

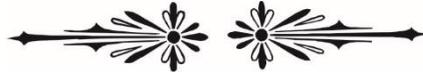
TENDENCIAS E INNOVACIÓN EN AGRONOMÍA

COORDINADOR
LEONARDO GONZALO MATUTE MATUTE

ISBN: 978-9942-802-50-7

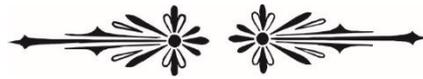


TENDENCIAS E INNOVACIÓN EN AGRONOMÍA





TENDENCIAS E INNOVACIÓN EN AGRONOMÍA



Coordinadores

Leonardo Gonzalo Matute Matute

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

Catalogación en la Fuente:

Tendencias e innovación en agronomía/ Leonardo Gonzalo Matute Matute (coord.). – Guayaquil: CIDE, 2019

66 p.: incluye tablas, cuadros, gráficos

X Congreso Latinoamericano de Agronomía, efectuado los días 17, 18,19 de julio 2019, Quevedo, Ecuador.

ISBN: 978-9942-802-50-7

1. Agronomía– Ecuador – Congresos, conferencias

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, integra 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: 978-9942-802-50-7

Edición con fines académicos no lucrativos.
Impreso y hecho en Ecuador.

Dirección Editorial: Lic. Pedro Naranjo Bajaña, Msc.
Coordinación Técnica: Lic. María José Delgado
Diseño Gráfico: Lic. Danissa Colmenares
Diagramación: Lic. Alba Gil

Fecha de Publicación: Marzo, 2020

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



COMITÉ EDITORIAL

Juan Carlos Barrientos Fuentes, Bolivia

Es Ingeniero Agrónomo (1994) de la Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia; Master en Ciencias Agrarias y Manejo de Recursos en los Trópicos y Subtrópicos (2000) y Doctor en Ciencias Agrarias con Énfasis en Socio-economía Agraria (2005) de la Universidad de Bonn, Alemania. Actualmente, soy profesor asociado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá. Mis áreas de trabajo e interés son economía agraria, economía campesina, proyectos agrarios, desarrollo y extensión rural, y teoría de la investigación científica. Es Director del Departamento de Desarrollo Rural, miembro del comité de investigación y extensión, entre otros.

Guillermo Arrazola Paternina, Colombia

Doctorado Universidad de Alicante. Ciencias de Los Alimentos. 1998-2002. Análisis de Compuestos Cianogénicos en Almendras Maduras: Incidencia en la Mejora Genética. Maestría/Magister Universidad Miguel Hernández Orihuela Alicante. Maestría en Procesos de Zumos de Frutas Tropicales. 1999-2001. Alteraciones durante el pasterizado de zumos de frutas. Especialización Universidad Miguel Hernández Orihuela Alicante. Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2002-2003. Especialización Universidad de Córdoba. Docencia Universitaria. 1996-1997. Plan Curricular.

Dr. Dante Pinochet Tejos, Chile

Profesor de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, desde el año 1987. Actualmente es Profesor Titular. Ha diseñado normas de fertilización para praderas permanentes, cultivos tradicionales y frutales menores. Como profesor, enseña en la carrera de Agronomía, Magister de Ciencias del Suelo y Doctorado en Ciencias Agrarias. Ha publicado 32 artículos científicos, 5 capítulos de libros y 2 libros. Ha dirigido 87 tesis de pregrado en Agronomía, 10 de Magister y 5 tesis Doctorales. Actualmente, además, es editor jefe de Soil and Tillage Research.

Sanin Ortiz Grisales, Colombia

Doctorado Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. Ciencias Agrarias con Énfasis en Fito mejoramiento. Febrero de 2004-Junio de 2009. Maestría/Magister Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Pregrado/Universitario Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira Zootecnia. Febrero de 1987 – Febrero de 1994. Determinación de la curva de crecimiento y rendimiento cárnico en Patos Muscovy Cairina Moschata (L) bajo condiciones de cría y ceba intensiva. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Investigador del Programa de Investigación Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas. Agosto 2004-Actual.

COMITÉ ACADÉMICO

Kentaro Tomita, Japón

Universidad Agrícola de Tokio, Facultad de Agronomía (Agro Química). 1985 a 1989. Doctor (PhD.): Universidad Agrícola y Tecnológica de Tokio. Marzo de 2003. Experiencia Profesional como JICA. Ha trabajado en Kodai Ltd., Japón en el Departamento de Educación Ambiental y Conservación de Agua, Aire y Suelo en el Ambiente con contrato con la JICA. Profesión Manejo Integral de la Fertilidad del Suelo Ácido e Infértil Cultivado con Plantas. Publicaciones en los libros en español del Programa de Investigación y Extensión Universitaria: (PRIEXU) de la Universidad Nacional de Pilar. Publicaciones en las revistas técnicas agropecuarias de Paraguay.

Guillermo A. León M., Colombia

Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia Especializaciones: Manejo Integrado de Plagas, Centro Internacional de Agricultura, Wageningen, Holanda. Control Biológico de artrópodos plagas, Colegio Imperial, Universidad de Londres, Instituto Internacional de Control Biológico, Silwood Park, Inglaterra. Doctorado Ph.D. Ciencias Agrícolas en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia. Experiencia profesional: 1984-1993: Investigador en el programa de Entomología – Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 1994-2013: Investigador Principal Red de Manejo Integrado de Plagas-Entomología. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Áreas del conocimiento/disciplinas: Investigación Agrícola-Entomología-Control Biológico-Manejo Integrado de Plagas (Cultivos Tropicales – Frutales – Cítricos – Forestales – Caucho).

Dr. Gustavo Bernal Gómez, Ecuador

Es PhD. en Microbiología de Suelos, graduado en la Universidad de Minnesota, Estados Unidos. Actualmente es Director de Investigación de ANCUPA. Fue: 1) Jefe del Departamento de Protección Vegetal del INIAP; 2) Profesor de Postgrado en Microbiología de Suelos, Nutrición y Protección Vegetal en la UCE, ESPOL, UTE y ESPE), y 3) Consultor en la CORPEI como Director Técnico del Proyecto PROFIAGRO. Tiene publicados artículos técnicos y científicos entre los que destaca el Canadian Journal of Microbiology, y dos libros: 1) Fijación Biológica de Nitrógeno, y 2) Micorrizas. Es Presidente de la Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo (SECS) y Presidente de la Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo (SLCS).

AUTORES

Alberto Prado Chinga

Carlos Castro Arteaga

Eduardo Colina Navarrete

Eduardo Arana León

Francisco A. Simón Ricardo

Julio Caicedo Aldaz

Leonel Aldana Naranjo

Sixto Santiago Ibáñez Jácome

INDICE

PRÓLOGO.....9

CAPÍTULO 1

Evaluación de cepas de *Azotobacter* en el incremento de la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condición de secano en la zona de Baba.....11

Eduardo Colina Navarrete
Eduardo Arana León
Carlos Castro Arteaga

CAPÍTULO 2

Sistema de alerta temprana de la broca del café (*Hyphotenemus hampei*, Ferrari).....22

Francisco A. Simón Ricardo
Leonel Aldana Naranjo

CAPÍTULO 3

Manejo de nutrientes por sitio específico (mnse) en la fertilización de la naranjilla (*solanum quitoense lam*) a plena exposición solar, en el recinto 23 de junio, cantón San Miguel de los Bancos, Pichincha.....32

Julio Caicedo Aldaz
Sixto Santiago Ibáñez Jácome
Alberto Prado Chinga

CAPÍTULO 4

Fitosanidad 4.0: retos del siglo XXI.....50

Francisco A. Simón Ricardo

PRÓLOGO

El X Congreso Internacional Latinoamericano de Agronomía, efectuado los días 17, 18,19 de julio 2019, en Quevedo, Ecuador, organizado por el Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE) y el Centro de Estudios Transdisciplinarios (CET) Bolivia, fue el escenario para presentar las nuevas directrices a nivel nacional e internacional, en el área de las ciencias agronómicas.

Los trabajos incluidos en este libro titulado *Tendencias e Innovación en Agronomía* exponen diversos tópicos donde refiere casos de estudio, que repercuten en los avances que en materia de producción, fertilización y fitosanidad están presentes hoy día en el acontecer de la agronomía a nivel nacional e internacional.

Queda expuesto entonces, a través de los artículos incluidos en este libro, continuar con el proceso de indagación formativa, resaltando en esta oportunidad los temas que se mencionan a continuación:

Evaluación de cepas de Azotobacter en el incremento de la producción del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) bajo condición de secano en la zona de Baba; Sistema de alerta temprana de la broca del café (Hyphotenemus hampei, Ferrari); Manejo de nutrientes por sitio específico (mnse) en la fertilización de la naranjilla (solanum quitoense lam) a plena exposición solar, en el recinto 23 de junio, cantón San Miguel de los Bancos, Pichincha; Fitosanidad 4.0: retos del siglo XXI

Sumen estos estudios servir como un aporte más, a la investigación para el desarrollo de futuras propuestas en Ecuador y Latinoamérica.

Lic. María J. Delgado



CAPÍTULO 1

**EVALUACIÓN DE CEPAS DE AZOTO-
BACTER EN EL INCREMENTO DE LA PRO-
DUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ
(ORYZA SATIVA L.) BAJO CONDICIÓN
DE SECANO EN LA ZONA DE BABA**

**Eduardo Colina Navarrete
Eduardo Arana León
Carlos Castro Arteaga**

Evaluación de cepas de *Azotobacter* en el incremento de la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condición de secano en la zona de Baba

Eduardo Colina Navarrete

Universidad Técnica de Babahoyo
ncolina@utb.edu.ec

Eduardo Arana León

Universidad Técnica de Babahoyo
oscarcERRUFO@gmail.com

Carlos Castro Arteaga

Universidad Técnica de Babahoyo
cacastro@utb.edu.ec

Resumen

El presente trabajo fue realizado en la hacienda "Don Eduardo", ubicada en el Recinto "La Margarita" Cantón Baba. Se investigaron once tratamientos y tres repeticiones. El objetivo del trabajo experimental fue evaluar cepas de *Azotobacter* en el incremento de la producción de arroz bajo condición de secano. La siembra se efectuó con la variedad F-09 en unidades experimentales de 16 m². Los tratamientos se repartieron en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial A x B +2. Para la estimación de varianza se empleó la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Las variables estimadas fueron: altura de planta, número de macollos, número de panículas, número de granos, longitud de panículas, rendimiento y análisis microbiológico. Los resultados mostraron que las aplicaciones de *Azotobacter*, generan una marcada influencia sobre los testigos químico y absoluto. Las plantas tratadas con *Azotobacter* mostraron diferencias significativas en la altura de planta, número de macollos, número de panículas, longitud de panículas, número de granos y rendimiento por hectárea. Las plantas tratadas con Azototic (5737,81 kg/ha) lograron mayor rendimiento. Las dosis de 2,0 l/ha y 1,5 l/ha mostraron mejor respuesta. La aplicación de *Azotobacter* mostró incrementos en la población de la bacteria, mientras los testigos químico y absoluto, mostraron disminución de las poblaciones. El tratamiento Azototic 2,0 l/ha mostro el mayor ingreso de efectivo y mayor utilidad.

Palabras clave: Microorganismos, biofertilización, arroz, producción, sostenibilidad.

Abstract

The present work was carried out in the "Don Eduardo", located in the enclosure "La Margarita" canton Baba. Eleven treatments and three repetitions were investigated. The objective of the experimental work was to evaluate efecto of *Azotobacter* in the increment of the production of rice low unirrigated land condition. The crops was made with the variety F-09 in experimental units of 16 m². The treatments were distributed at random in a design of complete blocks with a factorial arrangement A x B +2. For the estimate of it used the test from Tukey to 5 % significance. The dear variability were: plant height, macollo number, panicle number, number of grains, panicle longitude, grain yield y analysis microbiologic. The results showed that the applications of *Azotobacter*, generate a marked influence on the witness chemist and absolute. The plants tried with *Azotobacter* showed significant

Tendencias e Innovación en Agronomía

differences in the plant height, number of macollo, panicle number, panicle longitude, number of grains, weight of grains and yield for hectare. The plants tried with Azototic (5.737,81 kg/ha) they achieved bigger yield. The doses of 2,0 l/ha and 1,5 l/ha showed better answer. The absolute Witness presented smaller averages. In days to flowering and maturation was not generated answers to the applications of the sources of Azotobacter and its doses. The application of Azotobacter in diverse dose mostrón increments in the population of the bacteria. The Witness Chemist and Absolute they showed the populations' decrease. The treatment Azototic 2,0 l/ha showed the biggest entrance of effective and bigger utility.

Key words: Microorganisms, biofertilizer, yield, fertilization, sustainability.

Introducción

El Arroz (*Oryza sativa* L.) es un cereal perteneciente a la familia Poaceae de mucha importancia en el mundo, porque es un producto de alimentación básica en la dieta humana. Además, constituye una fuente de empleo para los sectores rurales de Asia (continente con mayor producción de arroz), aunque también el arroz es ampliamente cultivado en África y América. En el Ecuador, el cultivo de esta gramínea se realiza en dos ciclos productivos: Secano y bajo riego. Generalmente se siembra una superficie anual de alrededor de 400 000 hectáreas, principalmente en las provincias de Guayas y Los Ríos. Existe un excedente de producción en el ciclo de invierno, el mismo que complementa los niveles de comercialización en la temporada seca. El rendimiento promedio por hectárea bordea las 3,6 t/ha (SIPA, 2018).

Además de N, P y K, las plantas necesitan de otros elementos del suelo y materia orgánica para su desarrollo, los cuales son requeridos en mayor o menor cantidad según su etapa fenológica. En Ecuador para el cultivo de arroz uno de los problemas más críticos es la deficiencia del nitrógeno y de materia orgánica de los suelos de cultivo. El uso generalizado de fertilizantes artificiales tipo urea, como fuente de nitrógeno, si bien está sosteniendo la labor arrocera, por otro lado, provoca problemas medioambientales, incluyendo apelmazamiento del terreno, cambios de la actividad microbológica y química del suelo y contaminación del agua.

Actualmente existen un sin número de reportes que incentivan el uso de microorganismos, especialmente aquellos que puedan fijar nutrientes que sean de un costo energético alto y por ende disminuir su uso, ayudando al manejo sostenible de las plantaciones. Uno de estos géneros es el *Azotobacter*, el mismo que ha demostrado significativamente su efecto beneficioso en la producción de cultivos, tanto por fijar nitrógeno atmosférico, ayudar en la solubilización del fósforo, excreción de sustancias promotoras de crecimiento y la acción degradativa de pesticidas.

La búsqueda de nuevas alternativas de fertilización biológica constituye una de las prioridades actuales en el manejo integrados de cultivos. En ese sentido, el uso de productos específicos es una de las medidas en las que se está haciendo énfasis porque permite un crecimiento adecuado los cultivos y un mejor retorno de la inversión con daños mínimos al ambiente. La utilización de bio-fertilizantes es una tecnología muy antigua y de gran uso actual, la misma está siendo estudiada muy paulatinamente, especialmente aquellos que realizan fijación biológica con más de un nutriente; el conocimiento adecuado de dosis y productos mejorará la eficiencia en las aplicaciones.

Por este motivo se hace necesaria la implementación de prácticas que ayuden o identifiquen dosis de productos biológicos y la eficiencia de esta, basando en los siguientes objetivos: Evaluar la influencia de cepas de *Azotobacter* en la producción del cultivo de arroz en varias dosis, determinar la concentración

Tendencias e Innovación en Agronomía

de cepa más adecuada para el aumento de producción del cultivo de arroz en seco, adicional un análisis económico del programa.

Importancia del problema

De acuerdo con las proyecciones del Banco Mundial, la población mundial aumentará de seis mil millones de personas en 1999 a siete mil millones en 2020. Posiblemente, se está viviendo en un país con tasas de crecimiento mayores. En ese caso, las consecuencias de un aumento de la población serán familiares: toda esa gente tendrá que ser alimentada. Hasta el 90 por ciento de este aumento necesario de la producción de alimentos tendrá que provenir de los campos y a cultivados. En el año 2015, si el ritmo no fuera aumentado, habría aún 600 millones de personas hambrientas (FAOSTAT, 2013).

El arroz es un cultivo propio de la Región Costa, en razón de las facilidades climáticas y geográficas. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC-, los productores se encuentran altamente concentrados en las provincias de Guayas con 237 316 ha y Los Ríos con 109 957 ha de superficie cosechada. Dichas provincias concentran el 61% y 34% respectivamente del total de la producción anual en el Ecuador, el restante corresponde al resto de provincias costeñas, valles cálidos de Sierra y la Amazonía (INEC, 2013). El MAGAP (2014) indica que la zonificación agroecológica económica, muestra que las zonas potencialmente altas para el cultivo de arroz se encuentran concentradas en las provincias de Guayas y en la provincia de Los Ríos, principalmente dentro de los cantones: Babahoyo, Baba, Vinces, Pueblo Viejo y Montalvo.

Para el arroz, en zonas bajas, se recomienda dosis de 80 a 100 kg/ha de N, 30 a 50 kg/ha de P₂O₅ y 30 kg/ha de K₂O. Para el arroz de zonas bajas y de altos rendimientos, variedad mejorada se colocan: 125 kg/ha de N, 30 kg/ha de P₂O₅ y 50 kg/ha de K₂O. El fertilizante nitrogenado debería ser aplicado en dos, o aún mejor dividido en tres aplicaciones: 1/3 de fondo, 1/3 en macollamiento, 1/3 en la formación de la panícula (IPNI, 2011).

Sampaio *et al.* (2012), indican que el estudio de bacterias promotoras del crecimiento vegetal con habilidad para fijación de Nitrógeno son potencialmente candidatas para su uso como biofertilizantes. Grageda *et al.* (2012) señalan que los microorganismos empleados como biofertilizante tienen un papel sustancial al practicar una agricultura conservacionista; para ello, el desarrollo y uso de biofertilizantes es una alternativa importante para sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizantes químicos. En los últimos años se han buscado alternativas viables para mitigar el problema de baja fertilidad de los suelos y reducir la aplicación indiscriminada de agroquímicos.

En este contexto las bacterias del género *Azotobacter* se presentan como una alternativa útil debido a que es un fijador de nitrógeno de vida libre, promueve el crecimiento de raíces lo que conlleva a un aumento en la concentración de materia seca (Kizilkaya, 2008). *Azotobacter* favorece el crecimiento de las plantas a través de diferentes mecanismos, que incluyen la secreción de fitohormonas, fijación biológica del nitrógeno, la solubilización del fósforo, entre otros. A demás contribuyen a la planta con efectos indirectos asociados con la reducción del daño causado por patógenos, funcionando como agentes de control biológico porque pueden actuar directamente sobre el patógeno o inducir resistencia sistémica en la planta (Méndez *et al.*, 2014).

Azotobacter es el microorganismo que ha sido utilizado en la agricultura de una forma más amplia frente a otros microorganismos benéficos. Las primeras aplicaciones de las bacterias de este género datan de 1902; su mayor uso se dio durante las décadas del 40, 50 y 60, particularmente en los países de Europa del Este (Ardila, 2006). Moreno *et al.* (2006) mencionan que productos elaborados con base en

Tendencias e Innovación en Agronomía

una cepas de microorganismo benéfico, promueve el crecimiento vegetal o favorece el aprovechamiento de los nutrientes en asociación con la planta (Acuña, 2006).

Rodríguez *et al.* (2017) evaluaron la influencia de cuatro bioestimulantes orgánicos sobre la eficiencia de la fertilización química convencional en arroz, los resultados determinaron que la aplicación de un programa de alto nivel de fertilización (140-60-90-30 kg/ha; N-P-K-S)+Azospirillum 3 l/ha, aumentó el rendimiento de grano con incrementos del 23,44% con relación al testigo. De la misma manera aplicaciones de Bacillus y Azotobacter más niveles medios (120-40-60-20) y bajos (100-30-40-10) de aplicación de N-P-K-S, no inciden número de granos por panícula.

Cargua *et al.* (2018), en su investigación para evaluar la influencia agronómica de rizobacterias (*Azospirillum*, *Azotobacter* y *Acetobacter*) de suelo en conjunto con programas de fertilización química en la producción de arroz bajo, encontraron que la aplicación de fertilizante complementada con MBFN estimula los procesos fisiológicos del cultivo de arroz y resulta en una mayor producción del cultivo. El empleo de *Azotobacter* 1x10⁹ UFC mL⁻¹ + *Azospirillum* 2x10⁹ UFC mL⁻¹ en conjunto con programas de fertilización química balanceada resulta en más macollos y panículas formadas (17 y 17 % más en relación al testigo sin fertilización) y mayor producción (7,4 Mg ha⁻¹ vs 4,6 Mg ha⁻¹ del testigo químico y 3,9 Mg ha⁻¹ en el testigo sin fertilización). Además, se observó mayor biomasa radicular por la colonización de las raíces aplicando la misma relación con un 27 % más que le testigo sin fertilización.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en los predios de la finca “Don Eduardo” propiedad del señor Eduardo Arana, ubicada en el Recinto “La Margarita” del Cantón Baba, Provincia de Los Ríos. La zona presenta un clima tropical húmedo; con una altura de 17 msnm., ubicada entre las coordenadas UTM 658604 E y 9808892 N, teniendo una precipitación promedio de 1914,4 mm, con temperatura de 25,1 °C promedio anual (INAHMI, 2018). Para la realización del ensayo se utilizó como material de siembra la variedad de arroz F-09.

Los tratamientos utilizados fueron: Azototic (*Azotobacter chroococcum*), Microazot (*Azotobacter chroococcum*, *A. nigricans*, *A. armenicus*) y Oikobac (*Azotobacter polymyxa*, *A. beijerinckii*, *A. vinelandii*, *A. chroococcum*, *A. nigricans*, *A. armenicus*); distribuidos de las siguiente manera:

Tabla 1
Tratamientos de la investigación según el tipo, dosis y época

Tratamiento	Dosis tratamiento l/ha	Época de aplicación (*)
T1	2,0	5-20
T2	1,5	5-20
T3	1,0	5-20
T4	2,0	5-20
T5	1,5	5-20
T6	1,0	5-20
T7	2,0	5-20
T8	1,5	5-20
T9	1,0	5-20
T10	NA	NA
T11	NA	NA

Tratamientos fertilización química: 120 kg/ha N, 40 kg/ha P, 80 kg/ha K, 30 kg/ha S.

Tendencias e Innovación en Agronomía

(**) d.d.s: Días después de la siembra. NA: No se aplicará productos

El diseño utilizado para el desarrollo del ensayo fue bloques completos al azar en arreglo factorial 3 x 3 + 2 testigo, con 11 tratamientos y tres repeticiones. Para la evaluación y comparación de medias de los tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5 % de significancia.

Para la preparación del suelo se hicieron dos pases de *rome plow* y uno de *rastra liviana* en sentido cruzado, con el fin de lograr una adecuada cama de siembra.

La siembra se hizo en chorro continuo, empleando 90 kg/ha de semilla certificada seca, a una distancia de 30 cm entre surcos. El control de malezas fue hecho en preemergencia temprana se aplicó los herbicidas Butachlor 5,0 l/ha y Pendimetalin 3,0 l/ha. Las malezas emergidas posteriormente se controlaron con Bispiribac sodio 100 cc/ha y pirazulfuron 300 g/ha a los 27 días después de la siembra. A los 50 días después de la siembra se empleó Fenoxoprap 0,5 l/ha. Las aplicaciones fueron realizadas con un aspersor de mochila, calibrado a presión de 40 a 60 lb con boquilla para cobertura de 2 m. Además, fue necesario realizar dos desyerbas manuales con rabones, a los 70 y 91 días después de la siembra.

La fertilización fue calibrada en 120 kg/ha N, 40 kg/ha P, 80 kg/ha K, 30 kg/ha S. Para el efecto las aplicaciones fueron hechas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra las dosis indicadas. El Potasio (50%) y Fósforo (100%) se colocaron a la siembra, el Nitrógeno se puso en dosis fraccionadas en partes iguales en las fechas indicadas. Las aplicaciones de azufre y potasio (50 %) fueron ejecutadas a los 15 y 30 días en partes iguales. El testigo absoluto se manejó con los nutrientes disponibles en el suelo. Los productos a base de Azotobacter se aplicaron en las épocas indicadas en el cuadro de tratamientos, para esto se empleó una bomba de aspersión manual limpia, con una boquilla de abanico de dos metros de cobertura. Las fuentes utilizadas fueron: DAP (18 % N-46 % P₂O₅), Sulfato de Amonio (21 % N-24 % S), Urea (46 % N) y Muriato de Potasio (60 % K).

El ensayo fue realizado durante la época lluviosa, por lo que no fue necesario aplicación de riegos. El control de plagas se hizo aplicando Clorpirifos (0,7 l/ha) a los 25 días después de la siembra, para controlar la incidencia de langosta (*Spodoptera frugiperda*). A los 47 días después de la siembra se aplicó Lufeneron (0,5 l/ha) para el control de novia de arroz (*Rupella albinella*). El control de enfermedades fue hecho con Taspá en dosis de 0,5 l/ha a los 52 días después de la siembra y Amistar Top en dosis de 0,5 l/ha a los 84 días después de la siembra. La cosecha se cumplió en cada unidad experimental manualmente, cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica (color cobre).

Durante y al final del trabajo se evaluó las siguientes variables: altura de la planta, número de macollos/m², número de panículas/m², número de granos, longitud de espigas, rendimiento y análisis de suelo.

Resultados y Discusión

Altura de planta

En la tabla 1, los promedios de altura de planta, tuvieron alta significancia estadística en fuentes de Azotobacter e interacciones, no reportó significancia para dosis. El coeficiente de variación fue 1,51 %. La aplicación de Azototic presentó plantas más altas, estadísticamente superior a las otras fuentes. La dosis de 2,0 l/ha fue mayor a las otras planteadas, incluidos los testigos. Las interacciones Azototic 2 l/ha, Azototic 1,5 l/ha y Azototic 1,0 l/ha, fueron estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al resto de tratamientos, siendo el testigo absoluto el que tuvo menor altura.

Tabla 2

Altura de planta en la evaluación de cepas de *Azotobacter* en arroz, bajo condición de secano

Fuente <i>Azotobacter</i>	Dosis l/ha	Altura (cm)
Azototic		83,78 a
Microazot		77,44 b
Oikobac		79,11 b
	2,0	80,56 ^{ns}
	1,5	80,44
	1,0	79,33
	Testigo Químico	77,67
	Testigo absoluto	76,67
Azototic	2,0	84,33 a
Azototic	1,5	84,67 a
Azototic	1,0	82,33 a
Microazot	2,0	77,00 cd
Microazot	1,5	77,67 cd
Microazot	1,0	77,67 cd
Oikobac	2,0	80,33 bc
Oikobac	1,5	79,00 bcd
Oikobac	1,0	78,00 cd
Testigo Químico	0,0	77,67 cd
Testigo Absoluto	0,0	76,67 d
F. cal. Factor A		66,9 **
F. cal. Factor B		2,84 Ns
F. cal. Factor Interacción		17,7 **
C.V. (%)		1,51

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $\leq 0,05$

ns = no significativo; **: Altamente Significante

Número de macollos por metro cuadrado

La tabla 3, muestran los datos del número de macollos, en el cual se determinó alta significancia estadística para las fuentes de *Azotobacter*, dosis e interacciones, con un coeficiente de variación 2,18 %. El uso de Azototic presenta mayor número de macollos, estadísticamente superior a las otras fuentes. Las dosis de 2,0 l/ha y 1,5 l/ha, fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de tratamientos, teniendo el Testigo absoluto el menor número. Las interacciones Azototic 2,0 l/ha y Azototic 1,5 l/ha fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos.

Número de panículas por metro cuadrado

Los promedios de número de panículas se describen en la tabla 2, se reportó alta significancia estadística para todos los factores, con un coeficiente de variación fue 2,19 %. El uso de Azototic presenta mayor número de panículas, estadísticamente superior a las otras fuentes. Las dosis de 2,0 L/ha, 1,5 L/ha, 1,0 L/ha y Testigo Químico fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al Testigo absoluto. Las interacciones Azototic 2,0 L/ha y Azototic 1,5 L/ha fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos.

Tabla 3

Número de macollos y número de panículas en la evaluación de cepas de Azotobacter en arroz, bajo condición de secano

Fuente Azotobacter	Dosis l/ha	Macollos	Panículas
Azototic		527,56 a	437,89 a
Microazot		507,00 b	420,89 b
Oikobac		503,33 b	417,78 b
	2,0	516,67 a	428,89 a
	1,5	518,00 a	430,00 a
	1,0	503,22 b	417,67 ab
	Testigo Químico	501,67 b	416,33 ab
	Testigo absoluto	496,00 c	411,67 b
Azototic	2,0	544,00 a	451,67 a
Azototic	1,5	530,33 ab	440,33 ab
Azototic	1,0	508,33 bc	421,67 bc
Microazot	2,0	505,33 bc	419,33 bc
Microazot	1,5	515,00 bc	427,67 bc
Microazot	1,0	500,67 cb	415,67 bc
Oikobac	2,0	500,67 bc	415,67 bc
Oikobac	1,5	508,67 bc	422,00 bc
Oikobac	1,0	500,67 bc	415,67 bc
Testigo Químico	0,0	501,67 bc	416,33 bc
Testigo Absoluto	0,0	496,00 c	411,67 c
F. cal. Factor A		12,44 **	
F. cal. Factor B		4,88 **	
F. cal. Factor Interacción		5,23 **	
C.V. (%)		2,18	

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $\leq 0,05$

** : Altamente Significante

Número de granos por panícula

La tabla 4, presenta los promedios del número de granos, teniendo alta significancia estadística los factores estudiados, siendo el coeficiente de variación 1,23 %. La aplicación de Azototic mostró mayor número de granos, estadísticamente superior a los demás tratamientos. Las dosis de 2,0 l/ha fue estadísticamente igual a 1,5 l/ha, pero superior a los demás tratamientos. Las interacciones Azototic 2,0 l/ha y Azototic 1,5 l/ha fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos.

Longitud de panículas

En la tabla 4, se detallan los valores de longitud de panículas, existiendo alta significancia estadística para las dosis e interacciones, no reportando para las interacciones, con un coeficiente de variación de 2,76 %. El uso de Oikobac dio panículas más largas. Las dosis de 2,0 l/ha y 1,5 l/ha, fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de tratamientos. Azototic 2,0 l/ha presentó mayor longitud, siendo estadísticamente igual a las demás interacciones tratadas con Azotobacter, pero superior a los testigos y Microazot 1,0 l/ha.

Tabla 4

Número de granos por panícula y longitud de panículas, en la evaluación de cepas de Azotobacter en arroz, bajo condición de secano

Fuente Azotobacter	Dosis l/ha	Número granos	Longitud (cm)
Azototic		148,33 a	26,82 ns
Microazot		144,96 b	26,02
Oikobac		141,51 c	26,91
	2,0	147,60 a	27,29 a
	1,5	145,38 a	26,44 ab
	1,0	141,82 b	26,02 b
	Testigo Químico	140,13 b	25,53 b
	Testigo absoluto	139,33 b	25,20 b
Azototic	2,0	151,53 a	27,87 a
Azototic	1,5	150,00 ab	26,60 ab
Azototic	1,0	143,47 cde	26,00 ab
Microazot	2,0	147,60 bc	26,67 ab
Microazot	1,5	145,47 bcd	25,87 ab
Microazot	1,0	141,80 de	25,53 b
Oikobac	2,0	143,67 cde	27,33 ab
Oikobac	1,5	140,67 de	26,87 ab
Oikobac	1,0	140,20 e	26,53 ab
Testigo Químico	0,0	140,13 e	25,53 b
Testigo Absoluto	0,0	139,33 e	25,20 b
F. cal. Factor A		33,57 **	4,08 Ns
F. cal. Factor B		24,50 **	7,06 **
F. cal. Factor Interacción		16,86 **	3,81 **
C.V. (%)		1,23	2,76

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $\leq 0,05$

** : Altamente Significante

Rendimiento por hectárea

Las plantas tratadas con Azototic lograron mayor rendimiento, estadísticamente superiores a los demás tratamientos. Las dosis de 2,0 l/ha y 1,5 l/ha fueron estadísticamente iguales, pero superiores a los demás tratamientos. La interacción Azototic 2,0 l/ha fue estadísticamente igual a Azototic 1,5 l/ha, pero superior a los demás tratamientos. El coeficiente de variación fue 5,51 % (Figura 1).

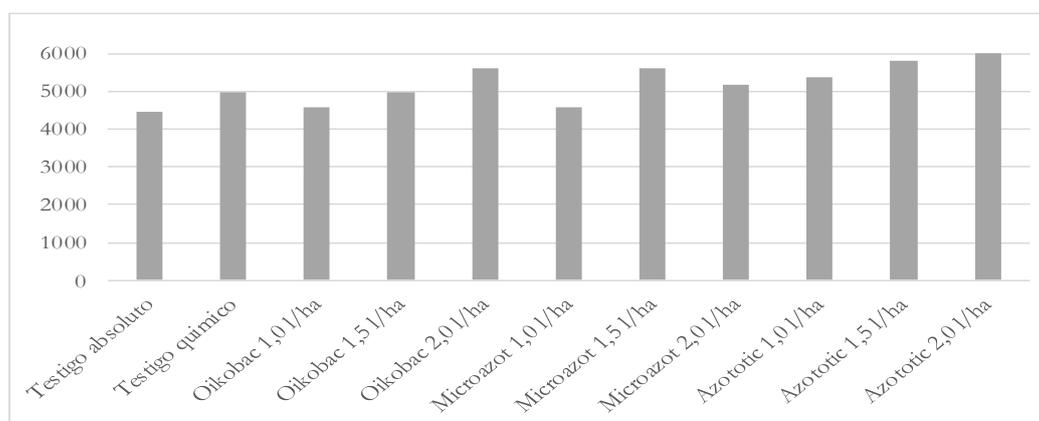


Figura 1

Rendimiento kg/ha en la evaluación de cepas de Azotobacter en arroz, bajo condición de secano.

Análisis Microbiológico

Las interacciones entre la fuente de Azotobacter y dosis aplicadas, mostraron incrementos en la población de la bacteria entre la muestra inicial y final, logrando el mayor incremento el tratamiento Azototic 1,5 l/ha con una diferencia positiva de 1310000 esporas/g. Los Testigos Químico y Absoluto mostraron disminución de las poblaciones de la bacteria en el suelo al final del trabajo (Figura 2).

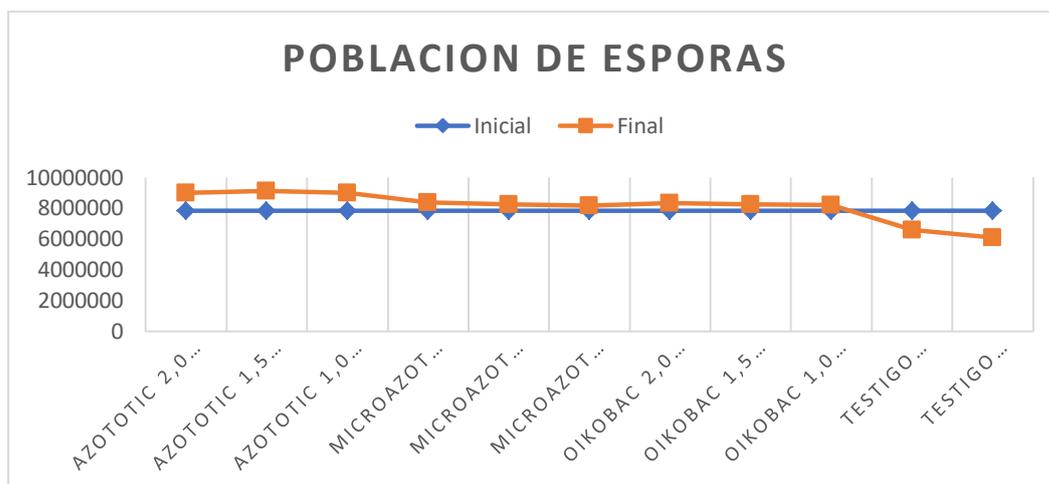


Figura 2

Densidad de esporas en la evaluación de cepas de Azotobacter en arroz, bajo condición de seco.

Discusión

Los resultados demuestran que la aplicación de Azotobacter en suelos arroceros, genero efectos positivos sobre la morfología y producción del cultivo de arroz. Las variables agronómicas relacionadas con la morfología como altura de planta y número de macollos fueron influenciada por la acción de las fuentes de Azotobacter y por las dosis planteadas para el ensayo. Las variables relacionadas con la producción del cultivo como número de panículas, granos por panícula y longitud de panícula, alcanzaron niveles altamente significativos con la aplicación de Azotobacter. Las variables peso de grano y rendimiento por hectárea, fueron influenciadas significativamente, por los tratamientos; difiriendo de los testigos químico y absoluto. El mayor rendimiento de grano se logró con las plantas tratadas con Azototic 2,0 l/ha (6014,33 kg/ha), superior a los demás tratamientos. La aplicación de Azotobacter en diversas dosis mostrón incrementos en la población de la bacteria. Los Testigos Químico y Absoluto mostraron disminución de las poblaciones. El tratamiento Azototic 2,0 l/ha mostro el mayor ingreso de efectivo y mayor utilidad.

Referencias

- Acuña, O. (2016). *La fijación biológica de nitrógeno: El caso de la caña de azúcar*. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica, pp. 662-665.
- Ardila, N. (2006). *Fijación de nitrógeno atmosférico*. Disponible en http://www.agricultura.sensitiva.com/n_atmosferico.htm julio 2009 (octubre de 2018).

Tendencias e Innovación en Agronomía

- Cargua, W., Colina, E., Castro, C., Santana, D. (2018). Influencia agronómica de rizobacterias de suelo, en programas de fertilización química en el cultivo de arroz, en la zona de Babahoyo. Memorias del Primer Simposio en Suelos y Nutrición de Cultivos 2018. *Archivos Académicos USFQ*, 11, 1–41. ISSN 2528-7753
- FAOSTAT. 2013. *Estadística en la Producción de arroz* (en línea). Consultado el 7 octubre del 2018. Disponible en www.fao.org/docrep.
- Grageda-Cabrera, O. A., A. Díaz-Franco, J. J. Peña-Cabrales, J. A. Vera-Núñez. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(6): 1261-1274, 2012.
- Instituto Nacional de Hidrología-INAHMI. (2018). Estadística meteorología 2018. *Estación UTB-INAHMI. Anuario de datos*. 34p.
- Instituto Internacional de nutrición de plantas - IPNI. (2011). *Manual de fertilización para el cultivo del arroz en Latinoamérica*. IPNI, México, 3 ed. p 15-98.
- INEC. (2013). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria. *Anuario*. Quito, Ecuador. 38 p.
- Kisilkaya, R. (2008). Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering* 2008; 33: 150-156.
- MAGAP. (2014). *Zonificación agroecológica económica del cultivo de arroz (Oryza sativa) en el Ecuador. Resumen Ejecutivo*. Quito, Ecuador. 14p.
- Méndez, E., Castro, P., García, M. (2014). Proteobacteria forming nitrogen fixing symbiosis with higher plants. In: *Proteobacteria: Phylogeny, Metabolic Diversity and Ecological Effects*. pp. 37-56. New York, USA: Nova Science Publishers Inc. (first edition).
- Moreno-Medina, I. C., García-Olivares, J. G., V. R. Rodríguez-Luna, A. Mendoza Herrera., N. Mayek-Pérez Hernández, F. (2006). Efecto de cepas de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y rendimiento de grano de maíz. *Agrotecnología Tropical. Rev. Fitotec. Mex* 30(3): 305-310.
- Rodríguez, J., Colina, E., Castro, C., García, G., Uvidia, M., Santana, D. (2017). Eficiencia agronómica del arroz INIAP-17 con niveles de fertilización química y biológica en el Litoral Ecuatoriano. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*. E-ISSN: 2528-8083. 2, (6). Abril-Junio pp. 10-15.
- Sampaio, V. S., D. Messias, R. Fiusa, W. Lustrino, V. L. Divan, J. I. Baldani (2012). Genetic diversity and plant growth promoting traits of diazotrophic bacteria isolated from two *Pennisetum purpureum* Schum., genotypes grown in the field. *Plant Soil* 356:51-66, Moldenhauer, K.A.
- Sistema Integrado de Estadística Agropecuaria-SIPA. (s.f.). Estadística de cultivos nacional. *Anuario Técnico*. Quito, Ecuador. 56 p.



CAPÍTULO 2

**SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE LA
BROCA DEL CAFÉ (HYPHOTENEMUS
HAMPEI, FERRARI)**

**Francisco A. Simón Ricardo
Leonel Aldana Naranjo**

Sistema de alerta temprana de la broca del café (*Hyphotenemus hampei*, Ferrari)

Francisco A. Simón Ricardo

Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACAP)
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas (UTE-LVT)
Francisco.simon@utelvt.edu.ec

Leonel Aldana Naranjo

Universidad de Oriente, Cuba
Leonel.aldana@nauta.cu

Resumen

La principal plaga que ataca al cultivo del café a nivel mundial es la broca, *Hyphotenemus hampei* Ferrari, la cual provoca pérdidas estimadas hasta un 80% de la cosecha. A tal efecto correctivo, la presente investigación tuvo como objetivo la introducción y evaluación de un sistema de alerta y predicción temprana de la broca como prácticas de manejo integrado de esta plaga MIP. La instauración del sistema de alerta está basada en la fenología del cultivo, con auxilio de trampas de captura de broca con feromona natural aislada del cuerpo y debris de la broca macho como atrayente. Se evaluó decenalmente durante dos años, la dinámica poblacional de la plaga sobre la base de las capturas registradas en las trampas artesanales confeccionadas al efecto correlacionadas con el índice de daños establecido en la plantación (porcentaje de granos brocados), lo que permitió una vez demostrada la respuesta de la trampa con coeficiente de correlación de 0.897 a un nivel de significación del 5%, establecer estrategias para el control de la plaga con el uso de medios biológicos.

Palabras clave: Broca, trampas, fenología, feromonas, medios biológicos

Abstract

The main pest that attacks the cultivation of coffee worldwide is the drill, *Hyphotenemus hampei* Ferrari, which causes estimated losses of up to 80% of the harvest. For this corrective effect, this research aimed at the introduction and evaluation of an early warning system and prediction of the drill as integrated management practices of this IPM pest. The establishment of the alert system is based on the phenology of the crop, with the help of trap catches with natural pheromone isolated from the body and debris of the male drill as an attractant. The population dynamics of the pest were evaluated ten-yearly based on the catches recorded in artisanal traps made for this purpose correlated with the damage index established in the plantation (percentage of brocaded grains), which allowed once the trap response with correlation coefficient of 0.897 at a significance level of 5%, establish strategies for pest control with the use of biological means.

Key words: Drill, traps, phenology, pheromones, biological media

El café constituye mundialmente un cultivo de importancia económica, que es afectado con severidad por la Broca del café *Hypothenemus hampei*, Ferrari (Coleóptera: Scolytidae), considerada la principal plaga de este cultivo en el mundo, alcanzándose en estos momentos, según datos recientes de la FAO (2017), registrado en su Anuario Estadístico Fitosanitario, una distribución del 100% de las áreas cafetaleras, con índices de daños que superan el 30% en determinadas regiones y condiciones edafoclimáticas de los agroecosistemas cafetaleros sin una respuesta tecnológica satisfactoria, ni económica factible, debido a que no se ha establecido una adecuada estrategia de manejo agroecológico que tenga en cuenta el umbral de daños económicos de la plaga, para decidir, si fuera necesario, el momento oportuno, el medio y método de control biológico a elegir dentro de la gama existente de efectividad probada contra la broca en los diversos estadios de la plaga (Aldana, 2014).

El efecto nocivo de los tratamientos químicos sobre la entomofauna benéfica (Simón, 2017^a), llámese insectos polinizadores, melíferos y entomófagos, determinó suspender estas prácticas e incursionar en el control biológico con algunos medios que han demostrado cierta eficacia como el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* y el entomonematodo *Heterorhabditis bacteriophora*, pero la incapacidad de producir las cantidades suficientes y mantener la cría de estos nematodos, al igual de la estancada producción de la avispa de Costa de Marfil *Cephalonomia stephanoderis* han impedido poner en práctica una adecuada estrategia de lucha biológica contra esta plaga (Simón, 2017^b).

El problema que hoy persiste a nivel mundial en la caficultura está precisamente relacionado con los daños que provoca la broca del café que impiden el desarrollo pleno de la caficultura por las pérdidas ocasionadas en la actualidad oscilantes entre el 13 y 33% de la cosecha anual y costos adicionales de producción por este concepto superior al 30%, haciendo poco atractivo y rentable el cultivo de café a nivel mundial carente de estrategias viables y seguras para minimizar estas pérdidas (Simón *et al.*, 2017^{abc}).

Por otra parte, el control biológico implementado hasta el momento, considerada la opción viable y segura contra esta plaga, no ha dado una respuesta tecnológica económicamente factible, por carencia de una estrategia adecuada de manejo agroecológico sustentada en la aplicación consecuyente de medios y métodos biológicos diversificados aplicados en el momento oportuno acorde con las diferentes etapas de la fase fenológica de fructificación del café y los estadios predominantes de la broca, teniendo como referente su umbral de daños económico y un sistema de alerta temprana de predicción sobre evolución y desarrollo de la plaga.

Sobre este problema universal enunciado, la hipótesis trazada para contribuir con la solución a este problema o al menos atenuarlo, sólo si se establece una estrategia agroecológica integradora viable y segura implementada a nivel de finca bajo principios de sostenibilidad, con énfasis en el empleo de medios biológicos diversificados de efectividad probada para su control, permitirá reducir los daños de la broca del café a niveles tolerables acorde a su umbral de daños económicos estimado del 5% de granos brocados, concibiendo para ello, un sistema de alerta temprana y predicción de la plaga en la toma de decisiones certeras y oportunas para su manejo integrado Aldana 2014; Aldana y Simón 2018).

Todo lo expuesto, es suficiente para justificar el objetivo de esta investigación, centrado en transitar a una nueva concepción de la fitosanidad mediante la implementación de sistemas de alerta temprana para señalar la presencia de las plagas y la toma de decisiones certeras para su control; con esta finalidad se desarrollan métodos de captura para las diferentes plagas con empleo de feromonas sexuales como atrayentes y el uso combinado de otros métodos para el posterior control de la plaga, en particular de medios biológicos amigables con el ambiente. Este es el propósito encaminado en estas

Tendencias e Innovación en Agronomía

investigaciones con resultados prometedores en el campo del manejo integrado de plagas y la aplicación de medios biológicos en una agricultura sostenible.

Metodología

Descripción y ubicación del área experimental

La investigación como parte de un proyecto internacional de cooperación institucional entre las universidades técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas” y la de Oriente de Santiago de Cuba, se desarrolla simultáneamente un áreas experimentales de ambas naciones según se describen a continuación:

Tabla 1
Módulos experimentales del proyecto de investigación interinstitucional

Descripción del área experimental	ECUATORIANO	CUBANO
Empresa, Granja, Finca	Estación Experimental de Mútilo de la FACAP-UTE-	Cafetalera Guamá Granja La Zarza, Finca El Pozo
Características del cultivo	Café <i>C. arábica</i> Variedad Caturra de 3 años marco plantación 0.7X1m	Café <i>C. arábica</i> Variedad Typica de 13 años Marco plantación 2X1m
Sombrío cafetal	Plena exposición	60% de luz con sombra de Algarrobo <i>Pithecellobium saman</i> (Jacq.) Benth
Cobertura del suelo	Arvenses nativas	Cucaracha <i>Tradescandia zebrina</i> (Bosse)

El implementar el sistema de alerta de aparición temprana de la broca del café, se desarrolló sobre base fenológica con auxilio de trampas de captura del adulto empleando una feromona sexual de origen natural.

Las trampas estuvieron conformadas de la siguiente manera: trampas rústicas artesanales de frascos plásticos con capacidad de 250ml provistas de un difusor conteniendo una porción (1:3) de alcohol etílico y solución acuosa de café cereza fermentado al cabo de 8 días a la cual se le adicionó la feromona natural obtenida del macerado de debris de 10 brocas macho/litro de suspensión y 5 gramos de cristales de sábila como adherente y fijador, siguiendo el procedimiento descrito por Simón *et al.*, (2017^e).

Con este fin se colectaron granos de café brocado los cuales se partieron y extrajo las brocas macho con todo el contenido de residuos de partes de estos insectos incluso heces fecales (debris), macerándose adecuadamente con empleo de un solvente orgánico como éter etílico, éter de petróleo, acetona, incluso etanol de no disponerse de otro solvente. A esa suspensión conformada finalmente por alcohol etílico:fermento de café (3:1) adicionado el macerado de broca macho, se añadió cristales de sábila que actúa como adherente del atrayente en el soporte utilizado como: algodón embebido, tuzas de maíz, corcho de botella (no plástico), o algún tipo de resina menos de pino.

Se partió de un área experimental cultivada de Café (*Coffea arabica*) de 1há bajo sombra (60% de luz difusa no directa) con buena uniformidad y densidad de plantación sin granos quedados en las plantas ni en el suelo, lo que implicó una labor previa de saneamiento en ambos casos.

Tendencias e Innovación en Agronomía

A partir de la primera floración del café, se inició el monitoreo decenal del área y la puesta de 12 trampas de captura de adultos/ha colocadas al azar a 1m del suelo para detectar a tiempo vestigios o presencia de la plaga procedentes de reservorios de áreas cercanas.

Con la presencia de granos de café “granos hechos”, se iniciaron los muestreos decenales colectando los granos brocados por planta y el recuento de brocas colectadas en cada trampa. Los resultados de estos muestreos se registraron de la forma siguiente:

Tabla 2
Proporción de granos brocados y recuento de brocas colectadas

Fecha	% brocados/planta	Granos	Brocas colectadas/trampa
13/02/19		8	31
23/02/19		18	76

Fuente: Autores

Se efectuó un análisis biométrico de correlación-regresión para establecer a un 5% de índice de daños (café brocado) el valor promedio de capturas por trampa como indicador de señal de alerta temprana.

Resultados

Existe hoy día innumerables modelos de trampas de captura de broca adulta, predominando aquellas cuyo atrayente es por lo regular algún tipo de alcohol, bien etílico o metílico, sin aún determinar cuál es el atrayente alcohólico más efectivo en la captura de adultos. En este sentido hasta el presente, el uso de estas trampas ha estado centrado en el monitoreo y control de la broca del café. Si bien muchas de las variantes de trampas con atrayentes alcohólicos propician una buena captura de broca adulta, estimada de hasta 300 individuos capturados como promedio por semana.

El nuevo enfoque en la utilización de las trampas de captura de insectos, está relacionado con su uso como complemento auxiliar del sistema de alerta temprana respecto a la broca del café, que permita monitorear las poblaciones de broca sin tener que recorrer grandes distancias ni muchas áreas plantadas de café para determinar de forma cuantitativa con buena aproximación de las poblaciones de insectos presentes en el agroecosistema cafetalero como reservorio potencial de nuevas invasiones y daños al cultivo, implicando como consecuencia pérdidas de rendimiento del café cereza y detrimentos económicos de la producción cafetalera.

Resultados precedentes de investigaciones recientes al respecto, evaluando diferentes tipos y diseños de trampas con innumerables variantes de modelos artesanales, de sustancias químicas atrayentes, adherentes, fijadoras y extractos naturales de plantas e insectos a similitud con el desarrollo de la industria química de cosméticos y perfumería (Simón, 2018).

De todos los prototipos, el único que ha mostrado interés práctico es el empleado en esta investigación por su alta correlación entre las capturas de insectos adultos de la broca y el grado de daños manifiesto en campo con el porcentaje de granos brocados.

La Tabla 3 y su visualización gráfica en la Figura 1, resumen un largo período de muestreos en campo y capturas en trampa, procesados biométricamente en datos agrupados por la gran cantidad de información registrada; con ella se pudo calcular los coeficientes de correlación y determinación a un 5% de significación obteniendo un valor de coeficiente de correlación con alta significación, permitiendo posteriormente a través de las ecuaciones de regresión respectivas establecer por modelación matemática según criterios de expertos en esta materia (Bartlett y Hiorns. 2006; Brownlee, 2008; Raymond, 2010), su interpretación biológica a través de un modelo de

Tendencias e Innovación en Agronomía

pronóstico de ocurrencia de la dinámica poblacional de la broca del café, y a partir este proceder a la señalización de la plaga tomando como referente su umbral de daño económico establecido del 5% de granos brocados.

Una vez demostrada la alta correlación entre las capturas en trampas de broca con los índices de daños provocado por el brocado de los granos, se está en condiciones de establecer un sistema de alerta para el registro, señalización y pronóstico de esta plaga acorto, mediano y largo plazo.

Tabla 3

Conteo para análisis de correlación de datos agrupados del experimento de tramas de captura de brocas con feromona natural a un nivel de significación del 5%. ($C_r = 0.897$).

		Variable Y									
		Índice de granos brocados en campo (valor medio del intervalo de clase)									
V a r i a b l e Y	10.5	10.1-11									
	9.5	9.1-10									
	8.5	8.1-9									
	7.5	7.1-8									
	6.5	6.1-7									
	5.5	5.1-6									
	4.5	4.1-5									
	3.5	3.1-4									
	2.5	2.1-3									
	1.5	1.1-2									
	0.5	0-1									
	marca De clase	15	45	75	105	120	155	185	315	345	375
Intervalo de clase (mediana)	0- 30	31- 60	61- 90	91- 110	111- 140	141- 170	171- 300	301- 330	331- 360	361- 390	

Variable X

X = Cantidad de insectos adultos de broca capturados en rampa/decena (valor medio del intervalo de clase)

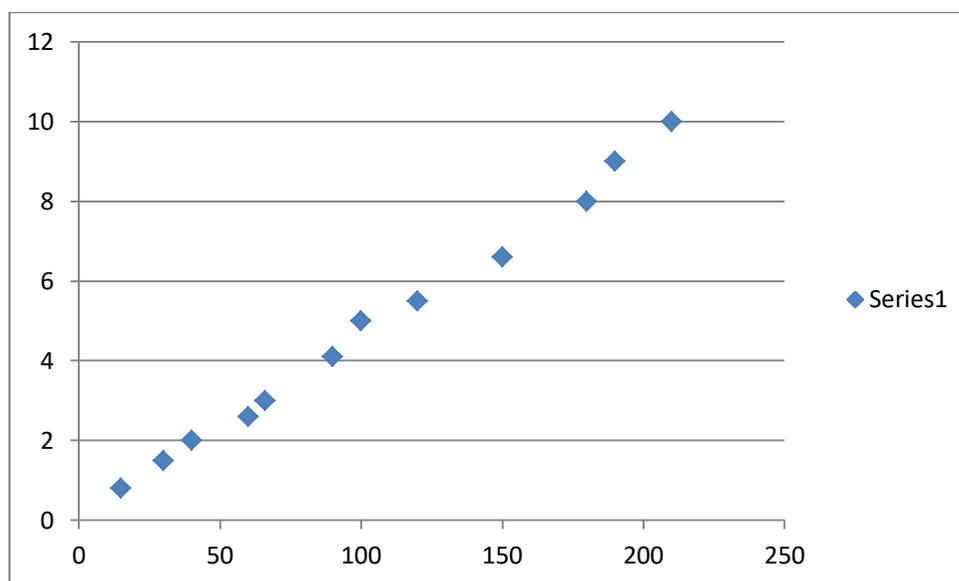


Figura 1

Análisis de correlación X (brocas capturadas en trampa) vs. Y (índice de daños en campo % de granos brocados)
Gráfico de dispersión de Cr calculado = 0.897 al 5% de significación

Los resultados expuestos, sientan las bases científico prácticas para aplicar por vez primera un sistema de alerta temprana contra esta plaga que entre otras razones, permitirá establecer una estrategia de control biológico de la broca en base a las diferentes etapas fenológicas de fructificación por las que transita el cultivo de café y el uso diversificado de los medios biológicos que han demostrado efectividad probada en el control de esta plaga y que funcionan en dependencia del momento que transcurre la etapa susceptible a ser parasitada la plaga en sus diferentes estadios (Aldana 2014; Aldana y Simón, 2018).

Sobre la base de estos resultados concluyentes, se propone como parte de esta investigación una estrategia prospectiva de manejo y control biológico de la broca del café sobre bases científicamente demostrada en términos económicos y ecológicos acorde a indicadores, en este sentido, considerados en su libro por Robert Constanza en 2013; que toma en cuenta los elementos estudiados del ciclo biológico de esta plaga y la duración de cada uno de los estadios por los que transita (D'Grand, 1998). Hay que expresar que este nuevo enfoque y derrotero que deberá tomar la Sanidad Vegetal como gran reto del sXXI, de modo que controlar las plagas deje de ser una labor a semejanza con los “bomberos de apaga fuego”, para convertirse en una actividad totalmente científica basada en un sistema de alerta, la señalización de las plagas en términos de umbrales de daños económicos y la predicción fitosanitaria (Simón, 2019).

Este es un primer paso como punto de partida para comenzar a transitar en la Fitosanidad 4.0 con la integración de saberes, métodos, técnicas y procedimientos ancestrales vigentes y los nuevos de efectividad probada.

Tendencias e Innovación en Agronomía

La Figura 2, muestra lo que en principio se espera de cómo deberá ser el control de la broca del café atendido a su dinámica poblacional, los diversos factores agronómicos y ecológicos y la disponibilidad en el mercado para acceder a los medios biológicos efectivos contra esta plaga.

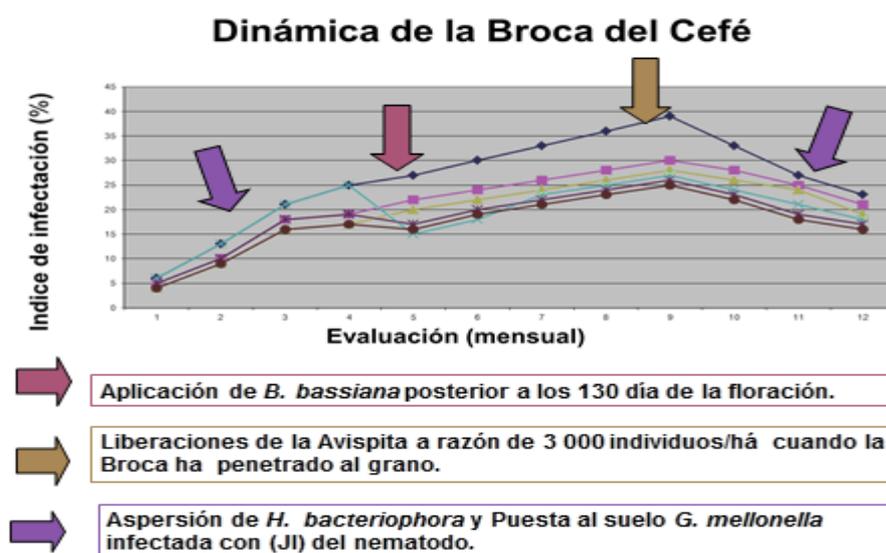


Figura 2

Control biológico perspectivo de la broca del café (*Hyphotenemus hampei*) acorde a las fases fenológicas de fructificación y el momento crítico de aparición, desarrollo y evolución de los diferentes estadios de la plaga

La Fitosanidad del nuevo milenio, se deberá caracterizar por contemplar en primera instancia un sistema de alerta, considerada una herramienta fundamental para la toma de decisiones fitosanitarias a corto, mediano y largo plazo, por su capacidad de predecir sobre la aparición, desarrollo y diseminación de epifitias causadas por organismos fitopatógeno a asemeja a la de los huracanes. En ambos casos, el hombre ha mostrado un gran interés por determinar los elementos y las condiciones que inician ambos fenómenos, las condiciones que influyen sobre la tasa de incremento y la dirección de su trayectoria, así como las condiciones que las llevan a su desaparición. Para ambos fenómenos, se utilizan en gran medida observaciones, mediciones, fórmulas matemáticas y computadoras para estudiar su desarrollo y predecir su tamaño, trayectoria y momento de ataque en cualquier localidad dada.

En años recientes, en un esfuerzo por mejorar la capacidad para comprender y predecir el desarrollo de una epifitia, los fitopatólogos han intentado, más o menos con éxito, desarrollar modelos matemáticos de epifitias potenciales de algunas plagas comunes e importantes. La elaboración de un modelo toma en cuenta todos los componentes y muchos de los subcomponentes de una plaga específica de la cual se tiene información para tratarla de forma cuantitativa, es decir, utilizando fórmulas matemáticas. Los modelos construidos, en general son simples aproximaciones de las epifitias.

Conclusiones

Con esta investigación se logró arribar a un resultado trascendente para la caficultura mundial, en primera instancia corroborar su umbral de daño económico del 5% de granos brocados a partir del cual el cultivo comienza a dejar pérdidas significativas

En segunda instancia y no menos importante, establecer un sistema fitosanitario de alerta temprana ante la presencia y daños ocasionados por la broca del café, que permitirá conocer exactamente el momento en que los

Tendencias e Innovación en Agronomía

daños de esta plaga sobrepasan su umbral económico y las diferentes variantes estratégicas para su control biológico, en base a la fase fenológica del café y el estadio predominante de la plaga en cada instante, tomando en consideración que los requerimientos económicos para su implantación son escasos por cuanto se trata de tecnologías artesanales sostenibles con insumos endógenos.

Recomendación

Es recomendable a los caficultores en general de cualquier sitio hemisférico, al menos iniciar el uso de trampas de capturas de broca con este nuevo enfoque de predecir su aparición temprana y establecer los momentos críticos de la plaga en cada fase fenológica del café y estadio predominante de la plaga.

Referencias

- Aldana L. (2014). *Nuevas Estrategias de Manejo Integrado de la broca del café (Hypothenemus hampei Ferrari), en Cuba*. Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Oriente, Cuba 89 p.
- Aldana, L y Simón, F.A. (2018). Evaluación de sistemas de trampas de captura de insectos adultos de broca con feromonas naturales como atrayentes. *CENICAFE*, 88, (4) 142-188.
- Bartlett, M., and R. Hiorns. (2006). The mathematical theory of dynamics of biological populations. *Springers Verlag*, (103), 379 p. Brownlee, J., Ed. (2008). "EUREKA" *Modelling mathematical system of random migration and epidemic distribution* [cd-rom]: Proceeding of the Royal Society of Edimburgh, EU: MICROSOFT.
- D'Grand, C. (1998). Entomology Compendium Coffee Borer (Coleoptera: Scolytidae). *Economic Entomology*, 53, (5) p. 33-52.
- FAO. (2017). Seguridad y soberanía alimentarias - *Food and Agriculture*. Recuperado de: www.fao.org/3/a-ax736s.
- Raymond, M.(2010). Presentation d'un pprogramme Basic d'analyse log-probit pour micro-ordinateur. *ORSTOM, Ser. Entomol. Med. Parasitol.* 53: 117-121.
- Robert Costanza (Ed.). (2013). *Ecological economics: the science and management of sustainability*, Columbia University Press, New York, ISBN 0-231-07562-6
- Simón, F.A.; Aldana, L.; Bolaño, M.; Reynel, V.J.; Pérez, L.; y L. Vázquez. (2017a). *FITOSANO: Sistema tecnológico de protección fitosanitario. Casos de estudio Broca y Roya del café en áreas del Caribe, centro y Suramérica*. Convención Internacional Agroforestal de Cuba, Memorias ISBN: 978-9597- 2152-9-5.
- Simón, F.A.; Bolaño, M.; Reynel, V.J.; García, S. y B. Guerrero. (2017 b). *Extensión de experiencias cubanas en el manejo sostenible de plagas y enfermedades del café y el cacao en Esmeraldas, Ecuador*. Convención internacional Agroforestal CUBA, 2017 Memorias ISBN: 978-9597- 2152-9-5.
- Simón, F.A.; Aldana L. y L. Vázquez. (2017 c). *Contribución al Manejo Agroecológico de la Broca del café en Cuba*. Convención internacional Agroforestal CUBA, 2017 Memorias ISBN: 978-9597- 2152-9-5.
- Simón, F.A. (2017^a). Problemática fitosanitaria cardinal de los cultivos de café y cacao. Capítulo de Libro: *Bases Fisiológicas, Agronómicas y Tecnológicas del Café y Cacao* ISBN: 978-9942-8657-6-2.

Tendencias e Innovación en Agronomía

Simón, F.A. (2017b). Prospección del Manejo Agroecológico de Plagas del café y cacao. Capítulo de Libro: *Bases Fisiológicas, Agronómicas y Tecnológicas del Café y Cacao* ISBN: 978-9942-8657-6-2.

Simón, F.A. (2019). *FITOSANIDAD 4.0: Retos del sXXI*. X Conferencia internacional Latinoamericana de Agronomía, CIDECUADOR-Universidad Técnica de Quevedo, Ecuador. www.cidecuador.org 19 p.



CAPÍTULO 3

MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO (MNSE) EN LA FERTILIZACIÓN DE LA NARANJILLA (SOLANUM QUITOENSE LAM) A PLENA EXPOSICIÓN SOLAR, EN EL RECINTO 23 DE JUNIO, CANTÓN SAN MIGUEL DE LOS BANCOS, PICHINCHA

**Julio César Caicedo Aldaz
Sixto Santiago Ibáñez Jácome
Alberto Efraín Prado Chinga**

Manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE) en la fertilización de la naranjilla (*Solanum quitoense lam*) a plena exposición solar, en el recinto 23 de junio, cantón San Miguel de los Bancos, Pichincha

M.Sc. Julio Caicedo Aldaz

Universidad Técnica Luis Vargas Torres Sede Santo Domingo
juliocesarcaicedo@hotmail.com

M.Sc. Sixto Santiago Ibáñez Jácome

Universidad Técnica Luis Vargas Torres Sede Santo
chisanty1@hotmail.com

MBA. Alberto Prado Chinga

Universidad Técnica Luis Vargas Torres Sede Santo
pradef@hotmail.com

Resumen

El trabajo de investigación determinó como objetivos, el rendimiento y el efecto del nutriente en el cultivo de la naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) a plena exposición solar utilizando la fertilización por sitio específico, y estableció el mérito económico de los tratamientos, como se conoce es común encontrar deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio, en este cultivo y estos elementos reducen significativamente la producción del lulo, por tal motivo para comprobación de los objetivos se utilizó el diseño experimental Completamente al Azar (DCA) con nueve tratamientos y tres repeticiones, y el análisis de las variables indicadas en este ensayo fueron analizadas como grupos experimentales mediante el uso de **Infostaf 2.0**, para determinar las correlaciones, el coeficiente de variación, diferencia significativa y estadísticas de los tratamientos, en tal virtud de acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación pudimos concluir, que el rendimiento más alto de frutos de la naranjilla a plena exposición solar utilizando la fertilización por sitio específico en San Miguel de los Bancos, se presentó en el **T 5 (150-150-200-0-30-60)**, las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **5 669,19 kg** de fruto por hectárea.

Palabras Clave: Solanum, quitoense, hirtum, fertilizantes, naranjilla

Abstract

The research work determined as objectives, the performance and the effect of the nutrient in the cultivation of the naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) at full solar exposure using the fertilization by specific site, and established the economic merit of the treatments, as it is known common find deficiencies of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, sulfur and magnesium, in this crop and these elements significantly reduce the production of the lulo, for this reason to verify the objectives was used experimental design Randomly (DCA) with nine treatments and three repetitions, and the analysis of the variables indicated in this trial were analyzed as experimental groups through the use of Infostaf 2.0, to determine the correlations, the coefficient of variation, significant difference and treatment statistics, in virtue of agreement to the results obtained in the present investigation we were able to conclude go, that the highest yield of fruits of the naranjilla at full sun exposure using the fertilization by specific site in San Miguel de los Bancos, was presented in the **T 5 (150-150-200-0-30-60)**, the doses were applied 50% to the sowing and 50% to the 6 months, having 5 669.19 kg of fruit per hectare.

Key Words: Solanum, quitoense, hirtum, fertilizantes, naranjilla

Introducción

Un interesante y gran atractivo miembro de la familia de las solanáceas (tomates, patatas etc.), *Solanaceae*, la naranjilla, *Solanum quitoense* Lam. (Sin. *S. angulatum* Lam.), adquirió el nombre en español, ya que es redonda y anaranjada cuando está completamente madura. En el Ecuador se llama *naranjilla de Quito*, o *nuqui*; en el Perú, *naranjita de Quito*. Los Incas la llamaban *lulum*. En México, es *lulum*, en Colombia, *lulo*, *naranjilla* o *toronja*. La variedad *septentrionale* Schultes y Cuatr. Se denomina *lulo de castilla*, *lulo de perro*, o *lulo morado*.

Actualmente, este frutal se cultiva de manera comercial en Ecuador y Colombia, entre tanto que en Perú, Ecuador, Panamá, Costa Rica y Honduras, se lo hace a pequeña escala.

La naranjilla se cultiva en la región amazónica del Ecuador, en las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago; en menor escala se cultiva en Sucumbíos, Zamora Chinchipe y Orellana. También se encuentran huertos de este frutal en el cantón de Baños de la provincia de Tungurahua, en la zona nor-occidental de las provincias de Pichincha, Imbabura, Carchi y Santo Domingo de los Tsáchilas, en condiciones ambientales y suelos adversos. (Revelo, 2010)

Importancia del Problema

En el pasado, los mercados de las ciudades de Ecuador se abastecían de fruta de naranjilla provenientes de plantas que crecían espontáneamente en el bosque subtropical, pero el crecimiento de la demanda incentivo el cultivo en lotes bajo sombra y a completa exposición solar, que en la mayoría de los casos se utilizaba para la preparación de jugos al natural.

El rendimiento de la fruta en el primer año es alto, haciendo que el cultivo de naranjilla sea muy rentable. El bosque virgen almacena abundantes nutrientes en sus horizontes superficiales que son los que soportan este alto rendimientos, sin embargo, una buena cantidad de esos nutrientes se consume en el primer cultivo y no se reponen al suelo para los siguientes ciclos de cultivos, sumado a esto los problemas fitosanitarios de un monocultivo, en consecuencia, los rendimientos se van reduciendo paulatinamente y el cultivo deja de ser rentable.

En cualquier cultivo la demanda total de nutrientes está determinada por el rendimiento obtenible en las condiciones climáticas particulares donde está sembrado, cuando el cultivo no tiene otros factores limitantes que afectan el rendimiento. La determinación de la magnitud del rendimiento obtenible en el sitio es el primer paso para diseñar recomendaciones de fertilizaciones rentables y amigables con el ambiente, particularmente en un cultivo sin mucha información previa como la naranjilla.

Muchos agricultores han tratado de mantener el cultivo por varios ciclos en el mismo sitio, pero la notable pérdida de productividad hace cada vez menos rentable la producción. Las principales causas de esta pérdida de producción son las plagas y enfermedades y particularmente el manejo inadecuado de la nutrición del cultivo

Si bien la nutrición de la naranjilla es uno de los factores más importantes para sostener la producción, las recomendaciones de fertilización son inconsistentes para los diferentes tipos de suelos y pH presentes en esta zona, especialmente en lo relacionado a las dosis de aplicación. Así mismo el análisis de suelo no entrega toda la información para diseñar adecuadamente estas recomendaciones estas recomendaciones de fertilización, para esto es necesario implantar una nueva metodología de diagnóstico que permita determinar las necesidades específicas de nutrientes en lotes de producción de naranjilla.

Tendencias e Innovación en Agronomía

Esta nueva metodología que se denomina manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE) (Witt, 2006), que permita satisfacer la demanda de nutrientes de este cultivo en condiciones de campo con recomendaciones de fertilización eficientes. Esto se debe al hecho de que no existe un estudio básico de la nutrición que permita conocer la magnitud de la demanda de nutrientes de la naranjilla en condiciones de campo y que permita generar recomendaciones de fertilización para el sitio particular donde se encuentra el cultivo.

Metodología

Manejo del experimento

a. Siembra de esquejes

Se realizó la siembra directa con los esquejes de naranjilla híbrida seleccionada de acuerdo a características de producción y calidad de fruto, las mismas que fueron sembradas el mismo día de ser colectada.

b. Aplicación de los tratamientos.

Se aplicó los tratamientos de esta investigación de acuerdo al cronograma establecido en la estructura de los tratamientos de acuerdo al cuadro # 1.

c. Evaluación de los tratamientos.

Se evaluaron los tratamientos de esta investigación de acuerdo a las variables objeto de esta investigación.

d. Control de malezas

Se realizó una aplicación de Ranger (Glifosato) antes de sembrar los esquejes, posteriormente a los 3 meses se controló las malezas manualmente, tres veces al año, posterior a este control se aplicó un herbicida quemante (Paraquat), formando una corona de 1,5 a 2 m de diámetro, para facilitar la recolección de la fruta.

e. Control fitosanitario.

Se realizó de acuerdo a la incidencia de plagas y enfermedades que se presentaren en el periodo de investigación en el cultivo.

f. Cosecha

La cosecha de los frutos se la realizó a partir del noveno mes, cada quince días o cuando amerite de acuerdo a la actividad fisiológica de la planta en el tiempo de la investigación.

Variables evaluadas en el experimento

Altura de planta.

Grosor de tallo.

Vigor de planta.

Tendencias e Innovación en Agronomía

Floración.

Rendimiento.

El porcentaje de flores que fructifican (porcentaje de cuajamiento).

Número Total de Frutos por Planta (TM).

Número de Frutos Sanos (MS).

Número de Frutos Enfermos (ME).

Peso Total de frutos (W.F/Kg).

Incidencia y severidad de Lancha Temprana.

Resultados

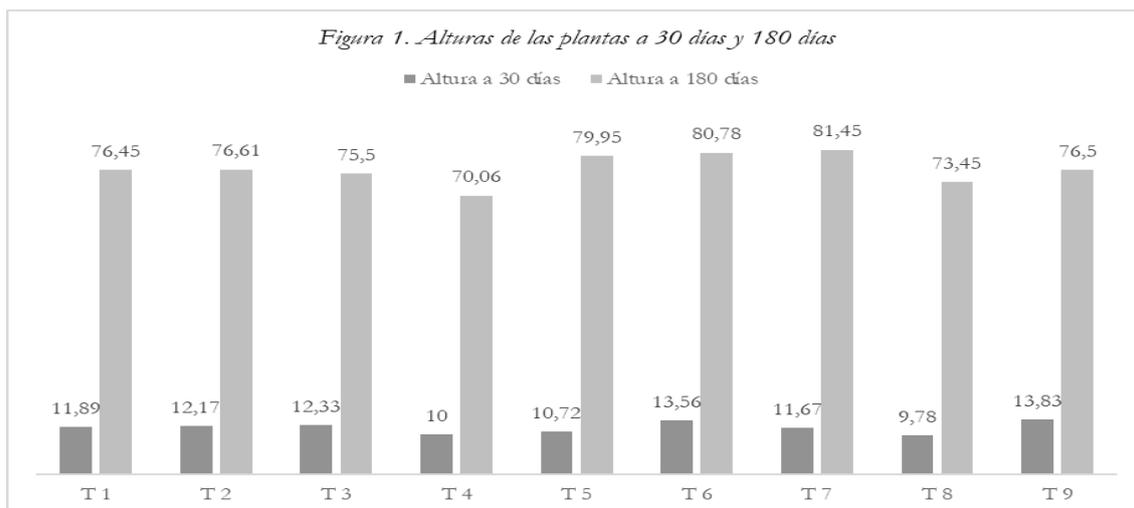
Altura de plantas

La altura de plantas a los 180 días de estar creciendo en los diferentes tratamientos, ya presentan floración, en el análisis de varianza no presentan diferencias significativas en los tratamientos, mientras que en las repeticiones no hay diferencia estadísticas, pero el efecto de la aplicación de los fertilizantes en las parcelas de omisión evaluados en el ensayo incidieron positivamente en el crecimiento de las plantas, ya que los esquejes sembrados emitieron sus raíces y se adaptaron a las condiciones climáticas y edáficas del sitio, lo que permitió un mayor desarrollo radical por lo tanto un mayor rango de adsorción de la solución del suelo, además las plantas están funcionalmente realizando la fotosíntesis.

Tabla 1
Altura de las plantas a 30 y 180 días

Tratamientos	Altura a 30 días	Altura a 180 días
T 1	11,89	76,45
T 2	12,17	76,61
T 3	12,33	75,5
T 4	10	70,06
T 5	10,72	79,95
T 6	13,56	80,78
T 7	11,67	81,45
T 8	9,78	73,45
T 9	13,83	76,5

Tendencias e Innovación en Agronomía



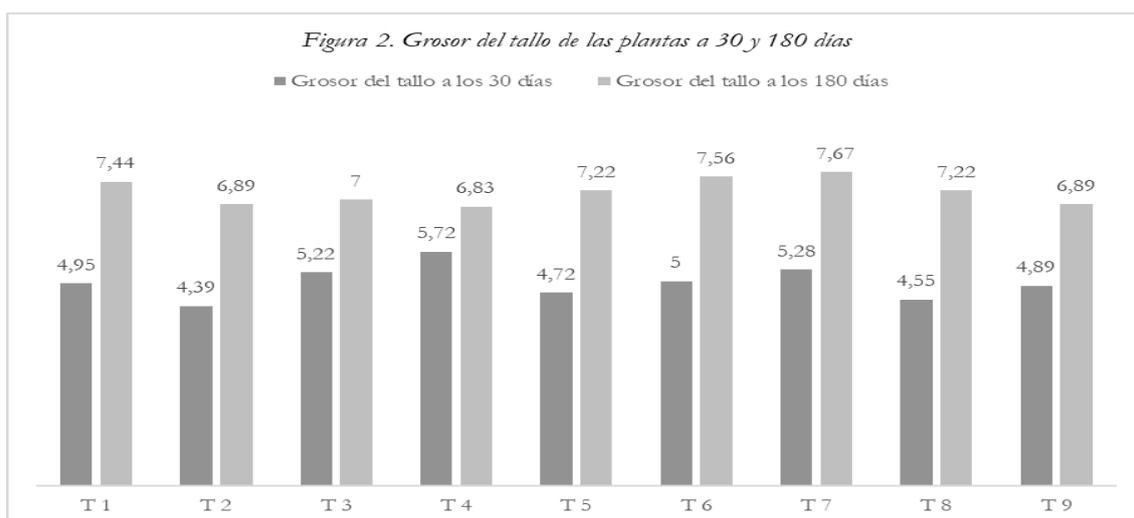
Grosor del tallo de las plantas

La evaluación del Grosor del tallo de las plantas a los 180 días, determino que no existe diferencias significativas en los tratamientos y repeticiones en que las plantas presentan un grosor de tallo adecuado para esta edad de las plantas y en respuesta a la asimilación de los nutrientes en las parcelas del ensayo y las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de la naranjilla.

Tabla 2
Grosor del tallo a los 30 y 180 días

Tratamientos	Grosor del tallo a los 30 días	Grosor del tallo a los 180 días
T 1	4,95	7,44
T 2	4,39	6,89
T 3	5,22	7
T 4	5,72	6,83
T 5	4,72	7,22
T 6	5	7,56
T 7	5,28	7,67
T 8	4,55	7,22
T 9	4,89	6,89

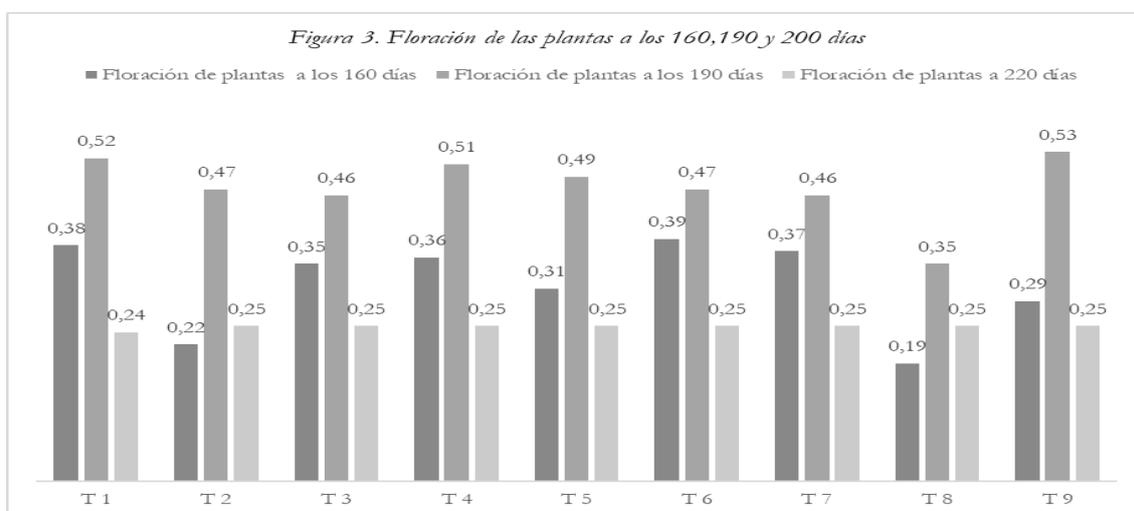
Tendencias e Innovación en Agronomía



Floración de las plantas

Tabla 3
Floración de plantas a los 160, 190 y 220 días

Tratamientos	Floración de plantas a los 160 días	Floración de plantas a los 190 días	Floración de plantas a los 220 días
T 1	0,38	0,52	0,24
T 2	0,22	0,47	0,25
T 3	0,35	0,46	0,25
T 4	0,36	0,51	0,25
T 5	0,31	0,49	0,25
T 6	0,39	0,47	0,25
T 7	0,37	0,46	0,25
T 8	0,19	0,35	0,25
T 9	0,29	0,53	0,25



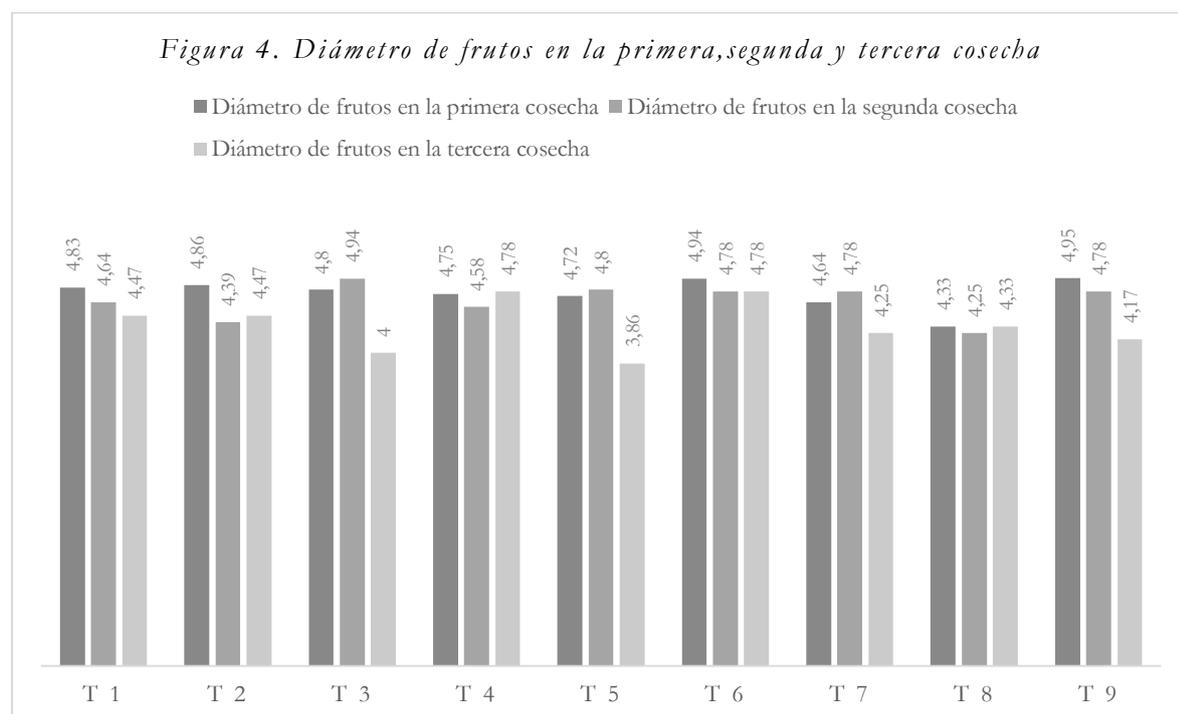
Diámetro del fruto (cm) en las cosechas

Tendencias e Innovación en Agronomía

La evaluación del diámetro del fruto de plantas determino que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en que se utiliza los diferentes niveles de fertilización, factor que está determinado por factores genéticos inherentes a la variedad de naranjilla sembrada en el ensayo y el manejo nutritivo que recibió el cultivo.

Tabla 4
Diámetro de frutos en primera, segunda y tercera cosecha

Tratamientos	Diámetro de frutos en la primera cosecha	Diámetro de frutos en la segunda cosecha	Diámetro de frutos en la tercera cosecha
T 1	4,83	4,64	4,47
T 2	4,86	4,39	4,47
T 3	4,8	4,94	4
T 4	4,75	4,58	4,78
T 5	4,72	4,8	3,86
T 6	4,94	4,78	4,78
T 7	4,64	4,78	4,25
T 8	4,33	4,25	4,33
T 9	4,95	4,78	4,17



Frutos totales de las plantas en las cosechas

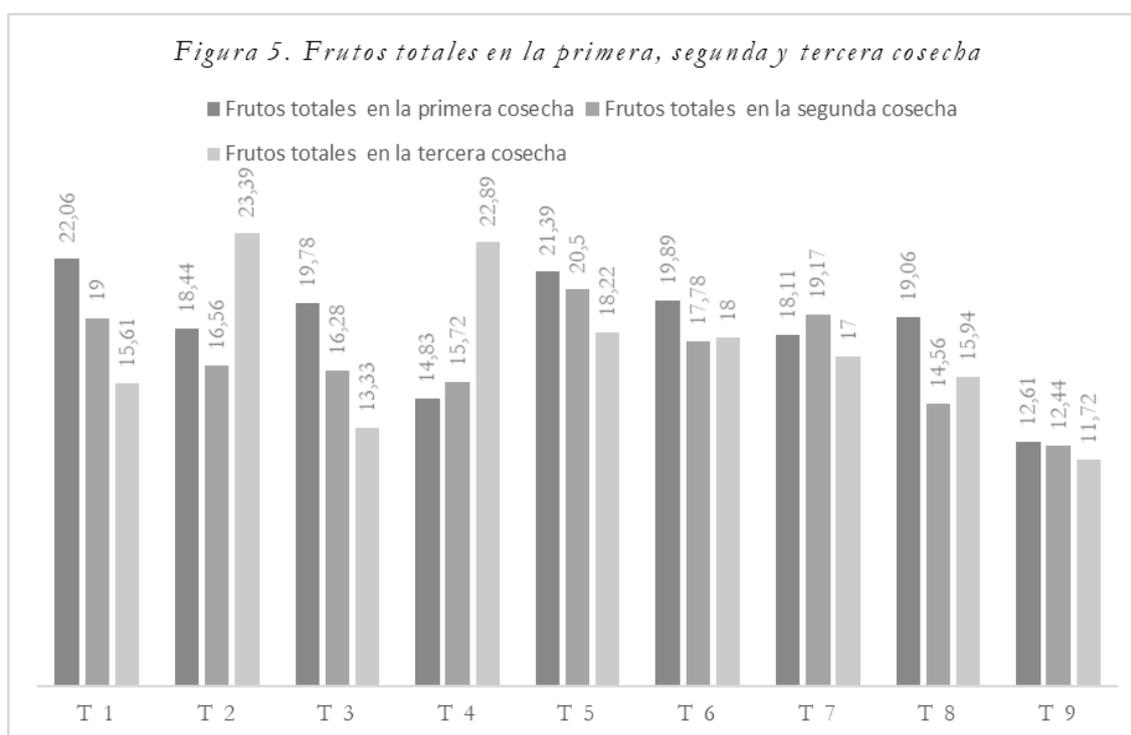
La evaluación Frutos totales de las plantas de la parcela útil, determino que no existe diferencia significativa ni estadística, entre los tratamientos y repeticiones en que se utiliza los elementos nutritivos de los fertilizante, es decir en las parcelas de omisión evaluadas en el ensayo incidieron poco

Tendencias e Innovación en Agronomía

en la producción de los frutos, detalle que está determinado por las características genéticas de la variedad y el cuajamiento partenocárpico inducido por la utilización de fitohormona sintética 2-4 D amina (ácido indol butílico) en dosis de 1 ml de 2-4 D amina en 10 litros de agua, que luego es aplicada mediante un rociado en los cojinetes florales por dos ocasiones por floración, hasta lograr el cuajamiento, formación y desarrollo del fruto, factor muy importante en el manejo del cultivo de la naranjilla híbrida., es decir son frutos partenocárpicos por inducción de la fitohormona en el ovario de las flores, cuyas semillas no son fértiles.

Tabla 5
Frutos totales en la primera segunda y tercera cosecha

Tratamientos	Frutos totales en la primera cosecha	Frutos totales en la segunda cosecha	Frutos totales en la tercera cosecha
T 1	22,06	19	15,61
T 2	18,44	16,56	23,39
T 3	19,78	16,28	13,33
T 4	14,83	15,72	22,89
T 5	21,39	20,5	18,22
T 6	19,89	17,78	18
T 7	18,11	19,17	17
T 8	19,06	14,56	15,94
T 9	12,61	12,44	11,72

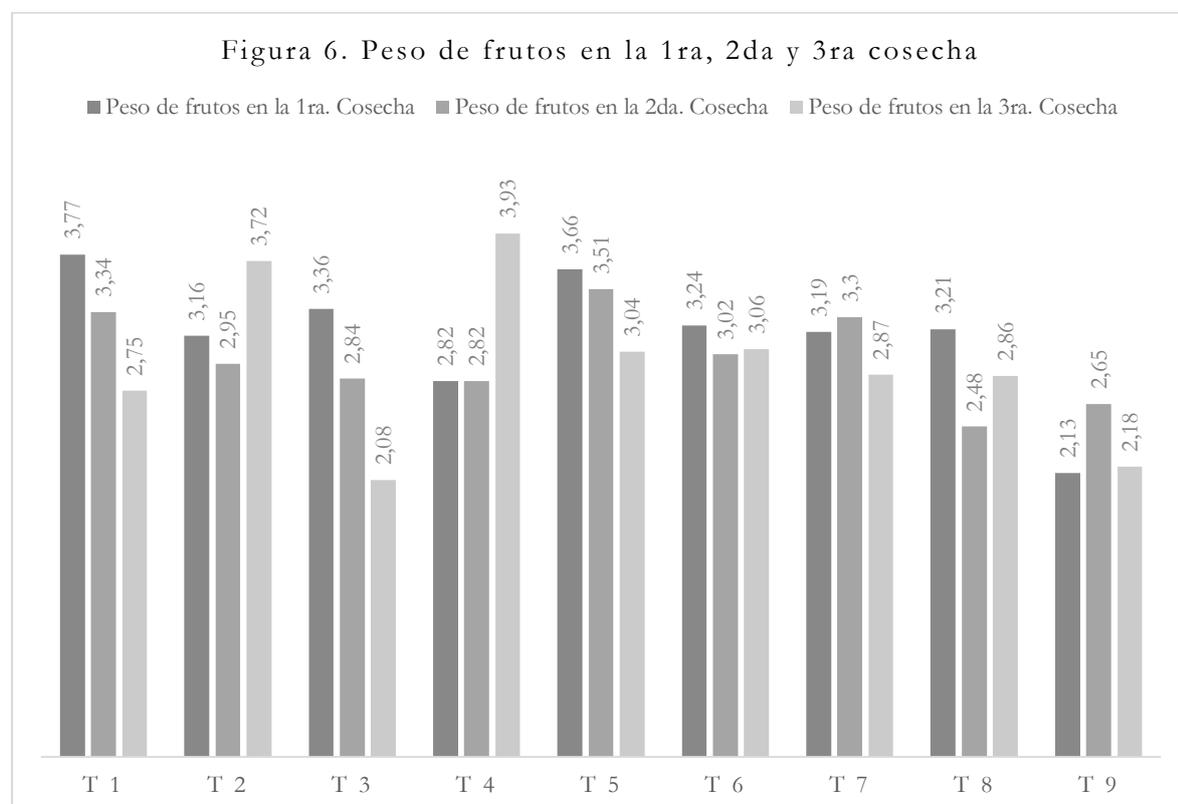


Peso de frutos (Kg) en las cosechas

La evaluación Peso total de los frutos de la parcela útil en kg determino que no existe diferencia significativa ni estadística, entre los tratamientos y repeticiones detalle que está determinado por el cuajamiento partenocárpico inducido por la utilización de fitohormona sintética 2-4 D amina (ácido indol butílico) y desarrollo del fruto, factor muy importante en el manejo del cultivo que es complementado con la fertilización de acuerdo al requerimiento nutricional del cultivo para el desarrollo fisiológico de los frutos hasta llegar a su maduración.

Tabla 6
Peso de frutos en la primera, segunda y tercera cosecha

Tratamientos	Peso de frutos en la 1ra. Cosecha	Peso de frutos en la 2da. Cosecha	Peso de frutos en la 3ra. Cosecha
T 1	3,77	3,51	2,75
T 2	3,16	2,82	3,72
T 3	3,36	3,3	2,08
T 4	2,82	2,65	3,93
T 5	3,66	3,34	3,04
T 6	3,24	3,02	3,06
T 7	3,19	2,84	2,87
T 8	3,21	2,95	2,86
T 9	2,13	2,48	2,18



Tendencias e Innovación en Agronomía

Los tratamientos en el ensayo se comportaron agrónomicamente y productivamente de la siguiente manera:

- **T5** (150-150-200-0-30-60), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **5 669,19 kg** de fruto por hectárea.
- **T1** (0-150-200-100-30-60), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **5 480,93 kg** de fruto por hectárea.
- **T2** (150-0-200-100-30-60), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **5 459,33 kg** de fruto por hectárea.
- **T4** (150-150-200-0-30-60), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **5 317,37 kg** de fruto por hectárea.
- **T7** (150-150-200-100-30-60 sin cal), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **5 203,18 kg** de fruto por hectárea.
- **T6** (150-150-200-100-30-0), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **5 178,49 kg** de fruto por hectárea.
- **T8** (150-150-200-100-30-60 + cal), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **4 749,53 kg** de fruto por hectárea.
- **T3** (150-150-0-100-30-60), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **4 601,39 kg** de fruto por hectárea.
- **T9** (Urea y 10-30-10), la urea 80 kg, se aplicó a los 2 meses y el 10-30-10, 80 kg a los 3 y 5 meses, teniendo **3 873,07 kg** de fruto por hectárea.

Análisis económico de los tratamientos

El análisis económico (Anexo 3) de los tratamientos en el ensayo determina:

- En el rendimiento ajustado (menos 10% de producción total) de naranjilla por hectárea en la zona de San Miguel de los Bancos se tiene que el tratamiento **T5** (5 102,27 kg), **T1** (4 932,84 kg), seguido de los tratamientos **T2** (4 913,40 kg), **T4** (4 785,63 kg), **T7** (4 682,86 kg), **T6** (4 660,64 kg), **T8** (4 274,58 kg), **T3** (4 141,25 kg), y por último el tratamiento **T9** (3 485,76 kg).
- El Tratamiento **T5** (5 102,27 kg) es el de mayor producción con un Beneficio Bruto de \$ 3 826,70 y en el último lugar el testigo **T9** (3 485,76 kg) con un Beneficio Bruto de \$ 2 614,32. Si la producción se vendiera a 0,75 dólares el kilogramo de fruta a nivel de campo en la zona productora.
- En el Beneficio Neto el **T5** fue el tratamiento que ocupó el primer lugar con un ingreso de 3 062,70; siendo el de menor ingreso el tratamiento **T9** con \$ 1 850,32.
- Si la producción se vendiera a 0,95 dólares el kilogramo de fruta a nivel de mercado el **T5** tendría un beneficio bruto de 5 385,73 dólares y beneficio neto de 4 621,73 dólares.

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sobre la evaluación de la respuesta agronómica del cultivo de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) a la aplicación de parcelas de omisión mediante el MNSE en el pie de monte andino.

Tendencias e Innovación en Agronomía

Los resultados obtenidos por (Chamba 2011), coinciden con (Witt, 2006) quien manifiesta que en cualquier cultivo la demanda total de nutrientes está determinada por el rendimiento obtenible en las condiciones climáticas particulares donde este sembrado, cuando el cultivo no tiene otros factores limitantes que afecten el rendimiento. La determinación de la magnitud del rendimiento obtenible en el sitio es el primer paso para diseñar recomendaciones de fertilización rentables y amigables con el ambiente, particularmente en un cultivo sin mucha información como la naranjilla.

Chamba A. (2012) coincide con Valverde F (2009). Quien indica que, para el cultivo de naranjilla en el Ecuador, no existe información que indique cual sería el rendimiento obtenible de fruta en huertos establecidos sobre pasturas cuando se han eliminado todos los factores limitantes, particularmente sanidad y nutrición.

Gallozzi C (2007) coincide con Chamba A. (2012) que indica que el Híbrido sembrado en el ensayo es producto del cruzamiento de la cocona (*Solanum sessiliflorum*) por naranjilla (*Solanum quitoense*) este es normalmente estéril y se parece más a la cocona, pero ha permitido que los rendimientos en algunos países como Ecuador, hayan vuelto a hacer rentable el cultivo subiendo 5 TM por hectárea al año, con este híbrido se ha subido a 18 TM. Esta esterilidad heredada determina que la producción a obtenerse debe ser estimulada mediante la aplicación de 2-4 D amina, usado como regulador de crecimiento de los frutos, caso contrario la producción es baja.

Los promedios de producción obtenidos con la variedad de naranjilla híbrida, sembrada con esquejes seleccionados de plantas de sembríos anteriores; en el ensayo en el recinto 23 de Junio en San Miguel de los Bancos en los tratamientos T5 (5 669,19 kg), T1 (5 480,93 kg), seguido de los tratamientos T2 (5 459,33 kg), T4 (5 317,37 kg), T7 (5 203,18 kg), T6 (5 178,49 kg), T8 (4 749,53 kg), T3 (4601,39 kg), y por último el tratamiento T9 (3 873,07 kg)., no coinciden con lo obtenidos , por Valverde F, Espinoza J, Bastidas F. (2009) en el recinto de Saloya en el cantón San Miguel de los Bancos que tuvieron resultados de 10 000 a 23 000 kg de fruta en suelos Hapludands material derivado de cenizas volcánicas, utilizando la variedad de naranjilla agria (Palora), injertas sobre patrón hirtun 119 (*Solanum hirtum*) resistente al ataque del nematodo (*Meloidogine incognita* y fusarium (*Fusarium oxisporum*).

Ramírez B. y Duque N.N. (2009) en el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* x *S. hirtum*) se evaluaron tres fuentes orgánicas tipo bocashi, provenientes de los procesos de fermentación de pulpa de café, lombricomposteo y gallinaza y un tratamiento con fertilizante químico (10-30-10) más un testigo absoluto sin aplicación de fertilizantes, En términos generales, el tratamiento de mejor desempeño fue el bocashi de gallinaza, con un promedio de cuajamiento de fruto de 38.3% y un mayor rendimiento (4.7 t/ha), rendimiento inferior al obtenido con el M.N.S.E, en esta zona (Chamba 2012).

El MNSE permitió determinar el rendimiento alcanzable con las reservas de nutrientes del suelo.

Conclusiones

Al determinar el efecto del manejo de nutrientes por sitio específico en la naranjilla en la fertilización del suelo en el cultivo de la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), se verificó que no existe diferencias significativas en los tratamientos y repeticiones pero las plantas presentan una altura, un vigor, grosor, producción adecuado en respuesta a la asimilación de los nutrientes en las parcelas de omisión y las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de la naranjilla.

La utilización de las parcelas de omisión permite diseñar las recomendaciones de fertilización, para lograr los rendimientos más altos en esta zona agroecológica, en donde se utilizan suelos que se han

Tendencias e Innovación en Agronomía

usado como pastizales y que luego de ser afectado por coquitos o cortadera (*Cyperus ferax*) que es hospedera del nematodo *Meloidogyne incognita*, son preparados para el cultivo de la naranjilla como un cultivo alternativo para el control cultural de esta maleza y que genere recursos para el agricultor.

El rendimiento más alto de frutos de la naranjilla a plena exposición solar utilizando la fertilización por sitio específico en San Miguel de los Bancos, se presentó en el **T5** (150-150-200-0-30-60), las dosis se aplicaron el 50% a la siembra y 50% a los 6 meses, teniendo **5 669,19 kg** de fruto por hectárea. Este representa el rendimiento obtenible cuando no se presenta limitación en la disponibilidad de nutrientes.

El **T1** (0-150-200-100-30-60), en que no se aplicó N se obtuvo **5 480,93 kg** de fruto por hectáreas. El análisis del suelo determina que este suelo tenía 32,3 ppm, es decir un rango medio y MO 5,93 rango alto que permitió asegurar el nitrógeno suficiente para obtener dicha producción.

En el **T2** (150-0-200-100-30-60), pese a que no se aplicó P y el análisis del suelo determina que este suelo tenía 1,95 ppm, es decir un rango bajo se produjo **5 459,33 kg** de frutos por hectárea.

T4 (150-150-200-0-30-60), pese a que no se aplicó Ca y el análisis del suelo determina que este suelo tenía 0,18 meq/100 ml, es decir un rango bajo, en que se produjo **5 317,37 kg** de fruto por hectárea.

T7 (150-150-200-100-30-60 sin cal), cuando se aplicó el tratamiento completo sin aplicación de cal, se obtuvo **5 203,18 kg** de fruto por hectárea.

T6 (150-150-200-100-30-0), pese a que no se aplicó Mg y el análisis del suelo determina que este suelo tenía 0,5 meq/100 ml, es decir un rango bajo, en que se produjo **5 178,49 kg** de fruto por hectáreas.

T8 (150-150-200-100-30-60 + cal), cuando se aplicó el Tratamiento completo más la aplicación de cal en dosis de 3 toneladas por hectárea **se obtuvo 4 749,53 kg** de fruto por hectáreas, es decir la cal no incidió en mejorar los índices de producción, cuando el suelo presentaba un pH de 5,57 es decir medianamente ácido.

T3 (150-150-0-100-30-60), pese a que no se aplicó K y el análisis del suelo determina que este suelo tenía 0,18 ppm, es decir un rango bajo, en que se produjo **4601,39 kg** de fruto por hectáreas.

T9 (Urea y 10-30-10), la urea 80 kg, se aplicó a los 2 meses y el 10-30-10, 80 kg a los 3 y 5 meses, teniendo **3 873,07 kg** de fruto por hectáreas.

Se estableció que la producción del **T5** se vendiera a 0,95 dólares el kilogramo de fruta a nivel de mercado el **T5** tendría un beneficio bruto de 5385,73 dólares y beneficio neto de 4621,73 dólares, lo que sería la meta a lograr en esta zona productora de naranjilla.

Referencias

Angulo, R. (2006). Lulo: el cultivo. Capítulo 1: Generalidades del cultivo y Capítulo 2: Propagación. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Conciencias y Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Bogotá. 99p

Tendencias e Innovación en Agronomía

- Azcón, J; M. Talón. (2000). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw Hill. Primera edición. Barcelona. 522 p.
- Bernal, E. J.; Lobo. A. M.; Y Londoño. B. M. (1998). Lulo La Selva. Primer material de lulo mejorado para Colombia. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias (Corpoica). 77 p. corpoica.org.co/Sitio-Web/Archivos/Publicaciones/Lulo.pdf
- Bernal, J. A., O. Córdoba, G. Franco, M. Londoño, J. Rodríguez, N. Guevara. (1996). Cultivo de lulo (*Solanum quitoense* lam.). En: Memorias. Primer seminario frutales de clima frío moderado. Oct 10 y 11. Corpoica. Manizales CDTF. pp 61-78.
- Betancourt, V. M. (2003). Propagación in vitro de lulo la Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum Hirtum*). Invest. Unisarc. Bol. 1(2):27-32
- Betancourt, V. M. Y Villamar. C. (2004). Identificación de vectores del machorreo del lulo y aproximación al diagnóstico de la enfermedad: Invest. Unis. Bol. 2(2):9-15.
- Bissala, Y., Payne, W. (2006). Effect of the pit floor material on compost quality in Semiarid West Africa. Soil. Sci. Soc. Am. J.70:1140 - 1444.
- Botía, T. C.; L. M. Medina. (2002). Determinación de síntomas por deficiencias Inducida de nutrientes en lulo (*Solanum quitoense* Lam y Uchuva *Physalis peruviana* L). Corporación Universitaria de ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A).
- Brouder, S. M. (1999). Applying Site-Specific Management In Soil Fertility Research And Developing Management information for variable rate technologies. In Proceedings of Information Agriculture Conference. Purdue University. p. 321.
- Cabezas, G. M., L. M. Medina, y T. C. Botía. (2002). Determinación de síntomas por deficiencia inducida en nutrimentos en lulo (*Solanum quitoense* Lamb.). Memorias del IV Seminario de frutales de clima frío moderado. pp. 176-181.
- Cabezas y Sánchez. (2008). Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas de vivero de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). Agronomía Colombiana 26 (2), 197-204. Bogotá.
- Cadahia, C. (2005). Fertirrigación. Capítulos 2, 3 y 4. Editorial Mundi-prensa. Tercera edición. pp. 73-182.
- Camacaro S., Machado W. (2005). Producción de biomasa y utilización de *Leucaena leucocephala* fertilizada y pastoreada por ovinos. Zootecnia Tropical23(2):91-103.
- CORPOICA. (2002). El Cultivo del lulo. 1^{era} Edición. Editor. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Pp. 83-91 Manizales Colombia.
- Dincho Dinchev. (1989). Tratado de Agroquímica.

Tendencias e Innovación en Agronomía

- Finck A. (1988). Fertilizantes y fertilización. Editorial Reverté. ISBN 8429110100, 9788429110104. Página 193.
- Fonteno, D. C. (1999). Capítulo 5: Sustratos, Tipos y Propiedades Químicas. En: Agua, Sustratos y Nutrición en los Cultivos de Flores bajo Invernadero. D. W. Reed Ed., Editorial Bäll – Hortitecna, Bogotá, Colombia. p. 93-123.
- Franco, S. (2008). Guía de deficiencias nutricionales en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en estadio pre reproductivo. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias. Bogotá. 74 p.
- García, J. (2008). Manejo de nutrición por sitio específico en el cultivo de maíz. Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá. Bogotá. 235 p.
- Gallozzi C Rubén y Duarte Odilo (2007) Guía práctica de manejo agronómico, cosecha, poscosecha y procesamiento de naranjilla Managua, Nicaragua,
- Gómez, M.I. (2005). Análisis de suelos como herramienta de diagnóstico en la evaluación de la fertilidad en el cultivo de papa. En: Fisiología y Nutrición Vegetal en el cultivo de papa. Presente y futuro de la investigación en la Cadena agroalimentaria de la papa en Colombia. CEVIPAPA. Bogotá. 99 p.
- Gómez. (2006). Manual Técnico de fertilización de cultivos. ISBN: 958-33-8514-X. Editorial Produmedios. Bogotá, Colombia. 116 p.
- Guerrero, R. (1986). Diagnóstico visual de deficiencias nutricionales en la planta. Mimeografiado. Guías de Laboratorio. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá. pp. 1-21.
- G.R Chía S.A. (2008). Tablas de interpretación de resultados de un análisis químico de suelos. Laboratorio de suelos.
- Heiser, C.B. (1993). The naranjilla (*Solanum quitoense*), the cocona (*Solanum sessiliflorum*) and their hybrid. pp. 29-34. In: Gustafson, J. et al. (eds.). Gene conservation and exploitation. Plenum Press, New York, USA.
- INIAP. (1982). Memorias de la Primera Conferencia Internacional de Naranjilla. Quito, Ecuador.
- INFOSTAT. (2008). Grupo InfoStat. Software estadístico. Universidad Nacional de Córdoba.
- Jiménez, B. C.; Ocampo, V. D; y Ramírez, B. V. (2007). Efecto de aplicación del fermentado anaeróbico de estiércol de búfala solo y enriquecido con minerales en pasto estrella (*Cynodon nlemfluentis* L.). Invest. Unisarc. Bol. 5(2):1-10.
- Jones J. B., J. P. Jones, R. E. Stall, T. A. Zitter. (2001). Plagas y enfermedades en tomate. The American Phythopathological Society. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México pp. 60-61.

Tendencias e Innovación en Agronomía

- Lobo, A. M; Medina, C. I; Delgado, P. O; Zuluaga, R. M; Cardona, E. M; Y Osorio, T.A. (2002). Recursos genéticos de recursos andinos en el sistema de bancos de germoplasma del estado Colombiano. En *IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frio Moderado*. p. 43-48.
- Lobo, M.; E. Girard; J. Jaramillo y G. Jaramillo. (1983). El cultivo del lulo naranjilla. *Revista ICA-informa XVII (2): 10-21*.
- Lobo, M. (1991). Perspectivas de siembra del lulo o naranjilla (*Solanum quitoense* Lam). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. *Boletín Técnico 2(2): 125-130*.
- Lobo, M. (2000). Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva. *Memorias 3er Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, Manizales, noviembre 15 al 17 de 2000. pp. 27-36.
- Lobo, M. (2006). Empleo de la biotecnología para el conocimiento y la conservación de la biodiversidad. En: Resúmenes “I Congreso de Biotecnología UCO: La biotecnología una ciencia para la vida”.
- López, A., y J. Espinosa. (1995). *Manual de nutrición y fertilización del banano*. INPOFOS. p. 43.
- Maning, L. (1999). *BanMan, A decision support system from inventory to management recommendations*. MSc. Thesis. Agriculture University of Wageningen.
- Martínez F., Sarmiento J., Fischer G., Jiménez F. (2008). Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg, y B en componentes de producción y calidad de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana 26(3)*, 389-298. Bogotá.
- MARSCHNER. (2000). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Wadsworth Publishing Company. USA.
- Mathur, S. P.; Owen, G.; Daniel, H.; Y Schitzer, M. (1993). Determination of compost biomaturity. 1. Literature review. *Biol. Agric.Hortic.10:65-85*.
- Morton, J.F. (1987). Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam., *Solanum angulatum* Lam.), pp. 425-428. In: Morton, J.F. (ed.). *Fruits of warm climates*. Creative Resources Systems Inc., Winterville (NC, EUA), 505 p.
- Ortega D. (2008). Manejo integrado de riego y fertilización en sistemas de producción de flores de corte bajo invernadero. Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá. Bogotá. 235 p.
- Paul, V. N. (1999). Programa de fertilización con Macronutrientes. En: *Agua, Sustratos y nutrición en los cultivos de flores bajo invernadero*. Ball Publishing y Ediciones Horti Tecnia Ltda. Illinois. pp. 168.
- Ramírez, C. (2003). Fisiología de la nutrición mineral: Hierbas aromáticas frescas tipo exportación. *Memorias curso de extensión teórico práctico* pp. 35-40.

Tendencias e Innovación en Agronomía

- Ramírez B. V, Duque N.N. (2009). Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum birtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico. (Unisarc). Colombia.
- Ramírez, B.V.; Salinas, C.; Y Echeverry, C. (2003). Interceptación y lluvia efectiva en plantaciones de lulo (*Solanum Quitoense* Lam.), caña panelera (*Sacharum officinarum* l), maíz (*Zea Maíz*) y yuca (*Manihot Sculenta* L.). Invest. Unisarc. Bol.1(2):25.
- Ramírez, B. V. (2004). Requerimientos hídricos para los cultivos de pasto, plátano, caña y lulo de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar y la clase de textura del suelo. Invest. Unisarc. Bol. 2(1):9 - 10.
- Ramírez, B. V.; Alzate, H. C.; Osorio, G. D.; Pineda, R. J.; Ramírez, P. M.; Y Salazar, V. M. (2004). Manejo ecológico de la fertilidad en suelos de ladera. Invest. Unisarc. Bol. 2(1):1
- Revelo, J., y P. Sandoval. (2003). Factores que afectan la producción y productividad de la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam) en la región Amazonica del Ecuador. Quito – Ecuador.
- Romero, D. L. Y Valencia, C. J. (2009). Evaluación del efecto de metabolitos intermedios a partir de extractos vegetales sobre la antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en el cultivo de lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum birtum*). Tesis de Grado, Unisarc.
- Rodríguez, S. Florencio. (1992). Fertilizantes y nutrición vegetal. México.
- Sadeghian. (2008). Actualidad y tendencia en la fertilización de café. Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá. Bogotá. 235 p.
- Salamanca, R. (1999). Suelos y fertilizantes. Universidad Santo Tomas. Bogotá.
- Salas E., Ramírez C. (2001). Determinación del N y P en abonos orgánicos mediante la técnica del elemento faltante y un bioensayo microbiano. Agronomía Costarricense 25(2): 25-34.
- Salisbury F. B., Ross W. C. (1994). Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. Mexico. 759 p.
- Salisbury, F. B., W.C. Ross. (1992). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company. California. 682 p.
- Soto, M. (1992). Bananos, cultivo y comercialización. Imprenta LIL, S. A. Costa Rica. p. 385. 1992.
- Stoorvogel, J. J., R. A., Orlich, R. Vargas, and J. Bouma. (1999). Linking information technology and farmer's knowledge in a decision support system for improved banana management.
- Tamayo, A.; Hincapié, M.; Bernal, J.; Y Londoño, M. (1998). Abonamiento químico del clon de lulo La Selva (*Solanum quitoense*) a plena exposición solar en un Andisol del Oriente Antioqueño.

Tendencias e Innovación en Agronomía

- Taiz, L. y E. Zeiger. (2006). Plant Physiology. Second Edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Vargas, B. M.; Calderón, M. L.; Pérez, T. M. (2009). Efecto de las deficiencias de algunos nutrientes en plantas de lulo (*Solanum quitoense* var. *quitoense*) en etapa de vivero. Universidad Militar Nueva Granada, Páginas 64-81
- Witt, C., J.M Pasuquin and A Doberman. (2006). Towar a site specific nutrient management approach for maize in Asia. Better Crops with Plant Food. 90(2): 28-31



CAPÍTULO 4

FITOSANIDAD 4.0: RETOS DEL SIGLO XXI

Francisco A. Simón Ricardo

Fitosanidad 4.0: retos del siglo XXI

Francisco A. Simón Ricardo

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas

francisco.simon@utelvt.edu.ec

Resumen

En el argot actual, poco extendido aún, suele llamarse Industria 4.0 a su homologación como sinónimo de la Cuarta Revolución Industrial (RI) como expresiones que denominan una hipotética cuarta mega etapa de la evolución técnica-económica de la humanidad, contando a partir de la 1^{ra} RI (1760-1840), y su continuidad histórica en la actualidad con la llamada revolución industrial 4.0, que se gesta después de un largo período de revolución científico-técnica en el que juega un papel protagónico las TIC, el empleo de la computación con sistemas expertos decisores de procesos industriales, la robótica y la inteligencia artificial, que comenzó recientemente en el siglo XXI. En relación a la Fitosanidad, se ha montado en los carriles de la 4^{ta} RI, mediante el desarrollo de sistemas de alerta, la predicción fitosanitaria aplicando la inteligencias artificial, diagnósticos avanzados mediante el empleo de la biología molecular, la inducción de mecanismos de resistencia e inmunidad de plantas a través de la autoproducción de fitoalexinas, así como la modelación de procesos biológicos con la finalidad de desarrollar nuevos y más seguros plaguicidas químicos y microbiológicos para el combate de plagas y enfermedades; todo esto con el afán de cambiar por completo el trabajo de la Fitosanidad de un proceder a estilo de los “bomberos” apaga fuegos a una Fitosanidad de predicciones científicamente argumentadas.

Palabras clave: fitosanidad, manejo integrado de plagas, biotecnología, medios biológicos y control.

Abstract

In the current slang, not yet widespread, Industry 4.0 is usually called its homologation as a synonym for the Fourth Industrial Revolution as expressions that call a hypothetical fourth mega stage of the technical-economic evolution of humanity, counting from the 1st IRR (1760 -1840), and its historical continuity at present with the so-called industrial revolution 4.0, which is brewing after a long period of scientific-technical revolution in which ICT plays a leading role, the use of computing with expert decision-making systems of industrial processes, robotics and artificial intelligence, which began recently in the sXXI. In relation to Phytosanity, it has been mounted on the lanes of the 4thRI, through the development of alert systems, phytosanitary prediction applying artificial intelligences, advanced diagnoses through the use of molecular biology, the induction of resistance mechanisms and immunity of plants through the self-production of phytoalexins, as well as the modeling of biological processes in order to develop new and safer chemical and microbiological pesticides to combat pests and diseases; all this with the desire to completely change the working style of the Phytosanity of a procedure in the style of "firefighters" extinguishes fires to a phytosanity of scientifically argued predictions.

Key words: Phytosanity, integrated pest management, biotechnology, biological means and control.

Asumiendo el nuevo enfoque de la revolución científica tecnológica que experimenta la humanidad (Wikipedia 2014, 2015), en correspondencia a lo que ocurriera con la revolución industrial en Inglaterra (1760–1840) a inicio de la segunda mitad del siglo XVIII, posterior a la firma del tratado de Utrecht en 1713, que puso fin al proteccionismo del comercio de España con la América e inicio en 1733 de la Gran Industria Textil y la Industria Química de los Colorantes en Inglaterra .

Durante la Revolución Industrial, se vivió el mayor conjunto de transformaciones de la humanidad desde el Neolítico. Dio el paso de una economía rural basada en una agricultura precaria, a una economía urbana, industrial y mecanizada American Anthropological Association (2010).

La Agricultura y su aliada la Agronomía, ciencia experimental sustentada también en tecnologías, no estuvo exenta de los beneficios de la primera revolución industrial y más aún de la segunda revolución industrial de comienzo del siglo XX. Entre los aportes propios de esta rama de las ciencias agropecuarias que revolucionaron la agronomía se destacan (Campo, 2008).

- Desarrollo de implementos agrícolas como el arado de hierro fundido, surcadores, triller, subsoladores y otros implementos de la familia del arado de surcadora por Ramsome entre 1785 y 1800.
- Desarrollo de la mecanización agrícola con las primeas máquinas sembradoras en 1800.

Producto del desarrollo vertiginoso de la ciencia y la técnica a mediados del siglo XX (Méndez, 2000), se dio un salto importante en la producción de alimentos, en particular de cereales, período conocido como “revolución verde”. En este desempeño jugó un rol fundamental la biotecnología en el campo de la genética y el fitomejoramiento de cultivares (Kuhn, 2014; Dickson, 2008; Eitel, 2016).

- La Revolución verde con los avances de la química de los fertilizantes y los plaguicidas órgano sintéticos a partir de fines de la IIGM con la aparición de lo que se conoce como 2da. Generación de plaguicidas (organoclorados, fosforados, carbamatos, etc.), los sistemas de riego y la alta mecanización agrícola, condujeron al boom nefasto de la agricultura intensiva o industrial Simón, 2018^{abc}).
- Avance del Fitomejoramiento de cultivares con la obtención de híbridos muy productivos de arroz, cereales varios (avena, trigo, cebada), maíz, sorgo, caña de azúcar, leguminosas y oleaginosas (Kuhn, 2014; Dickson, 2008; Eitel, 2016).

La Agricultura y la Agronomía fueron sensiblemente beneficiadas con el auge que alcanzaron estas tecnologías a todo lo largo del siglo XX, período denominado revolución industrial 3.0 (Xinthia, 2015).

La industria 4.0 es un concepto nuevo, que también recibe otras denominaciones o subdenominaciones tales como: «Ciberusina», «Ciberfábrica», «Usina digital», «Industria digital», «Fabricación avanzada», «Futurprod», «Integrated Industry», «Smart-Industries», «Intelligent Manufacturing System»

Este concepto de Industria 4.0 no es una realidad ya consolidada y experimentada, sino un nuevo hito en el desarrollo industrial que marcará importantes cambios sociales en los próximos años, haciendo un uso intensivo de Internet y de las tecnologías punta, con el fin primordial de desarrollar plantas industriales y generadores de energía más inteligentes y más respetuosos con el medio

Tendencias e Innovación en Agronomía

ambiente, y con cadenas de producción mucho mejor comunicadas entre sí y con los mercados de oferta y demanda (Ferguson et al., 2002; Gonzales, 2003).

Por inteligencia artificial como elemento central de estas transformaciones, íntimamente relacionada a la acumulación creciente de grandes cantidades de datos (*big data*), el uso de algoritmos para procesarlos y la interconexión masiva de las TIC. Se corresponde a una nueva forma de organizar los medios de producción. El objetivo que pretende alcanzarse es la puesta en marcha de un gran número de «fábricas inteligentes» (en inglés: «smart factories») capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación más eficiente de los recursos, abriendo así la vía a la nueva revolución científico técnica e industrial del siglo XXI (Revolución industrial 4.0).

Fitosanidad 4.0

La aparición de las plagas desde épocas inmemoriales según reseña Marcel (2006, 2002), ha sido un grave problema que ha tenido que enfrentar la humanidad desde el mismo comienzo de la agricultura en el neolítico (Simón, 2018^a), provocando pérdidas considerables al término que se puede afirmar que el hombre consume de las cosechas de la agricultura lo que le dejan las plagas. Reporte de la FAO, (2017) da un esbozo sobre el particular (Figura 1).

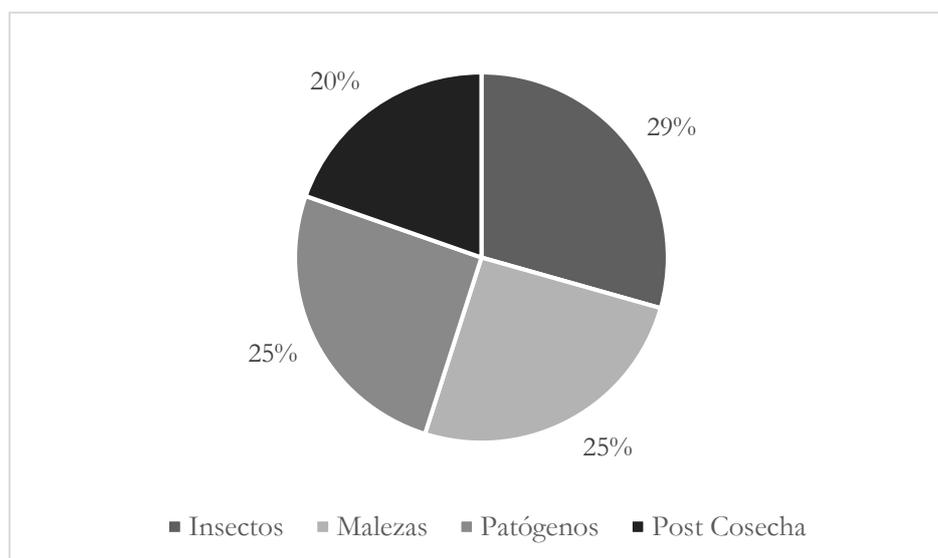


Figura 1.

Proporción de pérdidas producidas por plagas (FAO, 2018)

La lucha encarnizada contra las plagas desde épocas ancestrales según refiere Montain (2000), se ha sido una creciente preocupación de los agricultores. Indiscutiblemente implementar métodos y procedimientos para el control de plagas, conlleva estudios acerca de la biología, ecología, economía y disponer de medios de combate, debido a que esta actividad tiene determinados preceptos y condicionamientos de índole tecnológico, ambiental, económico, social y político, pues las estrategias en este sentido tienen regulaciones y decisiones gubernamentales que trazan las políticas públicas.

La Fitosanidad no ha quedado relegada a esta revolución tecnológica. Como principio deberá romperse el condicionamiento de la “ley de mínimo” o del “fitosanitario bombero”, cuyo principal problema actual sobre el entendimiento del control de plagas es su control *per se* y no las causas que la provocan. Por ello, para lograr éxitos en cualquier proyecto fitosanitario relacionado con el MIP, según Simón (2010, 2018^{abc}) debe cumplirse las siguientes premisas: (i) voluntad política, (ii) disposición empresarial,

Tendencias e Innovación en Agronomía

(iii) condiciones financieras, (iv) conocimientos técnicos, (v) consideraciones ambientales, (vi) educación general y (vii) continuidad de procesos; elementos que necesariamente depende del tipo de agricultura que se desea desarrollar teniendo en cuenta la coexistencia actual de un abanico de forma y tipos de agricultura (Figura 2).

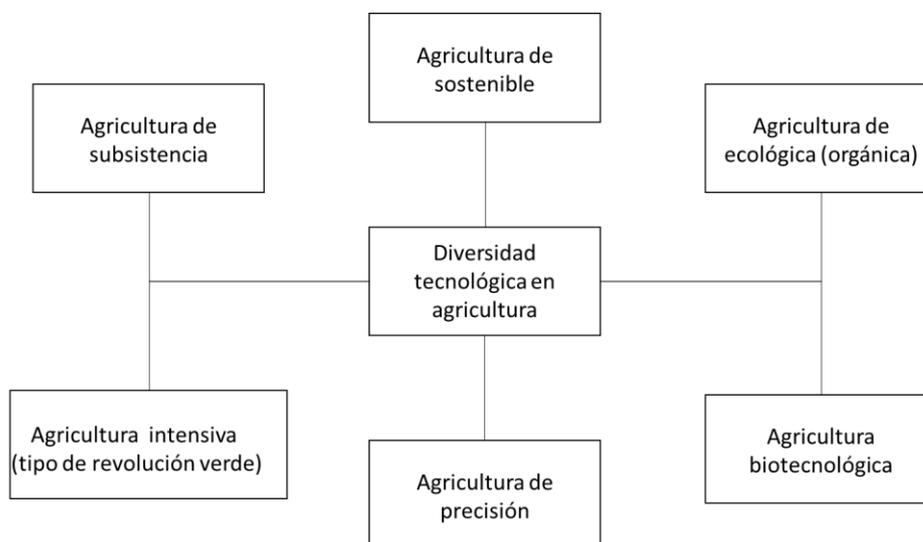


Figura 2.

Abanico de tipos y formas de agricultura coexistentes

En principio lo ideal es la conjugación de dos tipos de agricultura, la de precisión y la sostenible en un encuadre en que las nuevas y no tan nuevas tecnologías incluyendo las de precisión, también conocidas como “tecnologías de punta” sean acopladas en sistemas de agricultura sostenible con alto contenido orgánico de bajos insumos externos por insumos endógenos, desarrollados incluso en sistemas intensivos e industrial con la diferencia de la anteriormente concebida por un uso racional, seguro y eficaz de agroquímicos, agrotóxicos, laboreo mínimo de baja carga mecanizada Xinthia (2015).

Fitosanidad 4.0, incorpora el arsenal de la revolución científico - técnica e industrial alcanzado hasta el presente para desarrollar sus estrategias y modelos apoyados por el vertiginoso desarrollo de las TIC, la computación, la robótica e inteligencia artificial aplicadas al contexto fitosanitario.

Fitosanidad 4.0, está centrada en tres Vertientes Tecnológicas:

1. Instauración de sistemas de alerta.
2. Aplicaciones de la biotecnología e ingeniería genética.
3. Manejo integrado de agrosistemas.

A su vez la primera vertiente comprende los ejes temáticos:

1. **Sistemas de alerta**

- Diagnóstico de Plagas por procesamiento de imágenes acoplado a métodos físico-químicos
- Predicción de las Plagas por modelación matemática
- Estudios de Epifitias: de fitopatógenos

La segunda vertiente comprende los ejes temáticos:

2. Biotecnología e ingeniería genética

- Desarrollo del control biológico y producción de bioplaguicidas.
- Fitomejoramiento de cultivares.
- Inducción de Fitoalexinas en busca de inmunidad en plantas.
- Plantas transgénicas.

La tercera vertiente comprende los ejes temáticos:

3. Manejo de agrosistemas

- Implementar Estrategias de MIPE.
- Fitorremediación de suelos salinos y contaminados por Agroquímicos, Agrotóxicos y Vertimientos de Residuos Agroindustriales.
- Conservación de Agua y Suelo.

Fitosanidad 4.0, se caracteriza por contemplar en primera instancia un sistema de alerta, considerada una herramienta fundamental para la toma de decisiones fitosanitarias a corto, mediano y largo plazo, por su capacidad de predecir sobre la aparición, desarrollo y diseminación de epifitias causadas un organismo fitopatógeno determinado a asemeja a la de los huracanes. En ambos casos, el hombre ha mostrado un gran interés por determinar los elementos y las condiciones que inician ambos fenómenos, las condiciones que influyen sobre la tasa de incremento y la dirección de su trayectoria, así como las condiciones que las llevan a su desaparición. Para ambos fenómenos, se utilizan en gran medida observaciones, mediciones, fórmulas matemáticas y computadoras para estudiar su desarrollo y predecir su tamaño, trayectoria y momento de ataque en cualquier localidad dada (Simón, 2019).

En años recientes, en un esfuerzo por mejorar la capacidad para comprender y predecir el desarrollo de una epifitia, los fitopatólogos han intentado, más o menos con éxito, desarrollar modelos matemáticos de epifitias potenciales de algunas plagas comunes e importantes. La elaboración de un modelo toma en cuenta todos los componentes y muchos de los subcomponentes de una plaga específica de la cual se tiene información para tratarla de forma cuantitativa, es decir, utilizando fórmulas matemáticas. Los modelos construidos, en general son simples aproximaciones de las epifitias.

En Cuba, se conocen algunos ejemplos de sistemas de alerta fitosanitarios, desatacándose los casos de tizones producidos por *Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*, Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), Roya del café (*Hemileia vastatrix*) y más reciente relacionados con la broca del café (*Hyphotenemus hampei*).

El Sistema de Alerta comprende el diagnóstico de agentes nocivos, su registro, señalización y pronóstico o predicción de plagas; para ello se vale de herramientas en el campo de la microscopía, biología clásica y molecular, bioquímica y uso acoplado de métodos físico-químicos instrumentales de las diversas manifestaciones de la cromatografía, (CG, HPLC), espectroscopía (IR, UV, RMN y MASA) y de técnicas electroforéticas.

En todos estos casos el procesamiento de imágenes tomadas de las manifestaciones de síntomas y signos de los fitopatógenos en campo o de muestras tomadas de órganos afectados y de observaciones bajo microscopio son utilizadas como elementos para el diagnóstico presuntivo.

Importancia de la Fitosanidad 4.0

El Aspecto de prioridad en la Fitosanidad 4.0, es la aplicación de la lucha biológica en sustitución y reducción del uso de plaguicidas siempre que sea posible y conveniente, en particular aprovechando los recursos naturales del uso de entomófagos (insectos benéficos o enemigos naturales controladores de plagas), con la simple aplicación de técnicas inoculativas e inundativas de entomófagos nativos y foráneos para lograr su establecimiento en campo, adaptación y proliferación, mediante procedimientos de conservación y reproducción artesanal de especímenes traídas del campo en jaulas para su posterior reinsertión en campo carentes de su presencia. Con estos fines se construyen insectarios rústicos en las propias áreas de cultivo

De igual manera, el uso de Entomopatógenos de origen diverso (bacteriano, fúngico, vírico y nematodos), son reproducidos por biotecnologías fermentativas artesanales en los casos particulares de los microorganismos en pequeñas biofábricas o centros reproductores de entomófagos y Entomopatógenos (CREE).

Fitosanidad 4.0, no exime el uso de plaguicidas selectivos de bajo impacto ambiental, por el contrario amplía su universo en alianza con la bioquímica y la biotecnología con el afán de desarrollar nuevos ingredientes activos amigables con el ambiente, por tanto muchas plantas, y sus extractos de sustancias activas, artrópodos y microorganismos son las fuentes naturales para extraer, caracterizar y luego proceder a la síntesis orgánica cooperada con la biotecnología, cada cual participa en parte del proceso sintético de obtención de estos productos activos con fines fitosanitarios más seguros con el ambiente (Cory y Balley 2002; Gupta y Krasnoff 1991).

Métodos de Aplicación

Los métodos de aplicación más seguro, racional, emergente y dirigida (focal), son también parte de las estrategias de la Fitosanidad 4.0, para ello la robótica y los sistemas de posicionamiento geográfico por sus siglas en inglés (GPS) juegan un papel fundamental. Para estos casos existen drones construidos con las dimensiones y características necesarias para realizar múltiples labores.

Manejo integrado de plagas, fundamentos

La Fitosanidad 4.0, se basa en control de plagas, bajo la aplicación de manejo integrado de plagas; este enfoque se basa en controlar problemas fitosanitarios, sin causar efectos nocivos al ambiente y sin afectar al equilibrio ecológico; es por ello que se centra en los siguientes fundamentos:

Tabla 1.
Fundamentos del MIP

Fundamentos	Descripción
Suelo	Topografía, tipo de suelo, estructura del suelo, clima y condiciones agroecológicos.
Protección vegetal	Control legal, control cultural, métodos biológicos y control químico.
Nutrición de la planta	Fertilidad natural del suelo, utilización de abonos orgánicos, uso de fertilizantes minerales y aplicación de fertilizantes foliares.
Rotación de cultivos	Cultivos asociados, períodos libres de cultivo, cultivos intercalados y fechas de siembra.

Tendencias e Innovación en Agronomía

Semillas/variedades	Específicas, adaptadas, resistencia a enfermedades, de buena productividad y calidad.
Cultivo campo	Preparación de suelo, método/época de siembra y técnica de eliminación de rastrojos

Conclusión

Los elementos que constituyen la base de los manejos integrados de plagas y cultivos bajo principio agroecológico y el precepto de cumplir que sean económicamente factibles o viables y ecológicamente seguros, con énfasis en el empleo de medios biológicos, estrategias aplicadas “in situ” acorde al contexto de cada agroecosistema, con la finalidad de regular las poblaciones de plagas y su mantenimiento bajo niveles de umbral de daños económicos, sin pretender erradicarlas (Herman E. Daly 2011; Simón 2010,2018^{abc}).

Referencias

- American Anthropological Association (2010). "*Career Paths and Education*", en el sitio en internet de la AAA, consultado el 21 de junio de 2016.
- Campo, Lorena (2008). *Diccionario básico de Antropología*, 1era edición, Quito, Ecuador: Editorial Abya Yala .ISBN 9789978227602
- Cory J.S.; Balley, M.J.(2002). Theory and practice of biopesticide. In an Enviromental Federación Europea de Biotecnología 108, p. 204-228.
- Dickson, D. (2008). Biothecnology´s first casualty-so far. *Nature*, Vol. 652, p. 155-194.
- Eitel, J. (2016). Les Biotechnologies. Strategies et procedures industrielles. *Biofuture*, 127, p. 284-308.
- Ferguson, S. J.; Nicholls, David; Ferguson, Stuart. (2002). *Bioenergetics 3* (3rd edición). San Diego: Academic. ISBN 0-12-518121-3.
- González, J.A. (2003). *Cultura(s) y Ciber-cultur@s: Incursiones no lineales entre Complejidad y Comunicación. Nuevas realidades, nuevo lenguaje, nuevas acciones* http://books.google.com.uy/books/about/Cultura_s_y_ciber_cultur_s.html?id=tLKzwmtKa2AC&redir_esc=y Universidad Iberoamericana, México: ISBN968-859-507-1 y 9789688595077.
- Gupta, S.; Krasnoff, S.B. (1991). Isolation of beauvericin as an insect toxin from *Fusarium semitectum* and *Fusarium moniliaforme*. *Mycopathologia* 115: p.185-189.
- Herman E. D. (2011). “Economía Ecológica y Desarrollo Sustentable”, en Jacobo Schatan (editor), *Crecimiento o desarrollo: un debate sobre la sustentabilidad de los modelos económicos*, Editorial Jurídica Cono Sur, 220p.
- Kuhn, T.S. (2014). *Les Biotechnologies dans le monde. Strategies des entreprises et industrielles*. DAFSA, (414), 208 p.

Tendencias e Innovación en Agronomía

- Marcel L. R. (2002). *Histoire des agricultures du monde: Du néolithique à la crise contemporaine*, París: Seuil, ISBN 2-02-053061-9, engl.
- Marcel L. R. (2006). *A history of world agriculture: From the neolithic age to the current crisis*, New York: Monthly Review Press, 407p. ISBN 1-58367-121-8
- Méndez, E. (2000). El desarrollo de la ciencia. Un enfoque epistemológico. *Espacio Abierto*, 9, 505-534.
- Montain, L. (2000). *Alegatos de la aparición de las Plagas en la era primitiva*. Career Paths and Education, Edition 121, p. 7-31.
- Simón, F.A. (2010). *Manejo integrado de Plagas. Principios básicos y Fundamentos*. Colección AGROSOS. Editora Ciencia y Técnica. ISBN: 978-959-207-389-0 Registro de Obra Protegida CENDA 552-2010 del Instituto cubano del Libro, La Habana, 23 de febrero 2010, 372p.
- Simón, F.A. (2018^a). *Agricultura, avance y actualidad*. Editora Académica Española. 313 p. ISBN: 978-620-2-14740-8.
- Simón, F.A. (2019^b). *Agricultura, biotecnología y competitividad*. Editorial Académica Española. 257 p. ISBN: 978-613-9-43302-5.
- Simón, F.A. (2018^c). *Agricultura, ciencias y conciencia*. Editora Académica Española 353 p. ISBN: 978-620-2-14747-3
- Simón, F.A. (2019). *Fitosanidad 4.0: Retos del sXXI*. Memorias X Conferencia internacional Latinoamericana, CIDEcuador-Universidad Técnica de Quevedo, Ecuador. www.cidecuador.org.
- Telesur (2017). *5 inventos de la Revolución Industrial que cambiaron el mundo*. Publicado 10 noviembre 2017
- Xinthia Y. (2015). *Evolución de la Agricultura desde primitiva a precisión* Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40211897002>.

CIDE
EDITORIAL

The logo graphic for CIDE Editorial, featuring a stylized white line drawing of an open book with pages fanning out.

ISBN: 978-9942-802-50-7



9789942802507