MAGAP.

A pesar de ello el MAGAP esta muy interesado en obtener evidencias tangibles del nivel de impacto de su inversión y además la Asociación requiere de un mayor financiamiento para dar continuidad a sus proyectos, para ello es necesario evidenciar ante cualquier organización gubernamental o no la contribución significativa de este tipo de inversiones al mejoramiento de los ingresos económicos de los agricultores, ello no solo permitirá contar con una línea base de la situación inicial de la comunidad sino además abrir las puertas a nuevas inversiones, en este y otros proyectos de interés social.

Metodología

La metodología utilizada fue de tipo no experimental, ya que la investigación en su mayoría se levantó en el campo, el diseño es transversal pues se trabaja con una población muestra. El método utilizado es el inductivo porque mediante diversas observaciones de los sujetos en estado natural se propone una conclusión que resulte general para todos beneficiarios del proyecto. Además, se utiliza el método analítico al descomponer a cada uno de los indicadores del proyecto con el fin de observar las causas, la naturaleza y los efectos del cumplimiento o no de los mismos. En el desarrollo de la matriz de evaluación se utiliza tanto las metodologías cuantitativas como cualitativas.

Las técnicas utilizadas fueron las fichas de observación en especial para contrarrestar los listados de equipos y materiales entregados a los agricultores, de acuerdo a los indicadores del proyecto y a los indicadores de pertinencia, eficiencia, eficacia, y sostenibilidad. Además, debido a las condiciones geográficas y climáticas de la zona se realizó un análisis muestra, para ello se utilizó la fórmula de poblaciones finitas dando como resultado (70 agricultores) quien fueron entrevistados para medir el nivel de impacto en la gestión del proyecto.

Para el caso de la evaluación de los indicadores del proyecto desde la línea base se utilizó una matriz compuesta por todos los parámetros establecidos en el mismo y medidos desde el nivel de cumplimiento o no de cada indicador. En su segunda etapa se los comparo con los parámetros de permanencia, eficiencia, eficacia, y sostenibilidad propuestos por Martínez y Fuentes (2014). Utilizando la siguiente tabla de equivalencias:

Tabla 1: Tabla de equivalencia y calificación.

Tabla de equivalencia y calificación		
% indicador de evaluación	Calificación de los criterios	Descripción
81 al 100 o mayor	5	Totalmente / muy satisfactorio / totalmente de acuerdo / alto / excelente
61 al 80	4	En gran proporción / satisfactorio / parcialmente de acuerdo / medio alto / bueno
41 al 60	3	Mediamente / aceptable / mediamente de acuerdo o en desacuerdo / medio / regular
21 al 40	2	En poca proporción / en deficiente / parcialmente en desacuerdo/ medio bajo / regular
1 al 20	1	En nula o casi nula proporción / muy deficiente totalmente en desacuerdo / bajo / débil

Fuente: Martínez y Fuentes, 2014 “Manual de Evaluación”

Finalmente, para proponer las estrategias a seguir con el fin de mejorar el nivel de cumplimiento e impacto del proyecto se utilizó el análisis Foda la cual permitió realizar un cruce de variables que posteriormente permitieron identificar las estrategias DO, DA, FO, FA

Resultados

Línea base del proyecto

El proyecto consta de una línea base estructurada en 5 componentes: organización, agroecología, valor agregado, comercialización, administración.

Componente 1: Organización

Existía solo un 2% de la población se encontraba organizada en asociaciones, comunas o cabildos.

Componente 2: Agroecología

Presencia del monocultivo de la caña, destrucción de la vegetación natural, y por ende de la flora y fauna de la zona. Ausencia de barreras naturales y falta de prácticas amigables con el suelo.

Componente 3: Valor agregado

La totalidad de las familias carece de equipos adecuados para la destilación del alcohol, debido a que las ollas de cocción del guarapo fermentado estaban construidas por tanques de latón reciclados, el destilador en la mayoría de los casos era construido en caña guadua y el serpentín era de bronce. Así mismo, los hornos sobre los que se realizaba la cocción estaban diseñados para consumir combustible en abundancia (leña y bagazo). Los tanques o cubas de fermentación estaban contruidos por fundas de polietileno sobre recipientes de madera.

En los procesos de cosecha y destilación existía una completa falta de higiene, lo que disminuía la calidad y productividad del alcohol, además de desperdiciar la materia prima y energía.

Componente 4: Comercialización

La Asociación mantiene un contrato con Petroecuador para entregar 10.000 litros mensuales, lo cual no se cumplía pues los intermediarios ofrecían un centavo más por litro, incentivando a los miembros de la asociación a desviar la producción por otros intereses, justificados en la demora del pago por parte de Petroecuador poniendo en riesgo su contrato.

Otro aspecto que destacar es el acopio del producto, éste se hacía en tanques de plástico y se almacenaba en una bodega, de una vivienda situado en el centro de la población, poniendo en riesgo a todos por la alta inflamación del producto.

Componente 5: Administración

No existía una personal menos un equipo técnico que realice los procesos de administración de la asociación.

Evaluación de indicadores en la Implementación del Proyecto

Se utilizó la matriz que contempla todos los componentes del proyecto con sus respectivos indicadores y que permite medir el nivel de cumplimiento o no de cada una de las actividades planteadas en el proyecto la cual se resume en la tabla 2

Tabla 2. Matriz de Evaluación de Indicadores del Proyecto

Componente	Programa	Actividad	Nivel de cumplimiento del indicador	% promedio de cumplimiento a nivel de:	
				Componente	Total
Organización	Sistema de gestión	Estatutos, Organigrama Actas de asamblea, Lista de asistencia a asambleas	100%	65%	78%
		Fotografías de las asambleas	0%		
		Inventario de las fincas	50%		
	Sistema Financiero	Lista de capacitación, número de capacitados, Registro financiero, Registro de las cuentas de ahorro, Registro de las líneas de crédito	100%		
		Aplicación de la capacitación	10%		
		Cuentas de ahorro	7%		
		Líneas de crédito	4%		
		Registro del Incremento de capital	0%		
Agroecología	Sistemas de producción	Lista de asistencia a la capacitación	100%	58%	
		Número de capacitados	77%		
		Aplicación de la capacitación y entrega kit de composteras	75%		
		Uso de Kit para composteras	38%		
		Rozadora	0%		
	Gira de observación	36%			
Agroecológicas	Árboles frutales	86%			
Valor Agregado	Implementación de equipos tecnológicos, y construcción de un centro de Acopio	Mejora del proceso, aplicación de capacitación	92%	93%	
		Lista de asistencia a la capacitación, entrega de Destiladores o alambiques, un Centro de acopio, un Tanques Plastigrama y Equipos de seguridad	100%		
		Asistencia a la Capacitación y entrega de máquinas de lavado	96%		
		Uso de la máquina de lavado	60%		
		Remodelación y uso de hornos en el proceso	95%		
		Arreglo de Pisos	79%		
		Uso de Destiladores o alambiques	92%		
Comercialización	Comercialización de alcohol, promoción y publicidad del proyecto y del centro de Acopio	Lista de asistencia capacitaciones, entrega de folletos y letreros, fotografías, participación en ferias Registros de cuenta de ahorro y pagos de Petroecuador.	100%	75%	
		Número de asistentes a la Capacitación	96%		
		Permisos y patentes	0%		
	Capital para pagar el alcohol	Cuenta de ahorros	0%		
	Pago por parte de Petroecuador	Pago puntual de Petroecuador	0%		
Administración	Equipo de trabajo en la ejecución del proyecto	Informes técnicos, Apoyo técnico, Contratos, informes financieros	100%	100%	

Fuente: Angel Guano 2017

La siguiente Figura 1 resume los resultados obtenidos en la evaluación de la matriz anterior

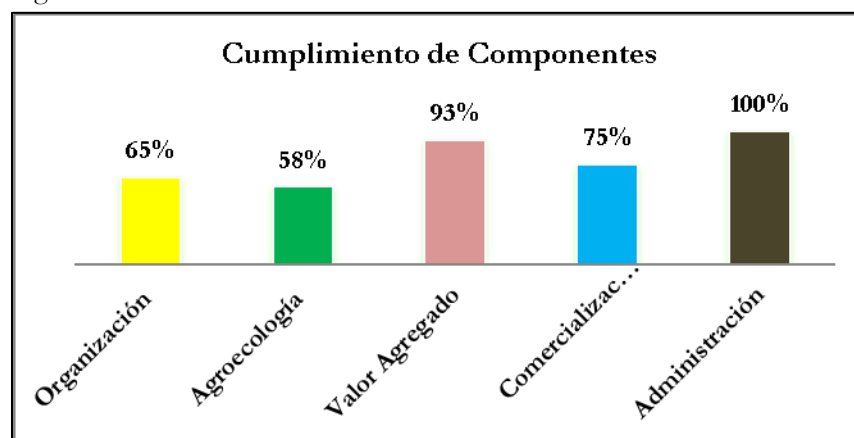


Figura 1: Porcentaje de cumplimiento de los componentes del proyecto

Evaluación de los componentes del proyecto bajo los criterios de Pertinencia, Eficiencia, Efectividad y Sostenibilidad del proyecto

Para la evaluar los componentes del proyecto y por ende de los indicadores del mismo se utilizó los parámetros establecidos por Martínez y Fuentes 2014 de acuerdo a los parámetros explicados en la metodología, esto se resume a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Evaluación del proyecto por Criterios Pertinencia, Eficencia, Efectividad y sostenibilidad

Criterio a ser evaluado	Condiciones de evaluación	Actividad	Cumplimiento a nivel de		
			Calificación de criterios	Porcentaje promedio	
				Criterio	Total
PERTINENCIA, COHERENCIA Y RELEVANCIA	Planificación del proyecto	Marco lógico, Prioridad de la cooperación internacional, Claridad en los objetivos, Claridad en la problemática a resolver, Inversión pública, atiende a la Agenda sectorial y a las necesidades manifestadas por los beneficiarios, el enfoque del proyecto es a media no y largo plazo	5	98%	87%
		Prioritario para la población, Financiamiento, Identificación de los beneficiarios	4		
	Alineado al PNBV	Objetivos, metas, políticas, indicadores	5		
	Relación lógica con los objetivos	Prioridades nacionales, sectoriales, territoriales, Necesidades por grupo	5		
	Relación lógica con los componentes	Prioridades nacionales, sectoriales, territoriales, Necesidades por grupo	5		
	Formulación del proyecto	Actividades bien definidas, Participación de las comunidades, Costumbres locales, Igualdad del género, Amigable con el medio ambiente, Identidad cultural	5		
EFICACIA O EFECTIVIDAD	Planificación del proyecto	Ejecución y satisfacción de los objetivos	4	80%	
	Ejecutores de las actividades	Cumplimiento de respectivas responsabilidades	4		
	Resultados obtenidos	Son de utilidad y adecuados para la consecución de los objetivos	5		
	Componentes y actividades del proyecto	Logro de los objetivos planteados	4		
	Planificación del proyecto	Se duplicaron actividades	5		
		Intervenciones similares en el territorio	5		

	Alternativas más eficientes	1	
	Adaptación a factores exógenos	4	

EFICIENCIA	Formulación del proyecto	Línea base	5	84%
	Línea base	Información suficiente	5	
	Objetivos	A un costo menor o igual	5	
	Metodología	Adecuada	5	
	Desempeño del proyecto	Relación esperado/atendido	4	
		Directos, Indirectos	5	
	Presupuesto total	Relación presupuestado/ ejecutado	5	
	Presupuesto de la cooperación internacional	Relación presupuestado/ ejecutado	5	
	Retraso en la gestión del proyecto	Afecto a la consecución de objetivos y resultados	3	
	Compromisos mediante convenios	Auditoría	3	
		Fiscalización	3	
	Compromisos acordados	Cumplimiento	3	
	Cronograma de ejecución del proyecto	Relación, días planificado/ días ejecutado	3	
	Compatibilidad de los plazos	Exigencias de los involucrados	4	
Recursos	Utilización optima	4		
Entrega de Productos	Plazos establecidos	4		
SOSTENIBILIDAD	Seguimiento a la ejecución del proyecto	Quienes	5	88%
	Estrategias de evaluación	Intermedia y final	5	
	Estrategias de autogestión y sostenibilidad	Incorporado en el proyecto	5	
	Financiamiento externo	Grado de financiamiento	5	
		Grado de empoderamiento de la comunidad,	3	
	Sostenibilidad	Grado de empoderamiento de la comunidad y servicios adicionales	4	
		Servicios adicionales	1	
	Ejecución del proyecto	Nuevos actores	5	
	Proyecto	Interrelación con otros programas similares	5	
	Alianzas estratégicas	Quienes	5	
	Proyecto	Infraestructura adecuada para su sostenibilidad	3	
	Beneficiarios	Mejora en su situación	5	
	Proyecto	Identificación de buenas prácticas en otros territorios, Existencia de problemas legales	5	

Fuente: Angel Guano 2017

Discusión

Al realizar la evaluación del proyecto en función del cumplimiento o no de sus componentes se determinó que los componentes Organización, Agroecología, Valor Agregado, Comercialización y Administración, alcanzan el 78% de cumplimiento calificando la evaluación con un nivel de satisfactorio para sus beneficiarios. Si bien es cierto este porcentaje incrementa aún más cuando calificamos la matriz de criterios de pertinencia, eficiencia, eficiencia y sostenibilidad a un 87%, aun se puede identificar problemas en el desarrollo y cumplimiento de algunos indicadores del proyecto en especial del componente agroecología el cual evidencia un 58% de cumplimiento, el más bajo del proyecto, seguido un nivel también bajo de 65% en Organización y 75% en el componente comercialización.

No obstante, estos porcentajes no evidencian mayor significancia al momento de analizarlos en conjunto y es por ello que la evaluación obtiene un nivel satisfactorio. Sin embargo, con el fin de mejorar estos valores se propone 5 estrategias una por componente que contribuirán a mejorar el nivel de satisfacción del proyecto estos son:

1. Fortalecer el componente agroecología a través de la entrega de nuevos kit para compostera, acompañados de una capacitación, supervisión y control del uso de los mismos para los fines pertinentes
2. Fortalecer la capacidad organizacional de la asociación pues si bien existe una estructura

organizacional no existe un manual de funciones, y al menos un instructivo de responsabilidades de cada integrante. Por ende su trabajo no ha sido significativo ni a aportado a la problemática de la asociación en especial al tema de falta de financiamiento para mejorar sus cultivos.

3. Gestionar un capital inicial para el fondo de la Cooperativa de la asociación con el fin de iniciar préstamos a sus socios y dinamizar la economía en el sector.
4. Brindar asesoramiento permanente en la asociación con el fin de mantener y mejorar los equipos entregados a la misma, ya que esto asegurará mantener el nivel de calidad del producto.
5. Apoyar la administración del proyecto con el fin de mejorar sus procesos y asegurar mantener los contratos de comercialización y abrir nuevos mercados para los productores del alcohol.

Las estrategias antes mencionadas cuentan con actividades para dar cumplimiento a las mismas y con responsables de ejecución los cuales están básicamente conformados por los miembros de la asociación y el apoyo de instituciones gubernamentales.

En resumen, la evaluación de este proyecto no solo ha permitido evidenciar el nivel de gestión y satisfacción de los beneficiados, pues la inversión realizada por el Ministerio de Agricultura se puede evaluar como satisfactoria ya que se alcanzó la mayoría de los indicadores del proyecto, lo que a su vez se evidencia como mejores condiciones de vida en la población. Además, se da la oportunidad a la asociación de buscar nuevos estamentos que deseen financiar los futuros proyectos de la Organización y así asegurar no solo el desarrollo agrícola de la zona, sino también el desarrollo social en su entorno.

Discusión de la Hipótesis

Para el análisis estadístico se aplicará la prueba z normalizada, para una muestra mayor a 30.

Ho Hipótesis Nula: Los encuestados manifiestan que la evaluación ex - post no evidencia el nivel de cumplimiento de los objetivos bajo los criterios de pertinencia, efectividad, eficiencia y sostenibilidad.

$$H_0: \mu < 61$$

$$H_1: \mu \geq 61$$

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Región Crítica: Para definir la región crítica, calculamos los grados de libertad:

$$Z_{(0,05)} = 1,64$$

Distribución de probabilidades normal.

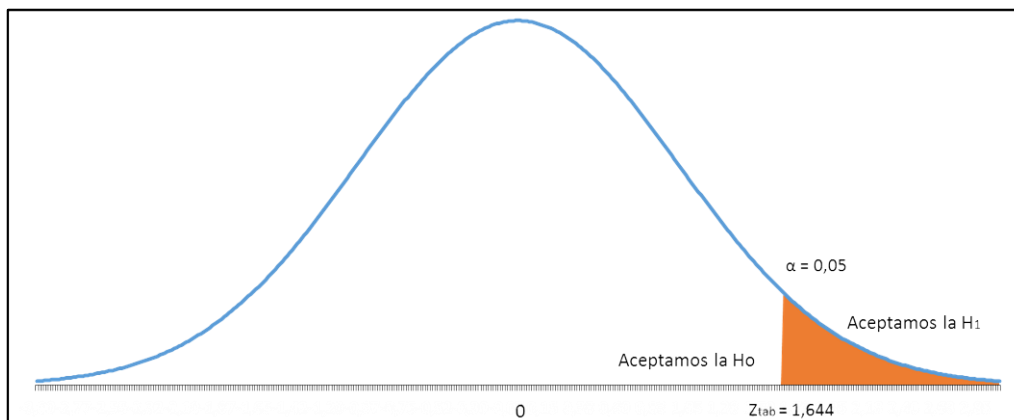


Figura 2. Distribución de probabilidades.

Fuente: Ángel Guano. 2017

Cálculos:

Los datos obtenidos son: cada dato corresponde al porcentaje de cumplimiento por beneficiario.

Tabla 4: Datos para la comprobación de la hipótesis.

82,75	62,06	82,75	65,51	93,1	82,75	68,96
75,86	65,51	65,51	75,86	55,17	75,86	65,51
58,62	68,96	79,31	72,41	68,96	86,2	82,75
75,86	55,17	75,86	58,62	65,51	62,06	79,31
68,96	65,51	79,31	62,06	68,96	65,51	86,2
86,2	72,41	62,06	82,75	86,2	65,51	86,2
75,86	48,27	55,17	75,86	68,96	72,41	82,75
86,2	75,86	55,17	75,86	82,75	89,65	75,86
72,41	48,27	72,41	86,2	68,96	79,31	72,41
62,06	82,75	86,2	75,86	72,41	82,75	55,17
51,72	68,96	82,75				

Fuente: Angel Guano. 2017

Para realizar el cálculo de la z calculada utilizaremos la siguiente formula:

$$Z_{cal} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

n = número de datos

x = media muestral de los datos.

μ = promedio del indicador de evaluación.

S = Desviación Estándar de los datos muestrales.

$$Z_{cal} = \frac{72,44 - 61}{\frac{10,60}{\sqrt{73}}}$$

$Z_{cal} \geq Z_{tabulado}$

$Z_{cal} = 9,22$

Obtenemos el P-valor = 0,00

Distribución de probabilidades Normal

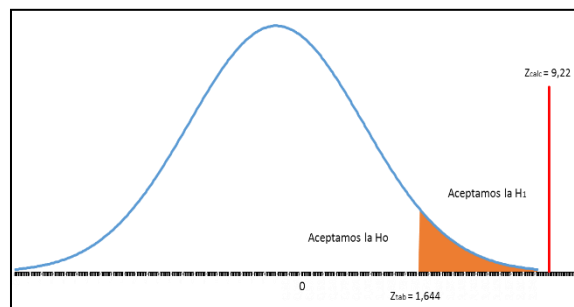


Figura 3. Distribución de probabilidades.

Decisión: Rechazamos la hipótesis nula, porque la z calculada es mayor a la z tabulada, es decir los encuestados manifiestan que la evaluación ex - post evidencia el nivel de cumplimiento de los objetivos bajo los criterios de pertinencia, efectividad, eficiencia y sostenibilidad.

Conclusión

El proyecto evaluado estuvo bajo condiciones negativas inicialmente se observó una frágil organización, las familias destruían la poca vegetación existente, alterando muchos de los factores ecológicos de la zona, se evidencio una tecnología inapropiada en los sistemas productivos y un mal sistema de comercializado a través de la falta de incentivos y la presencia de los intermediarios.

La evaluación de los componentes por indicadores del proyecto alcanzó un nivel de satisfactorio con un 78% de cumplimiento, mientras que la evaluación de criterios pertinencia, efectividad, eficiencia y sostenibilidad alcanzó un promedio de 87%. Lo que revela un gran aporte al Plan Nacional del Buen Vivir Rural.

Se realizó el plan de mejora, con 4 estrategias y sus respectivas actividades donde se señala que hacer y cómo hacerlo, con el apoyo de las instituciones gubernamentales. Esto permitirá que la asociación corrija las debilidades encontradas en futuros proyectos.

Las razones por las que los componentes (Organización y Agroecología) presentan evaluaciones tan bajas se debe a que no existe evidencias fotográficas de asambleas; no existió incremento de capital en la cajita de ahorros. Solo el 38% de las familias utilizaban el kit de composteras, no recibieron la rozadora mecánica y las giras de observación se efectuaron con el 36% de asistentes.

La hipótesis planteada fue comprobada mediante la prueba z normalizada es decir los encuestados manifiestan que la evaluación ex - post evidencia el nivel de cumplimiento de los objetivos bajo los criterios de pertinencia, efectividad, eficiencia y sostenibilidad con un valor promedio de 72,44%.

Agradecimiento

A todos los que colaboraron en el desarrollo de esta investigación, ya sea a través del sistema académico o de las organizaciones gubernamentales.

Referencias

- Analisis y desarrollo social consultores. (2013). *Guía de evaluación de programas y proyectos sociales*. Madrid: advantia comunicación gráfica.
- Angel, g. (2017). Evaluación ex post del proyecto implementacion de sistemas agroecológicos en fincas productoras de caña, mejoramiento de procesos de producción, insdustrialización y comercialización de alcohol: espoch.
- Congreso nacional. (2004). *Ley organica de transparencia y acceso a la infomración pública*. Quito: registro oficial del ecuador.
- Ernesto, f. (2008). *Evaluación de proyectos sociales*. España.
- Felix, s. (2014). La planificación estrategica y las pymes. *De gerencia*, s/p.
- Fuentes, m. Y. (2014). *Manual de evaluación seteci*. Quito: ecuador.
- Gomez y vivo. (2001). Pruebas de significación en bioestadística. *Revista de diagnóstico biológico*.
- Labourdette y gavilanez. (1999). *Métodos de evaluación para proyectos sociales*. Argentina: orientación y sociedad.
- Senplades. (2013-2017). *Plan nacional del buen vivir rural*. Quito: registro oficial.



Centro de Investigación
y Desarrollo Ecuador

CIDE 
EDITORIAL
Cod. 9942-8632 

ISBN: 978-9942-759-01-6



9789942759016