

# Agricultura sostenible

Generalidades  
y casos prácticos

Carlos Alfredo Salas Macías  
Miryán Angélica Pinoargote Chang  
George García Mera  
Carlos Ruiz Carreira  
José Newton Pico Mendoza  
Liliana Corozo Quiñónez  
Juan Manuel Moreira Castro  
George Alexander Cedeño García  
Francisco Javier Arteaga Alcívar  
Jefferson Bertin Vélez Olmedo  
Oswaldo Valarezo Cely  
Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca  
Juan Ramón Flor Vincés  
Mariel Yglesias González

Agricultura, silvicultura, pesca y veterinaria



Colección  
**Dossier Académico**



*Ediciones*  
**Uleam**

Este libro ha sido evaluado bajo el sistema de pares académicos y mediante la modalidad de doble ciego.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí  
Ciudadela universitaria vía circunvalación (Manta)  
www.uleam.edu.ec

**Autoridades:**

Miguel Camino Solórzano, Rector  
Iliana Fernández, Vicerrectora Académica  
Doris Cevallos Zambrano, Vicerrectora Administrativa

**Agricultura sostenible**

**Generalidades y casos prácticos**

©Carlos Alfredo Salas Macías  
©Miryan Angélica Pinoargote Chang  
©George García Mera  
©Carlos Ruiz Carreira  
©José Newton Pico Mendoza  
©Liliana Corozo Quiñónez  
©Juan Manuel Moreira Castro  
©George Alexander Cedeño García  
©Francisco Javier Arteaga Alcívar  
©Jefferson Bertín Vélez Olmedo  
©Oswaldo Valarezo Cely  
©Edisson Wilfrido Cuenca Cuenca  
©Juan Ramón Flor Vines  
©Mariel Yglesias González

**Consejo Editorial:** Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

**Director Editorial:** Fidel Chiriboga

**Diseño de cubierta:** José Márquez

**Estilo, corrección y edición:** Alexis Cuzme (DEPU)

**ISBN:** 978-9942-775-41-2

Edición: Primera. Septiembre 2018

Departamento de Edición y Publicación Universitaria (DEPU)  
Ediciones Uleam  
2 623 026 Ext. 255  
www.depu.uleam.blogspot.com  
Manta - Manabí - Ecuador

## ÍNDICE

<b>Siglas, acrónimos y abreviaciones</b> .....	7
PRESENTACIÓN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1.....	14
<b>Conceptos y bases Teóricas</b>	
Salas, C.; Pinoargote, M.	
1.1 Conceptualización y bases teóricas.....	15
1.1.1 La Agricultura y su incidencia en los procesos naturales.....	15
1.1.2 Agricultura sostenible.....	15
1.1.3 Agropaisaje.....	17
1.1.4 Agroecosistema.....	17
1.1.5 Agroecología.....	17
1.1.6 Agroforestería.....	18
1.1.7 Silvicultura.....	19
1.1.8 Agricultura climáticamente inteligente.....	20
1.2 ¿Hacia dónde dirigir los esfuerzos?.....	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CAPÍTULO 2.....	25
<b>Conservación</b>	
Salas, C.; Pinoargote, M.; Cuenca, E.; Ruiz, C.; Pico, J.; Corozo, L.; Moreira, J.M.	
2.1 Agua: Consideraciones sobre situación actual y escenarios futuros.....	26
2.1.1 Contaminación del agua.....	27
2.1.2 Escasez del agua.....	29
2.1.3 Gestión del agua.....	31
2.1.4 Huella hídrica, colores del agua y productividad hídrica.....	31
2.2 El suelo como principal capital agrícola.....	34
2.2.1 Como se degradan los suelos.....	34
2.2.2 Principales prácticas para mejorar los suelos.....	36
2.3 Biodiversidad.....	38

2.3.1	El reto de la conservación.....	39
	Catalogación de la biodiversidad de las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en Mesoamérica.....	42
2.3.2	Bosques y su rol potencial en los ecosistemas.....	49
	Estudio taxonómico de las especies vegetales de área de reserva del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí.....	54
2.3.3	Recursos fitogenéticos.....	59
	Variabilidad genética de una colección de <i>Capsicum chinense</i> Jaq. Del norte de Perú.....	64
2.3.4	Jardines Botánicos: bancos fitogenéticos en pro de la conservación.....	74
	Caracterización de variedades de mango ( <i>Mangifera indica</i> L.) en vivero para el establecimiento de un bosque temático en el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí.....	76
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>111</b>
	<b>Producción</b>	
	Cedeño, G.; Arteaga, F.; Salas, C.; García, G.; Pinoargote, M.; Valarezo, O.; Vélez, J.	
3.1	Almacenamiento de semillas: Caso café ( <i>Coffea arabica</i> L.).....	112
	Potencial de almacenamiento de semillas de tres variedades de café ( <i>Coffea arabica</i> L.).....	115
3.2	Extracción de nutrientes en agricultura: Caso Pimiento ( <i>Capsicum annuum</i> ).....	120
	Curvas de extracción de macronutrientes en dos cultivares de pimiento ( <i>Capsicum annum</i> ) en la localidad de Casma, Perú.....	124
3.3	Sistemas de producción alternativos.....	134
	Efectos de sustratos a base de turba sobre el desarrollo y rendimiento del tomate en un sistema semi- hidropónico.....	137
3.4	La agricultura orgánica: como opción ambientalmente	143

amigable.....	
Estudio del uso de biofertilizante micorrizico y sustratos en el desarrollo de plántulas de cacao en viveros.....	145
3.5 Protección de cultivos: las plagas y los ecosistemas.....	151
3.5.1 Insectos y ecosistemas de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ): Caso Manabí.....	152
3.5.1.1 Artrópodos útiles.....	154
3.5.1.2 Artrópodos perjudiciales.....	156
3.5.2 Biocidas botánicos de uso agrícola.....	157
3.5.2.1 El Nim.....	158
3.5.2.1.1 El Nim en el Ecuador: resultado de investigaciones.....	160
3.5.2.1.2 Productos disponibles y perspectivas en Ecuador.....	162
3.5.3 Regulación natural de plagas agrícolas.....	163
3.5.3.1 Control biológico de plagas en Ecuador.....	164
3.5.3.2 Biorreguladores: minador de la hoja de los cítricos – Ecuador.....	168
3.5.4 Caso <i>Meloidogyne incognita</i> en el género <i>Capsicum</i> .....	171
Reacción de 34 cultivares de <i>Capsicum sp.</i> , a <i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoit & White, 1919) Chitwood, 1949.....	177
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	182
CAPÍTULO 4.....	192
<b>Gestión</b>	
Cuenca, E.; Flor, J. R.; Yglesias, M.	
4.1 Metales pesados en suelos agrícolas.....	193
Toxicidad de Cadmio en maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en un suelo arenoso bajo invernadero en Lima, Perú.....	197
4.2 La capacitación como puntal del desarrollo: Escuelas de Campo.....	204
Escuelas de campo como propuesta para el desarrollo sostenible: Caso Panamá.....	208

4.3 Restauración ecológica.....	218
Restauración a escala de paisaje: El cambio de uso de la tierra en el cantón Hojanca, Costa Rica.....	220
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	229
V. GLOSARIO.....	238
VI. BREVE PRESENTACIÓN DE LOS AUTORES.....	245

---

ADN	Ácido desoxirribonucleico
AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphism o Polimorfismo en la Longitud de Fragmentos Amplificado
AMOVA	Analysis of Molecular Variance
ANECACAO	Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (Ecuador)
AUP	Agricultura urbana y periurbana
AV	Agua virtual
BGCI	Organización Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos
CARE	Cooperative American Remittances Everywhere
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPIS	Centro Especializado de la Organización Panamericana de la Salud
CIC	Capacidad de intercambio de Cationes
CIFOR	Center for International Forestry Research
CIP	Centro Internacional de la Papa
COCABO	Cooperativa de Servicios Múltiples de Cacao Bocatoreña de Panamá
COFENAC	Consejo Cafetalero Nacional (Ecuador)
CONICIT	Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas
DAP	Diámetro a la altura del pecho (1,30 m)
DCA	Diseño Completamente al Azar
DDA	Días después de la polinización o la antesis
DDT	Días después del trasplante
ECA	Escuelas de Campo

---

---

EPG UNALM	Escuela de Postgrado <i>Universidad Nacional Agraria La Molina</i>
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FAOSTAT	Base de datos estadísticos de la FAO, integrada on-line que contiene series anuales internacionales en agricultura, nutrición, pesca, montes y ayuda alimentaria.
GEI	Gases de efecto invernadero
HH	Huella hídrica
IBPGR	International Board for Plant Genetic Resources
IFAM	<i>Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (Costa Rica)</i>
IFPRI	<i>International Food Policy Research Institute</i>
IICA	<i>Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura</i>
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (Ecuador)
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MICIT	Ministerio de Ciencia y Tecnología (Costa Rica)
MIDA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá
MIP	Manejo integrado de plagas
OTU	Unidad taxonómica operativa
PCC	Proyecto Cacao Centroamérica del CATIE
PCR	<i>Polymerase chain reaction o Reacción en cadena de la Polimerasa</i>
PIC	Contenido de información polimórfico

---



---

PMA	Programa Mundial de Alimentos
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROINPA:	Fundación Promueve Innovación Tecnológica para Cultivos Andinos
PROMIPAC	El Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central
PROMSA	Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (Ecuador)
PROTECA	<u>Programa de Desarrollo Tecnológico Agropecuario</u>
PVC	Policloruro de vinilo
RADP	Random Amplified Polimorphic DNA o fragmentos polimórficos amplificados al azar
RAPAL	Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina
UCR	Universidad de Costa Rica
SER	Society for Ecological Restoration Science and Policy Working Group
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNALM	<i>Universidad Nacional Agraria La Molina</i>
USAID	<i>United States Agency for International Development</i>
UTM	Universidad Técnica de Manabí
VLIR	Vlaamse Interuniversitaire Raad
WWAP	Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza

---

## PRESENTACIÓN

La presente obra deriva de la colaboración entre profesionales dedicados al sector agropecuario y ambiental, cuya consigna es implantar una idea clara sobre la definición de problemas, métodos y estrategias que pudieran servir como instrumento de trabajo.

En este sentido, esta obra, ha sido concebida como material de consulta para técnicos, ecologistas, docentes, estudiantes y personas relacionadas con el sector ambiental, a la espera de que tenga favorable acogida y con la finalidad de fortalecer conocimientos que propicien un manejo adecuado de los recursos naturales en el marco de la agronomía, la educación ambiental y a la vez minimizar los problemas derivados del modelo de producción actual. Además de ello, se presentan algunas experiencias y metodologías en forma de artículos originados de investigaciones que podrían ser de utilidad como herramienta sencilla, manejable y útil para propiciar un desarrollo sostenible.

Es precisamente el impulso por exponer el concepto de la *sostenibilidad*, el cual promueve el esquema del libro, al agrupar perspectivas de varios autores en temas relevantes del sector agropecuario/ambiental y consolidar de este modo contenidos importantes en cuatro capítulos:

1. Conceptos y bases teóricas
2. Conservación
3. Producción
4. Gestión

El primer capítulo es de gran importancia para favorecer una óptima introducción a la temática principal. Los capítulos dos, tres y cuatro tienen como finalidad presentar al lector los pilares fundamentales del *desarrollo sostenible* (factores ecológico, económico y social respectivamente) con el ánimo de propiciar el interés en cada uno de ellos y dar a conocer las ventajas de su interacción en cualquier iniciativa. Además de la estructura propuesta, se presentan varios resultados de investigaciones en forma de artículos, cuyo propósito es el de mostrar iniciativas prácticas en pro de la agricultura sostenible.

Las diversas colaboraciones que integran el presente texto, dan cuenta de los múltiples argumentos que podrían abarcarse con respecto a las actividades de índole agropecuario y la importancia que adquiere la relación de estas con los derechos de las personas y el ambiente, así como los obstáculos y las oportunidades que pudieren representar.

La presente obra no pretende ser un manual o enciclopedia; pero, su contenido refleja temas de actualidad en la gestión ambiental, de igual manera, aporta con una serie de conceptos, soluciones y opiniones que pretenden arrojar la luz sobre la sostenibilidad.

**Carlos Alfredo Salas Macías**

## **INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial está demostrado que la agricultura debe ser considerada indiscutiblemente como *“cimiento de la sociedad y piedra angular de todas las economías”*<sup>1</sup>. Es dentro de este contexto que surge la importancia de dirigir esfuerzos para procurar su desarrollo, especialmente en los sectores rurales y una búsqueda de sistemas sostenibles para proveer alimento, como una de las mayores preocupaciones dentro del sector.

Los productores e individuos asociados a la agricultura en América Latina se enfrentan a una dura realidad. Según datos de la Comisión Económica para América Latina, *“el 40% de la población latinoamericana vive en zonas rurales; una población cada día más pobre. El 61% de esa población vive por debajo de la línea de pobreza y forma parte de esa enorme cantidad de 900 millones de campesinos pobres del mundo”*<sup>2</sup>.

Esta situación no se presenta espontáneamente, por mala suerte, mala climatología, ni siquiera por no contar con tecnología más avanzada para los cultivos. Según el Programa Mundial de Alimentos (PMA) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)- Latinoamérica, ubicada en un continente con gran riqueza, es capaz de suplir tres veces las necesidades alimenticias de su población actual. Sin embargo, docenas de millones de agricultores latinoamericanos viven en la pobreza y uno de cada 5 niños latinoamericanos pasa hambre y sufre desnutrición crónica; es inevitable pensar entonces que estas *oportunidades* no son aprovechadas de manera óptima lo cual conduce a una producción ineficaz y limitada.

A pesar de las cifras y estadísticas, muchas veces desalentadoras, es fundamental resaltar que Latinoamérica cuenta con excelentes condiciones biofísicas que inducen a una alta producción, además de gran potencial y enormes posibilidades para encontrar formas de aprovechamiento de este patrimonio natural. Es indispensable entonces, una mejor difusión de avances en técnicas y metodologías que aporten significativamente al desarrollo en áreas donde la agricultura es el

---

<sup>1</sup> Whitley C. (2006). Importancia de la Agricultura y la Educación Agropecuaria en el Desarrollo de las Américas. Austin, Texas. EE.UU.

<sup>2</sup> Caño, X. (2005). Agricultura, pobreza y cierto feudalismo. Revista electrónica Vinculando.

sector productivo más importante, en este contexto es trascendental la intervención de los centros encargados de generar información. Dichos centros deberían plantear procesos de capacitación con un enfoque de reflexión, de manera que se generen alternativas apropiadas que contribuyan a un mayor nivel de organización, e incidencia en la toma de decisiones. Cabe recalcar que para propiciar un desarrollo productivo que contribuya a mejorar los niveles de vida, el uso de la tierra debe ser tanto ecológico como económicamente sostenible.

**Carlos Alfredo Salas Macías**

**CAP**



**01**

# **CONCEPTOS Y BASES TEÓRICAS**

**Carlos Salas Macías**

**Miryan Pinoargote Chang**

## **1.1 Conceptualización y bases teóricas**

### **1.1.1 La Agricultura y su incidencia en los procesos naturales**

La agricultura es el proceso de artificialización de la naturaleza, en donde se modifican los ecosistemas naturales con el objetivo de conseguir bienes y servicios que suplan las necesidades de una población. Mediante la domesticación de plantas y animales, la agricultura ha disminuido la diversidad de la naturaleza a un reducido número de especies, simplificando la estructura del ambiente (Thrupp 1998, McNeely y Scherr 2008). Por medio de la agricultura, la alta densidad poblacional actual ha sido posible, ya que la especie humana no se hubiera extendido solo dedicándose a la caza y recolección de alimentos. (Cincotta y Engelman, 2000)

A mediados del siglo XX, a través del aporte de la revolución verde y sus paquetes tecnológicos, la agricultura pudo proveer de alimentos a la creciente población mundial, llegando hasta exceder la producción. El paso de la agricultura tradicional hacia un modelo de agricultura industrial implicó el uso intensivo de las prácticas agrícolas que promovieron un incremento en la superficie de cultivo y en la productividad. Dicho incremento fue posible gracias a los avances científicos y tecnológicos en varias áreas, desde el mejoramiento genético de plantas, pasando por los fertilizantes y plaguicidas, hasta el uso de maquinaria agrícola y de infraestructuras para riego.

Este aumento en la productividad se ha originado también a costa del deterioro de los recursos naturales (suelo, agua y diversidad genética) que son la base de la agricultura. A largo plazo se han obtenido como resultado impactos negativos en el ambiente, la productividad y los rendimientos. Por otro lado, el modelo de agricultura industrial ha provocado una dependencia de recursos no renovables, como los insumos químicos y energías derivadas del petróleo, que cada vez son más costosos. Esto nos lleva a la conclusión de que la agricultura convencional se ha vuelto un sistema insostenible, poniendo en duda su capacidad para suplir las necesidades de alimentos, fibras y combustibles de las futuras generaciones. (Gliessman, 2002)

Los enfoques de la agricultura convencional han fallado, debido a que suponen un solo camino tecnológico para solucionar los problemas de productividad. No se ha

tomado en cuenta la heterogeneidad de los ecosistemas naturales y los sistemas agrícolas de las comunidades latinoamericanas, que tienen una marcada diferencia de la pobreza rural, que contrastan desde sus condiciones biofísicas, socioeconómicas, necesidades y aspiraciones locales, presión demográfica, entre otros. Esta situación conlleva a deliberar sobre si el desarrollo agrícola ha estado, o no, al mismo nivel que las necesidades y potencialidades de los productores. Bajo estas condiciones, la práctica de altos insumos e importaciones de tecnología, ha sido incapaz de reducir los problemas de pobreza y hambre. Por el contrario, ha erosionado los recursos naturales, amenazando los sistemas productivos y la salud humana. (Altieri y Nicholls, 2000)

El reto del siglo XXI de cara al constante crecimiento demográfico, es el de producir en mayor calidad y cantidad, conservando los recursos naturales. Para ello, es fundamental un manejo sostenible de la agricultura que reduzca poco a poco los focos de contaminación; que aproveche los servicios ecosistémicos; que contribuya además con el desarrollo socioeconómico de las comunidades (McNeely y Scherr 2008, WWAP, 2009). Además, se debe garantizar a la población la equidad de acceso a dichos alimentos y a los recursos necesarios para producirlos, ya que en un entorno donde existe una elevada pobreza rural, no hay igualdad en la distribución de la tierra y se degradan los recursos naturales paulatinamente (Altieri y Nicholls 2000, Núñez 2000)

Con la problemática de la producción agrícola actual y futura, la agricultura ha ido evolucionado desde el punto de vista técnico hacia dimensiones más sociales, económicas, políticas, culturales y ambientales. En otras palabras, se ha tomado conciencia de que la agricultura está en crisis y se debe buscar alternativas sostenibles para la producción de alimentos (Altieri y Nicholls 2000). Como consecuencia, en las dos últimas décadas se han propuesto conceptos y tecnologías amigables al ambiente, como los que se describen a continuación:

### **1.1.2 Agricultura sostenible**

La agricultura sostenible surge a partir de la necesidad de querer desarrollar prácticas y estrategias agrícolas que aseguren la producción continua de alimentos y que mantengan la calidad ambiental (Altieri y Nicholls, 2000)



El término sostenibilidad, es en forma general, una versión del término rendimiento sostenido, es decir, “la condición o capacidad de cosechar a perpetuidad cierta biomasa de un sistema que tiene la capacidad de renovarse por sí mismo o que su renovación no está en riesgo” (Gliessman, 2002). Para lograr dicha sostenibilidad, se deben poner en práctica los conocimientos sobre ecología para el manejo de los cultivos y del entorno en el que se desarrollan las parcelas (agroecosistemas), con base en esto se puede enfocar hacia los cambios sociales y económicos para lograr un desarrollo humano sostenible. La agricultura sostenible tiene objetivos correspondientes a los componentes económicos, ambientales y sociales, los cuales deben estar entrelazados y en los cuales la agroecología tiene un rol fundamental (Figura 1).



Dada la complejidad de estos sistemas, muchas veces no se pueden cumplir todos los objetivos, debido a que los agroecosistemas no están aislados y pueden estar influenciados por agentes externos como los cambios en los mercados nacionales e internacionales, los fenómenos naturales (sequías, inundaciones), y la realidad de cada comunidad con sus problemas y soluciones que son muy específicas. (Altieri y Nicholls, 2000)

### **1.1.3 Agropaisaje**

Un agropaisaje es *“todo ecosistema correspondiente al uso agropecuario del espacio”* (Camacho y Ariosa, 2000). En términos generales se los podrían definir como “mosaicos de pequeños remanentes de bosque inmersos en una matriz agropecuaria”. Esta perturbación de un ecosistema natural responde principalmente a la extensión de la frontera agrícola y/o a la conversión de grandes extensiones de bosque a pasturas, causando ello la pérdida de biodiversidad, la perturbación de procesos ecológicos y la degradación de los recursos naturales. A pesar de que se ha comprobado que los agropaisajes pueden conservar algunas especies de flora y fauna es recomendable, para mitigar los efectos negativos del aprovechamiento y como estrategia para sostener la productividad de fincas; la retención, establecimiento y manejo de árboles en cualquier sistema productivo establecido (Sáenz, 2005)

### **1.1.4 Agroecosistema**

Según Gliessman (2000) un agroecosistema es *un sitio de producción agrícola, por ejemplo una granja, visto como un ecosistema*. Bajo este concepto, se pueden analizar los sistemas de producción de alimentos totalmente, con su complejo conjunto de entradas, salidas e interacciones entre sus componentes. Al considerarse los agroecosistemas como una unidad de estudio, esto permite investigar y analizar los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas como un todo (Altieri y Nicholls 2000).

### **1.1.5 Agroecología**

La agroecología es una ciencia, definida como *“la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles”*. Este es un nuevo enfoque de la agricultura que pretende combinar la conservación de los recursos naturales, la agricultura tradicional, local y de pequeña escala, más los conocimientos y métodos modernos de la ecología. A través de los conocimientos de agroecología, se puede desarrollar una agricultura altamente productiva, económicamente viable y amigable con el ambiente, que nos conduce a cambiar los paradigmas para ir evolucionando hacia una *agricultura sostenible* (Gliessman 2002).

Como se muestra en la Figura 1 la agricultura sostenible pretende lograr varios objetivos ambientales, sociales y económicos, como la seguridad alimentaria, erradicación de la pobreza, conservación y protección del ambiente y los recursos naturales. (Altieri y Nicholls, 2000)

La agroecología lleva implícito un sinnúmero de características sobre la sociedad y la producción relacionadas en un entorno mucho más amplio que el de los límites del predio agrícola. Incorpora además el estudio de fenómenos ecológicos e interacciones de los componentes de un cultivo, tales como relaciones depredador/presa, o competencia de cultivo/maleza, entre otras. (Altieri, 1999)

#### **1.1.6 Agroforestería**

La agroforestería representa a todo sistema de producción donde se combinan simultánea o secuencialmente en el tiempo árboles, cultivos y/o animales en una misma superficie de tierra, para satisfacer las necesidades del productor o dueño de un predio.

Desde el plano de la comunidad ecológica, la presencia de varias especies dentro de un sistema productivo promueve la conservación de biodiversidad, sin embargo, la presencia o dominancia de ciertas especies puede también afectar el funcionamiento de un ecosistema, por su influencia en determinados procesos ecológicos. Por ejemplo, un mayor número de especies de árboles fijadores de nitrógeno, como ocurre cuando se cultiva café, puede influir, de manera diferencial en el funcionamiento del ecosistema; la presencia de estas especies afecta los procesos que ocurren a nivel del suelo pues se incorpora materia orgánica con determinada composición química. La descomposición de materia orgánica con alto contenido energético, es decir, con altos contenidos de lignina u otros compuestos ricos en carbono pero pobres en nutrientes como nitrógeno o fósforo, puede llevar a inmovilización microbiana de estos últimos elementos y reducir su disponibilidad para las plantas (Guariguata y Kattan, 2002)

Dentro de las ventajas que presentan los sistemas agroforestales frente a los tradicionales sistemas de monocultivo (Espinoza y Manríquez, 2002) se encuentran:

- El aporte de nitrógeno al suelo, a través de la fijación biológica por las leguminosas arbóreas y arbustivas.
- La recuperación del suelo, mediante la incorporación de hojarasca y abundancia de raíces.
- El aporte de sombra a los animales y a otros cultivos como el caso de los cultivos de café y cacao.
- El suministro de alimentos (frutos y hojas) a los animales durante el período de escasez de pasto.
- El mejoramiento de las condiciones ambientales en general (clima, ciclo hidrológico, entre otras).
- El aporte de maderas finas, blandas y duras para el desarrollo agrícola e industrial.
- La diversificación de los sistemas de producción empleados por el productor, volviéndolos ecológica y económicamente sostenibles.

Los sistemas agroforestales están constituidos por un componente forestal y un componente agrícola o pecuario, o ambos. Sin embargo, este tipo de sistemas de producción no es la simple unión o traslape de estos componentes en el espacio o el tiempo, sino que al establecerse un sistema agroforestal se requiere una modificación de la estructura de los monocultivos de tal manera que los componentes cumplan con las funciones y los objetivos de producción. (Monge y Agüero, 1999)

### **1.1.7 Silvicultura**

La silvicultura es una técnica que tiene como fin el aprovechamiento racional de los bosques en cuanto a su comportamiento vegetal, en especial lo arbóreo (Camacho y Ariosa, 2000). Se refiere principalmente a los tratamientos aplicados en áreas con cobertura forestal (naturales o artificiales) a fin de propiciar, mantener o aumentar la producción de bienes y servicios, cumpliendo con objetivos del propietario y sujeto a restricciones legales, ambientales y sociales. Esta concepción actual de la silvicultura responde a una progresiva evolución conceptual de la misma, promovida durante los últimos dos o tres decenios, dado que antes de este periodo era considerada como una actividad cuyo principal objetivo era proporcionar productos madereros para la industria. Dentro de la silvicultura y el manejo forestal se utilizan varios instrumentos destinados al mejor

aprovechamiento del bosque, incluyendo los subsidios, impuestos y la regulación de las prácticas silviculturales. Tres instrumentos adicionales han sido objeto de atención en años recientes: la certificación, las compensaciones de carbono y los cambios en los derechos de propiedad.

### **1.1.8 Agricultura climáticamente inteligente**

Término propuesto recientemente por la FAO (2010), el cual se define como *“aquella agricultura que incrementa de manera sostenible la productividad, la resiliencia (adaptación), reduce/elimina gases de efecto invernadero GEI (mitigación) y fortalece los logros de metas nacionales de desarrollo y de seguridad alimentaria”*, todo ello asociado al concepto de cambio climático justificando claramente el criterio de que debe transformarse el proceso de hacer agricultura para responder de mejor manera a los desafíos de la seguridad alimentaria.

## **1.2 ¿Hacia dónde dirigir los esfuerzos?**

Sin lugar a dudas la actividad agropecuaria convencional se ha convertido en una de las principales limitantes para la conservación y la protección de los recursos naturales, debido a las características del tipo de agricultura que se promueve y la ganadería por la gran cantidad de aéreas que requiere para su explotación. A nivel mundial estas actividades están caracterizadas por el predominio de sistemas productivos poco amigables ecológicamente e inadecuados a la capacidad y vocación de uso de las tierras, además de propiciar una progresiva fragmentación de los ecosistemas naturales remanentes fuera de áreas protegidas debido a cambios de uso de la tierra. (González *et al.*, 2005)

Ante la situación descrita, se deberían plantear propuestas donde se pretenda incentivar el establecimiento, la retención y el manejo de árboles en potreros y la asociación de árboles con cultivos (Espinoza y Manrique, 2002) que a corto o mediano plazo fomenten la priorización de políticas y prácticas que permitan un balance entre los beneficios ecológicos y socioeconómicos a todos los grupos de interés. En este sentido desarrollar prácticas que contribuyan a un equilibrio ambiental, como por ejemplo: la implementación de sistemas agroforestales, que se caracterizan por permitir la obtención de mayor cantidad y variedad de

beneficios en comparación con los monocultivos. Dependiendo de la complejidad del sistema, puede aprovecharse la función de los árboles (cortinas rompe vientos, enriquecimiento del suelo, etc.), así como productos que generen (leña, madera para diversos usos, resinas, etc.) y aquellos provenientes de los componentes agrícola y pecuario.

El problema requiere el trabajo conjunto de las autoridades responsables por los recursos naturales, el ambiente, agricultura, transporte y obras públicas, turismo, sector forestal y planificación económica, dado que son quienes tienen el conocimiento, la pericia y autoridad esenciales para sacar adelante la iniciativa, de igual manera los organismos regionales, nacionales y locales, tienen que establecer estructuras organizacionales y estilos de administración capaces de procurar la gama completa de objetivos sociales, económicos y de conservación contemplados. Es importante señalar que todas y cada una de las acciones a tomar son en su conjunto un desafío multisectorial. Es necesario luchar contra un posible debilitamiento de la institucionalidad, la reducida asignación presupuestaria para el tema ambiental en los gobiernos, la deficiente aplicación de las leyes ambientales, falta de planificación del desarrollo territorial y ausencia de incentivos económicos apropiados. Es así como sus esfuerzos están dispersos, se duplican, o están en desacuerdo con los mandatos o provisiones legales de otros órganos, creando así conflictos jurisdiccionales permanentes. (Miller *et al.*, 2001)

Otra dificultad a tener en cuenta es la amenaza a los ecosistemas por el incremento de la población en condiciones de pobreza, lo cual se traduce en mayor presión ambiental y sobre los bienes y servicios de los ecosistemas, propiciando una reducción y degradación de las áreas destinadas a conservación, situación que a la vez genera incremento en el número de especies amenazadas o en peligro de extinción, además del aumento de la degradación y contaminación de ecosistemas acuáticos y marino-costeros, afectando las comunidades microbiológicas y reduciendo sus potenciales para otros usos. De la mano a ello, el insuficiente conocimiento científico y la falta de recursos humanos adecuadamente calificados para mejorar la toma de decisiones limita la capacidad de autosostenibilidad de la conservación y manejo de los espacios naturales. (González *et al.*, 2005)

La capacitación técnica, es una actividad sistemática, planificada y permanente cuyo propósito general es preparar, desarrollar e integrar a los recursos humanos al proceso productivo, mediante la entrega de conocimientos, desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el mejor desempeño de todos los trabajadores en sus actuales y futuros cargos y adaptarlos a las exigencias cambiantes del entorno y propiciando un mayor desarrollo socioeconómico y productivo que contribuya a mejorar los niveles de vida. En este sentido, se plantean actividades de corto plazo haciendo mucho énfasis en temáticas agroecológicas con un enfoque de conservación, el uso de metodologías participativas de investigación como las Escuelas de Campo, integración de los sistemas productivos con un máximo aprovechamiento de los recursos disponibles, comercialización alternativa, procesos integrales de investigación campesina para rescatar algunas tecnologías y métodos de producción que son más amigables con el ambiente y la organización comunitaria empresarial.

**En definitiva se plantean las siguientes conclusiones:**

La búsqueda de sistemas agrícolas autosuficientes y diversificados de baja utilización de insumos y que utilicen eficientemente la energía, es ahora una gran preocupación para algunos investigadores, agricultores y políticos en todo el mundo.

El proceso de formación y la incorporación de conocimientos a los pobladores de una zona afectada por procesos de degradación y/o deforestación es fundamental para el éxito de cualquier iniciativa de mitigación, ya que a través de estos procesos, se incorpora la mentalidad de sostenibilidad en las diferentes fuentes de producción que se den dentro y en los alrededores de la zona.

En cualquier región se debería priorizar la vinculación integral de los asuntos biológicos, sociales, culturales y económicos, tomado en cuenta indicadores de fragmentación biológica, social y económica que evidencien el alto grado de vulnerabilidad existente. Por tanto es importante enfocar esta consolidación hacia la filosofía del desarrollo sostenible, donde deben considerarse y fortalecerse tanto el capital natural de la regional, como también el capital social para que ambos

capitales, juntos, provean las bases para el crecimiento económico y el bienestar humano de la zona, pero con una visión de conservación con miras hacia la sostenibilidad en el tiempo.

La conservación de los ecosistemas debe estar subordinada al bienestar humano, pues no todos los ecosistemas pueden ser conservados en su estado virgen. El uso de los recursos no renovables debe ser lo más eficiente posible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M.A. (1999). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay.
- Altieri, M.; Nicholls, C. (2000). *Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Serie textos básicos para la formación ambiental 4. PNUMA. México D.F., México.
- Camacho, A.; Ariosa, L. (2000). *Diccionario de términos ambientales*. La Habana, Cuba.
- Cincotta, R.; Engelman, R. (2000). *Nature's Place. Human population and the future of biological diversity*. Population action international. Whashington, D.C., EE.UU.
- Espinoza, F.; Manrique, A. (sf). *Perspectivas de los sistemas agroforestales y silvopastoriles en Venezuela* (en línea). Recuperado de <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd54/perspectivas.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). (2010). *Agricultura "climáticamente inteligente". Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.



- González, P.; Urquijo, M.V.; Schneichel, M.; Saravia, D.; Centeno, O.; González, Cardenal, L.; Ivanova, L. (2005). Proyecto regional "Establecimiento de un Programa para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano" (PCCBM).
- Guariguata, M.; Catan, G. (2002). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro universitario regional. Costa Rica.
- McNeely, J.A; Scherr, S.J. (2008). *Ecoagricultura: estrategias para alimentar al mundo y salvar la biodiversidad Silvestre*. IICA. San José, Costa Rica.
- Miller, K.; Chang, E.; Johnson, N. (2001). *En busca de un enfoque común para el corredor biológico mesoamericano*. World Resource Institute. Washington D.C., EE.UU.
- Monge, J. y Agüero, R. (1999). *Costos de establecimiento del sistema agro forestal Duraznillo- Naranjilla* (en línea). UCR. San José, CR. Recuperado de [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_XI/a50-6907-III\\_505.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-III_505.pdf).
- Núñez, M. (2000). *Manual de técnicas agroecológicas. Red de formación ambiental. Serie manual de educación y capacitación ambiental*. PNUMA. México D.F, México.
- Sáenz, J. (2005). *Efectos de la fragmentación sobre la biodiversidad en el agropaisaje del norte de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Thrupp, L. (1998). *Cultivating diversity: agrobiodiversity and food security*. World Resources Institute. Washington D.C., EE.UU.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). (2009). *El agua en un mundo de cambio. Hechos y cifras: Alimentación y agricultura. Tercer informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo (WWDR3)*. 5° foro mundial del agua. Estambul, Turquía.

CAP



02

## CONSERVACIÓN

**Carlos Salas Macías**  
**Miryan Pinoargote Chang**  
**Edisson Cuenca Cuenca**  
**Carlos Ruiz Carreira**  
**José Pico Mendoza**  
**Liliana Corozo Quiñónez**  
**Juan Manuel Moreira Castro**

## **2.1 Agua: Consideraciones sobre la situación actual y escenarios futuros**

El agua, sin lugar a dudas, es uno de los elementos más importantes para la vida; constituye casi el 50% de la mayoría de los seres vivos y tiene un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas. Según datos de Shiklomanov y Rodda (2003) el volumen total de agua mundial es de 35,2 millones de kilómetros cúbicos: 97,5% se encuentra en los océanos, dejando un 2,5% de agua dulce de la cual el 68,7% comprende los glaciares, 0,8% de permafrost y 30,1% son aguas subterráneas. Un 0,4% de esta agua dulce corresponde al agua superficial y atmosférica repartida en: 67,4% en lagos, 8,5% en humedales, 12,2% en la humedad del suelo, 1,6% en ríos, 9,5% en la atmósfera y 0,8% en plantas y animales.

Considerando la situación descrita, es imposible negar lo limitado de este recurso, más aún cuando existen estudios que demuestran lo crítico del panorama futuro. Se puede citar entonces las proyecciones realizadas por Rosegrant, Cai y Cline (2002) quienes sugieren que de mantener la tendencia actual en cuanto al uso del agua en las próximas décadas, la extracción mundial se incrementará un 22%. De igual manera en informe preparado por el Día Interamericano del Agua, el cuatro de octubre de 2003, el CEPIS (Centro Especializado de la Organización Panamericana de la Salud), menciona que mientras la población mundial se ha cuadruplicado desde 1900, el consumo de agua ha crecido de siete a nueve veces.

En conclusión, de lo que se puede estar seguro es de que con el pasar del tiempo se han desarrollado múltiples formas de aprovechamiento de los recursos naturales, uno de los más importantes para la producción, es el agua; un recurso que se ve afectado en calidad y cantidad, más aún cuando el cambio climático asociado a prácticas tradicionales en el sector agropecuario crean disminución o contaminación de caudales.

### ***Agua y Agricultura***

A través de los años, las prácticas agronómicas que se han ido desarrollando e implementando de forma acelerada, debido a la creciente población mundial, junto con sus necesidades de alimento, fibras y biocombustibles, han repercutido negativamente sobre los recursos naturales, causando impactos ambientales, económicos y sociales (RAPAL Uruguay 2010, Kolhn y Appelgren, 1999)

Según datos del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP), el 70% del agua proveniente de ríos, lagos y acuíferos es utilizado en actividades asociadas a la agricultura y se estima que los países en vías de desarrollo pueden llegar a utilizar hasta un 90% del total de sus recursos hídricos. Estos datos sirven como fundamento irrefutable para considerar a la agricultura como el mayor usuario del agua dulce del planeta. A ello se suman algunos efectos colaterales de prácticas utilizadas para satisfacer las grandes necesidades hídricas de los cultivos; prácticas que alteran paisajes y amenazan a la biodiversidad local. (McNeely y Scherr, 2008)

En definitiva, se puede establecer que: la demanda de agua para usos domésticos, industriales y agropecuarios se halla en constante aumento debido al crecimiento económico y poblacional, paralelamente las cuencas hidrográficas y las áreas irrigadas se deterioran, y la contaminación de aguas profundas y superficiales se incrementa. (IFPRI, 2008)

### **2.1.1 Contaminación del agua**

Se considera a la agricultura como *punto no localizado de contaminación*, ya que sus emisiones no tienen un lugar de origen exacto y no se pueden identificar fácilmente, diferenciándolo así de una *fuentes localizada*, para los cuales está bien identificado el origen de la contaminación, como por ejemplo las plantas procesadoras de alimentos (Wortmann, 2006). Las malas prácticas agrícolas contribuyen al deterioro cada vez mayor del agua, y dependiendo de sus aportaciones se pueden diferenciar varias clases de problemas.

#### ***Causada por sedimentos***

La deforestación y el uso indiscriminado del arado contribuye a la degradación del suelo, dejándolo vulnerable a las acciones del viento y agua, causando erosión eólica e hídrica. La remoción de las partículas de suelo produce sedimentos quienes al llegar a las fuentes de agua la contaminan, además de llevar consigo otros contaminantes como fósforo y restos de plaguicidas. Los sedimentos causan turbidez en el agua, se acumulan en las orillas de los ríos provocando pérdida de hábitat y gastos económicos para su remoción. (Ongley, 1997)

### ***Causada por nutrientes***

El enriquecimiento de los cuerpos de agua con nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, se conoce como *eutrofización*. Este fenómeno produce una sobreestimulación de las plantas acuáticas, originando desequilibrio en el ecosistema. Actividades como la aplicación de fertilizantes y estiércoles (en cantidades excesivas, tiempo inoportuno, de manera incorrecta y de una fuente inadecuada), con ayuda de la escorrentía y/o lixiviación pueden provocar que se movilicen estos nutrientes hacia ríos, lagos y aguas subterráneas. (Wortmann, 2005)

De manera específica se conoce que el fósforo se adhiere fuertemente a las partículas del suelo. Sin embargo, puede ser movilizado hacia fuentes de agua superficial por medio de la erosión hídrica, escorrentía superficial y cierta parte va disuelta en el agua. Al causar eutrofización, el conjunto de plantas acuáticas reducen la cantidad de oxígeno en el agua a causa de que cuando estos vegetales mueren, van al fondo del cuerpo de agua acumulándose y descomponiéndose, causando la muerte de peces y otras especies, además de que no permiten pasar la luz y disminuyen la claridad del agua. Para reducir los citados efectos indeseables, se recomiendan varias prácticas de conservación de suelos como labranza cero, cultivos de cobertura, mejor manejo de los fertilizantes fosforados, entre otros. (Sawyer y Malarino, 2000)

Por otra parte, el nitrógeno en el suelo se encuentra de varias formas, una de ellas es nitrato-nitrógeno ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) que es muy móvil y su pérdida se produce por lixiviación. Una vez que el nitrato alcanza los cuerpos de agua, causa muchos problemas tanto en la salud humana (síndrome del bebé azul), como a nivel ambiental (hipoxia en el Golfo de México). Para reducir la lixiviación de nitratos se recomienda el uso de varios mecanismos como fraccionar la fertilización, rotación de cultivos entre leguminosas y cereales, además los cultivos de cobertura y los inhibidores de nitrificación (Baker, 2001; Wortmann, 2006) que actualmente siguen siendo evaluados.

### ***Causada por plaguicidas***

La poca o nula información acerca de cómo utilizar correctamente los plaguicidas y su uso indiscriminado en la agricultura ha hecho que sea un alto contaminante de las aguas. Los efectos de los plaguicidas involucran a todo el ecosistema, afecta los

procesos biológicos como la reproducción, inhibe el crecimiento, produce envenenamiento, entre otros. (Ongley, 1997)

#### ***Causada por microorganismos***

Cuando se utilizan estiércoles que no han sido descompuestos de manera adecuada, se puede contribuir a la contaminación del agua. Abonos orgánicos producidos a partir de estas materias primas pueden contener microorganismos patógenos como la Salmonella o E. Coli, que causan graves daños a la salud humana. Se recomienda evaluar este tipo de abonos orgánicos antes de ser utilizados y manejarlos de una manera adecuada. (Soto y Meléndez, 2004)

#### ***Causada por sales***

Cuando se emplean sistemas de riego y drenaje inadecuados en zonas áridas y semiáridas con alta evaporación, se puede tener gran acumulación de sales, que por escorrentía volverán a los cursos de agua. Este exceso de sales produce daños en las plantas y en especial en los suelos ya que contribuye a su salinidad, que en la actualidad se está volviendo un problema común en muchos países. (Ongley, 1997)

En términos generales, el efecto de la producción agrícola es altamente significativo en el uso y calidad del agua, la hidrología y los ecosistemas acuáticos durante todos los segmentos de la cadena de producción. A pesar de ello existen múltiples y efectivas opciones de mitigación que permitirían revertir las tendencias actuales del agotamiento del agua que propician un escenario caracterizado por el permanente aumento de la extracción de agua, el incremento del estrés hídrico y la escasez de este recurso (Rosegrant, Cai y Cline, 2002). Las opciones de mitigación suelen basarse en tres principios fundamentales: la reducción del uso del agua, la reducción del proceso de agotamiento y el mejoramiento de la recarga. (Steinfeld *et al.*, 2009)

#### **2.1.2 Escasez de agua**

Un producto escasea cuando aumenta su demanda y su producción se ve mermada por factores externos. Esto está ocurriendo con el agua, debido al aumento demográfico, se está incrementando el número de usuarios que tienen diversas necesidades que suplir con este líquido vital. La situación actual de escasez de agua se ve agudizada por factores que disminuyen su calidad y disponibilidad como la

contaminación, sobre explotación (FAO 1993) y las anomalías climáticas. Además, las políticas económicas y la estructura gubernamental de las naciones juegan un papel importante en la gestión de los recursos hídricos. Todo esto contribuye a que exista inequidad y una mala distribución del agua (Kolhn y Appelgren, 1999)

De manera contrastante, la agricultura es el principal consumidor de agua dulce y a su vez es un factor importante en la degradación de la misma. Las diversas prácticas agrícolas son consideradas por la FAO como causantes y víctimas de la degradación de los recursos hídricos. Causante del deterioro, ya que aportan sedimentos, nutrientes, residuos de plaguicidas, sales, microorganismos, entre otros, a las aguas superficiales y subterráneas. Y es víctima, porque esas aguas contaminadas son utilizadas para el riego, creando problemas en los cultivos y el suelo, repercutiendo en la salud de productores y consumidores. (Ongley, 1997)

Es indispensable acotar que pese a que la escasez de agua se ha venido considerando como un problema hidrológico (cuando en realidad es cada vez en mayor grado un problema económico, puesto que se trata de un recurso escaso, que al margen de otros usos, es demandado casi en un 90% para actividades económicas), parece pues necesario enfocar la escasez del agua también desde una perspectiva económica, puesto que, pese a sus características especiales, el agua es un recurso al cual podrían aplicársele criterios análogos como los que se usan para asignar otros recursos también escasos.

Esta problemática de la escasez de agua a causa de la agricultura, no es algo reciente, es el resultado de la acumulación por años de contaminantes de todo tipo, debido a la falta de conciencia de quienes promueven la compra de agroquímicos peligrosos; la poca información de los productores acerca de las buenas prácticas agrícolas; el desinterés de los gobiernos por crear leyes efectivas que protejan los recursos hídricos como fuente vital para todas las comunidades y ecosistemas. Una eficaz gestión del agua no es problema meramente de carácter técnico, sino que además, intervienen varios factores sociales, sin dejar de lado el importante papel que juega el conocimiento científico en la toma de decisiones, es necesario hacer una distinción entre escasez *física* y *social* del agua, entendiéndose por la primera como *“la falta de lluvias en un territorio”* y la segunda como *“inadecuada gestión del*

*recurso*” depende de cómo se determine el problema, se deberá plantear alternativas para solucionarlo. (Aguilera, 1999)

### **2.1.3 Gestión del agua**

En las últimas décadas se ha incrementado el interés por el tema de manejo, gestión y conservación del recurso hídrico a diferentes escalas (territorio, fincas), con el objetivo de buscar un uso más eficiente (Conferencia de Mar del Plata en 1997, el Decenio Internacional de Agua Potable y Saneamiento (1981 - 1990), La Conferencia Internacional sobre el agua y el Medio Ambiente de Dublín en 1992, el Tercer Foro Mundial de Agua realizado en Japón en el 2003 y el Año Internacional del Agua Dulce; el Quinto Foro Mundial del Agua en Estambul (Turquía) en marzo de 2009; entre otras); estas iniciativas han ampliado la percepción del problema y han propiciado una visión más integral de cuáles serían las posibles estrategias a utilizar.

La gestión del agua es fundamental para la estabilidad de la producción mundial de alimentos. Un acceso fiable al agua incrementa la producción agrícola, ofrece un suministro estable de numerosos productos agrícolas decisivos e ingresos más altos en las zonas rurales, donde viven tres cuartas partes de las personas que sufren hambre en el mundo. Sin una gestión sostenible del agua en las cuencas hidrográficas, los lagos y los acuíferos subterráneos asociados a ellos, la seguridad alimentaria local, regional y mundial corren riesgos.

Es así como se presenta la necesidad de que los sistemas agrícolas, tanto los dependientes del agua de lluvia como los irrigados, sean mucho más flexibles y adaptables en su planteamiento mediante un ajuste progresivo de los esquemas de irrigación, lo cual provea mantenimiento y/o aumento de la producción en línea con la demanda.

### **2.1.4 Huella hídrica, colores del agua y productividad hídrica**

A medida que la necesidad de preservar el recurso hídrico aumenta, se presentan también, intentos para medir su estado y las posibles respuestas a las presiones sobre el mismo. En las últimas décadas se han venido desarrollando indicadores que conlleven a una buena gestión del agua, es así como surge el concepto de *Huella Hídrica* (HH) (Arjen y Pham, 2002), y productividad del agua.



### ***Huella Hídrica***

Se denomina *Huella Hídrica* (HH) a la suma de toda el agua virtual que necesita un país o una región para atender la necesidad de bienes o servicios de los habitantes de esa zona (Llamas, 2005, Rodríguez *et al.*, 2008, Velásquez, 2009; y Hoekstra, 2003). La huella hidrológica muestra en caso de países, tanto el agua nacional como la importada usada por los habitantes para producir bienes y/o servicios. (Hoekstra, 2003)

Estudios realizados sobre huella hídrica en la agricultura ponen en evidencia un manejo insostenible del recurso y poniendo en juego la seguridad hídrica y alimentaria (Rodríguez *et al.*, 2008). Chapagain y Hoekstra (2004) en un informe sobre huella hídrica de todos los países estiman volúmenes de agua per cápita determinando que los más elevados corresponden a productos agropecuarios, concordando con Serrano (2007).

Para un mejor estudio de la *Huella Hídrica* (HH) se usan colores para el agua dependiendo de su procedencia. Es así como se distinguen los siguientes componentes:

*Agua Virtual* (AV), en un inicio se refería principalmente a la producción de alimentos o agua contenida (Fishelson, 1989), extendiéndose luego progresivamente al estudio del agua necesaria para producir un bien o un servicio de consumo, incluyendo todas sus etapas de producción (elaborar, empaquetar y transportar) una idea de John Anthony Allan, investigador del King's College de Londres y la Escuela de Estudios orientales y Africanos (Llamas, 2005) este concepto recuerda al consumidor que el agua es usada también al comer y vestirse, no solo cuando se utiliza agua per se. (Fernández, 2008)

*Agua Verde*, es el agua en el suelo proveniente de precipitaciones, está en la zona superior del suelo y permite la existencia de la mayoría de la vegetación natural o cultivada, su medición hidrológica y valoración monetaria son complejas (Llamas, 2005)

*Agua Azul*, es el agua de regadío con aguas superficiales o subterráneas que el ser humano aprovecha por medio de estructuras diseñadas para este fin. (Llamas, 2005)

*Agua Gris*, es el agua contaminada resultante de la producción de bienes o servicios.

El conocimiento de la huella hídrica puede servir como indicador para tomar decisiones de consumo sustentable, mientras más elaborado es un producto, más agua se utiliza para fabricarlo. Llamas (2005), afirma que es más barato transportar los alimentos que el agua necesaria para producirlos, según esto se podría decir que la política del agua de un país está íntimamente relacionada con la política agrícola, tanto de producción de alimentos como para importaciones y exportaciones.

Como ejemplo de investigaciones sobre huella hídrica se podría citar datos del informe *Planeta Vivo* de 2008, el cual define el uso de 15.500 litros de agua por kilogramo de carne vacuna asegurando entre los resultados que: *“la carne, la leche y otros productos pecuarios representan el 23% del uso global de agua en la agricultura, lo cual equivale a más de 1150 litros de agua por persona y día.”*(WWF, 2008)

### ***Productividad del agua***

Se refiere al cociente de los productos y los servicios beneficiosos netos producidos en un sistema y la cantidad de agua usada como coste de producirlos (Oweis y Peden, 2008). En otras palabras es la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. (FAO, 2003)

Algunos países áridos o semi áridos han propuesto políticas para resolver los problemas que afloran dada su condición, pudiendo mencionar el caso de Israel o Jordania quienes han reducido o anulado la exportación de cultivos que requieran altos flujos hídricos (Dietzenbacher y Velázquez, 2007), tratando de importar estos productos y dedicar este recurso a otras actividades. (Llamas, 2005)

## **2.2 El suelo como principal capital agrícola**

El suelo es un cuerpo natural proveniente de distintos procesos físicos, químicos y biológicos, actuando sobre el material original, que le imprimen rasgos característicos y es capaz de soportar la vida vegetal (INTA, 2008). Es la capa de materiales que cubre la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman las sustancias necesarias para su nutrición. (Suárez, 1979)

En su proceso de formación, los diferentes tipos de rocas fueron alterados por la acción de los factores ambientales y dieron origen, primero al material madre del suelo y luego al suelo *per se*. (INTA, 2008)

### ***Utilidad***

Un suelo útil es aquel que permite desarrollar determinadas funciones en un ecosistema, que se comporta de manera beneficiosa para satisfacer las necesidades humanas, - entendido esto en un sentido muy amplio- aptitud del suelo para la producción de alimentos, el desempeño de funciones ambientales, información de actividades humanas en el pasado, entre otros muchos aspectos. (Porta *et al.*, 2011)

### ***Calidad***

Es la capacidad que tiene el suelo para funcionar dentro del marco de un ecosistema; es la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo. (Porta *et al.*, 2011)

### ***Salud***

Hace referencia al estado de las propiedades dinámicas del suelo en un momento determinado, dentro de estas propiedades se ubican a aquellas que cambian a corto plazo, tales como: el contenido de materia orgánica, la diversidad de organismos, los productos microbianos, entre otras. (Porta *et al.*, 2011)

### **2.2.1 Como se degradan los Suelos**

De manera muy equilibrada las principales causas para que un suelo llegue a su degradación son la deforestación, la agricultura y el sobrepastoreo. (Herrera, 2010)

*Erosión Hídrica.*- La gota de lluvia, cuando impacta sobre un suelo desnudo tiene un efecto destructor de la estructura, se destruye el agregado y las partículas minerales son proyectadas en todas direcciones, este impacto de las gotas es uno de los responsables del deterioro o destrucción de la estructura de los gránulos del suelo, este es el primer paso del proceso de erosión hídrica, el segundo paso es el escurrimiento lavado o arrastre de la capa superficial del perfil; los suelos degradados, desnudos, con poca materia orgánica o sin una cubierta vegetal protectora contra el impacto de la lluvia, se erosionan con mucha más facilidad. (INTA, 2008)

*Erosión Eólica.*- Se la llama también erosión causada por el viento, es un fenómeno que acontece generalmente en regiones planas y de poca lluvia, donde la vegetación natural crece escasamente ofreciendo una reducida protección al suelo y en donde además soplan brisas o vientos de velocidad considerable. (Suárez, 1979)

*Salinización.*- Un suelo salino es aquel que contiene una cantidad de sales solubles suficiente para afectar adversamente el crecimiento de la mayoría de los cultivos, el límite inferior de salinidad en estos suelos se estableció convencionalmente en una conductividad eléctrica del extracto de saturación igual o mayor a  $4 \text{ dS m}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$  (Álvarez *et al.*, 2010); un porcentaje de sodio intercambiable menor a 15 y el pH menor a 8,5; en estos suelos el problema está dado por las concentraciones de sales como los cloruros, sulfatos y carbonatos de calcio y magnesio (Herrera, 2010). En realidad las plantas sensibles son afectadas por niveles bajos de salinidad, mientras que las plantas tolerantes soportan altos valores. (Álvarez *et al.*, 2010)

*Sodificación.*- En este tipo de suelos se va a encontrar una conductividad eléctrica del extracto de saturación menor a  $4 \text{ dS m}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ , un porcentaje de sodio intercambiable mayor a 15 y el pH mayor a 8.5, en estos suelos el problema está dado por la presencia elevada de sodio absorbido al complejo coloidal arcillo-humus, donde el sodio al mezclarse con agua es muy hidratable, aumenta el tamaño y fácilmente dispersa a las partículas del suelo, compactándolos (Herrera 2010).

*Acidificación.*- La acidificación del suelo por lixiviación de bases responde a un proceso completo en el que interviene el clima, la geomorfología, la vegetación y la propia dinámica hídrica del perfil del suelo, los suelos más ácidos suelen estar localizados en áreas con elevadas precipitaciones; con balances hídricos positivos. Los efectos de la acidificación sobre las plantas son de diferentes índole, pueden distinguirse entre efectos sobre la disponibilidad de nutrientes, y efectos por toxicidad por aluminio, manganeso e hidrógeno. (Álvarez *et al.*, 2010)

*Degradación por Compactación.*- La compactación es una manifestación totalmente contraria a una adecuada infiltración; el suelo va perdiendo paulatinamente materia orgánica, los microorganismos que le son beneficiados van desapareciendo, su estabilidad estructural va disminuyendo y de manera similar su porosidad principalmente su macroporosidad; los elementos nutritivos así como el agua y oxígeno disminuyen, provocando una reducción del sistema radicular; va desapareciendo paulatinamente la cubierta vegetativa definida como “degradación física”. La compactación es inducida generalmente por el hombre a través de las prácticas intensivas de cultivo, maquinarias, sobrepastoreo y otras. (Herrera, 2010)

*Degradación por empobrecimiento de Materia Orgánica.*- El empobrecimiento en materia orgánica hace referencia a la disminución del contenido de la materia orgánica del suelo (MOS), medida a lo largo de un periodo de tiempo que comprende varios años. La disminución del contenido MOS tiene efecto en el propio suelo y repercusiones medioambientales a escala global sobre el secuestro de carbono, la biodiversidad, la pérdida de suelo por erosión y la desertificación. Las iniciativas encaminadas a disminuir el uso de fertilizantes de síntesis química van dirigidas a sustituirlos con aportes de materia orgánica. El incremento de materia orgánica mejora la estructura del suelo, con lo que disminuye el riesgo de erosión. (Porta *et al.*, 2011)

### **2.2.2 Principales prácticas para mejorar los Suelos**

*Aplicación de enmiendas orgánicas.*- La materia orgánica tiene un fuerte poder cementante o de agregación entre las partículas primarias –arcilla, limo y arena–, permitiendo una buena estructura. Un suelo bien estructurado ofrece condiciones óptimas para el desarrollo de raíces, posibilitando buen drenaje y aireación, y

además de aumentar la capacidad de retención hídrica, agua que luego puede ser fácilmente utilizada por las plantas. Un suelo bien estructurado tiene mayor resistencia a la erosión hídrica y/o eólica. (INTA, 2008)

*Encalados.*- Mejora la estructura del suelo en cuanto a forma, tamaño y estabilidad; además de incidir indirectamente sobre la porosidad, textura y permeabilidad del suelo; esta actividad también aumenta la concentración de iones hidroxilos y cationes cambiabiles básicos en la solución del suelo y complejo de cambio, disminuyendo la concentración de iones hidrógenos, aluminio, manganeso y hierro en la solución suelo y complejo de cambio, de tal forma, que reduce la toxicidad de los cationes ácidos, promoviendo la disponibilidad de fósforo, molibdeno, potasio y magnesio, y se incrementa el porcentaje de saturación de bases (Herrera, 2010). Los materiales usados más frecuentes y económicos para el encalado son la dolomita o  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  y la piedra caliza o  $\text{CaCO}_3$ .

*Rotación de cultivos.*- Uno de los principios generales que debe cumplir la rotación de cultivos es que desde el punto de vista nutricional la secuencia sea ventajosa o al menos no perjudicial preferiblemente deben alternarse plantas capaces de extraer nutrientes de las capas más profundas del suelo a las más superficiales; otro punto a considerar son las medidas para el tratamiento de la fertilidad y el control de malezas, insectos y enfermedades; un buen manejo de la rotación puede constituir además de un buen balance de la nutrición (reciclaje) y entrada al sistema de materia orgánica; un control de las malezas, plagas, enfermedades y nematodos, que al romperse sus ciclos de desarrollo no serán hospederas de plagas y vectores de enfermedades que afectan al cultivo sucesor (Alfonso y Monedero, 2004)

*Coberturas y abonos verdes.*- Se utilizan para proteger el suelo contra la acción directa de las lluvias y mejorar sus condiciones físicas - químicas para favorecer el crecimiento del cultivo posterior. La principal importancia de esta práctica es el mejoramiento físico del suelo debido a que al enterrarse un abono verde se mejora las condiciones de aireación y a medida que avanza la descomposición se produce un enriquecimiento del humus del suelo. Un segundo punto de importancia está representado por la solubilidad de varias sustancias minerales del suelo. De igual

manera un tercer punto de importancia es la protección del suelo evitando la acción directa del sol y del agua de lluvia. (Suárez, 1979)

### **2.3 Biodiversidad**

La diversidad biológica o biodiversidad en su sentido más amplio, representa el número, abundancia, composición, distribución espacial e interacciones entre genotipos, poblaciones, especies, y unidades de paisaje en un sistema. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) la define como la variabilidad de organismos vivos incluyendo la diversidad dentro de las especies, entre especies y ecosistemas. La diversidad biológica es necesaria para mantener las funciones fundamentales de los ecosistemas, su estructura y sus procesos.

La biodiversidad en su sentido más conocido representa la variedad o diversidad de seres vivos en el planeta. El número de especies o riqueza de especies, es una de las medidas más empleadas para estimar la biodiversidad. Las estimaciones actuales varían entre 5 y 50 millones de especies, con la cifra más conservadora indicando 13,6 millones de especies (MA, 2005). De estas, solo han sido descritas formalmente por la ciencia 1,76 millones, de las cuales el 80% pertenecen a un grupo tan poco estudiado de los artrópodos, por lo que nuestro conocimiento sobre la biodiversidad actual es notablemente escaso.

Sin embargo, los taxones superiores, que han sido más estudiados, tienen entre el 10 y el 50% de sus especies en peligro de extinción. Investigaciones recientes indican que la mayoría de estas especies conocidas, están en declive en número o en distribución (MA, 2005). Se estima que la pérdida actual de especies es 100 veces superior que las tasas de extinción atribuibles a fenómenos naturales (UNEP, 2007), aunque algunos estudios consideran la tasa de extinción actual, sensiblemente superior (de 10.000 a 100.000 veces). (MA, 2005)

En cuanto a la diversidad en el sector agrícola o agrobiodiversidad, estudios recientes sugieren que el 21% de las razas de animales domésticos del mundo están en riesgo de extinción (FAO, 2007). Desde el inicio de la agricultura, hace 11.000 años, se desarrollaron y manejaron como alimento unas 7.000 especies de plantas y varios miles de especies animales. Hoy, solo 15 tipos de cultivos y ocho

de animales domésticos representan el 90% de los requerimientos calóricos de la alimentación mundial. Se estima que en los últimos 100 años más del 90% de las variedades de cultivos han desaparecido y unas 700 razas de ganado se han extinguido.

El nuevo modelo de desarrollo agroindustrial provoca que se reemplacen razas o variedades locales por razas de alta producción normalmente adaptadas a condiciones benignas. Esto supone la pérdida de rasgos valiosos de razas o variedades locales tales como adaptación a condiciones de sequía, a calidad alimenticia pobre, tolerancia a enfermedades, entre otros aspectos.

### **2.3.1 El reto de la conservación**

La pérdida de biodiversidad se ha convertido en uno de los principales problemas a los que debe enfrentarse la humanidad. Este proceso se ha acelerado en las últimas décadas como resultado del impacto directo e indirecto de actividades humanas sobre los ecosistemas naturales provocando destrucción de hábitat, sobreexplotación de recursos, deterioro medioambiental, desbalance del ecosistema y cambio climático (Singh, 2002). Dicha pérdida de biodiversidad tiene efectos negativos sobre el bienestar humano, debido a que desaparecen numerosos recursos naturales y servicios que ofrecen los ecosistemas al hombre, como la polinización y la regeneración de los suelos, entre otros.

La pérdida de biodiversidad supone dos grandes desafíos para el ser humano. El primero y más importante, es la ausencia de conocimiento de los niveles de biodiversidad global, regional y local. No se puede proteger y conservar lo que no se conoce. El segundo es que se desconoce cuál es la velocidad de pérdida de dicha biodiversidad, es decir, cuán grave es el problema que se debe enfrentar. (Krishnamurthy y Francis, 2012)

Para intentar resolver el primer desafío, y en cierta forma el segundo, se deben buscar herramientas que permitan describir y descubrir la biodiversidad actual de forma rápida y globalizada, con el fin de poder establecer medidas adecuadas para su conservación. En este sentido se destaca la importancia que tienen los inventarios florísticos, como herramienta para determinar el estado actual de la vegetación, su vulnerabilidad y la posición sociológica de las especies, los factores



que influyen en su distribución, el grado de regeneración de hábitats y desde luego el valor ecológico que poseen.

Otra herramienta de evaluación es la técnica del código de barras de ADN (*DNA barcoding*; Hebert *et al.* 2003) la cual proporciona una oportunidad de identificar, inventariar, y estudiar ejemplares para comprender la diversidad de especies en los ecosistemas y su variabilidad genética. La técnica consiste en la identificación de individuos a nivel de género o especie. Para ello se secuencian el material genético (ADN) del individuo problema generando un “código de barras”. Este código se compara con una base de datos de referencia, que incluye otros individuos previamente identificados y secuenciados. Mediante esta comparación se puede ubicar al individuo problema por similitud con otros códigos de barras. La técnica posibilita la identificación masiva de especies de forma rápida y eficiente, además de destacar especies o grupos de especies que requieren un estudio más detallado por parte de los taxónomos. Todo ello permite agilizar la toma de decisiones por los legisladores para establecer medidas adecuadas de conservación en ciertas áreas o linajes.

Como se mencionó anteriormente, a pesar de los 250 años de estudios taxonómicos, la gran mayoría de las especies aún no han sido descubiertas o descritas por la comunidad científica internacional (May, 2000). Esto se debe, en parte, a la lenta y tediosa tarea que conlleva la descripción morfológica de nuevas especies. La crisis de biodiversidad actual requiere por tanto de acciones rápidas y la aplicación de nuevas técnicas estandarizadas y replicables que permitan mejorar la cantidad y calidad del conocimiento real de la biodiversidad actual.

Tal caso lo indica el segundo desafío donde se desconoce qué tan rápido se pierde la biodiversidad y una de las formas de poder cuantificarlo es a través de indicadores ambientales; instrumentos que sirven para verificar la magnitud del grado de amenaza en forma cualitativa y cuantitativa. La elección de estos indicadores es crucial para conocer la calidad en el manejo del ecosistema, debido a ello determinan las condiciones y decisiones a tomar. (Moran *et al.*, 2006)

En definitiva se puede considerar que la pérdida de biodiversidad tiene efectos negativos sobre el bienestar humano, debido a que desaparecen numerosos

recursos naturales y servicios que ofrecen los ecosistemas al hombre. Los principales servicios ecosistémicos que proporciona la biodiversidad al hombre se han catalogado en declive (como formación de suelo, la regulación del ciclo de los nutrientes, la retención del carbono, la regulación de plagas o la polinización). Dichos servicios sostienen la productividad agrícola y ganadera, estimándose que el 40% de la economía mundial se basa en productos y procesos biológicos. (CBD, 2010)

## **Catalogación de la biodiversidad de las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en Mesoamérica**

Carlos Ruiz Carreira<sup>1</sup> y Miguel Hurtado-Burillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>caruiz@um.es. Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Técnica de Manabí. Vía a Santa Ana, km 15, cantón Santa Ana, Manabí (Ecuador)

<sup>2</sup>miguel.hurtado@um.es. Dep. Zoología y Antropología Física. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100 Murcia (España).

### **RESUMEN**

La polinización mediada por insectos constituye un servicio de vital importancia en los ecosistemas agrícolas y naturales. En particular, en los ecosistemas neotropicales, las abejas sin aguijón juegan un papel clave como polinizadores principales; sin embargo, en las últimas décadas se ha evidenciado un declive de estos debido al efecto directo o indirecto de acciones del ser humano sobre los ecosistemas. Con el fin de poder establecer medidas adecuadas de conservación es necesaria primero la caracterización de poblaciones y la detección de posibles especies crípticas. Para ello se analizaron mediante la técnica del código de barras del ADN, 88 colmenas de las tres especies presentes en Mesoamérica del género *Scaptotrigona*: *S. mexicana*, *S. hellwegeri*, y *S. pectoralis*. Los análisis permitieron reclasificar a tres individuos no identificados así como otros tres incorrectamente identificados. Además los análisis de distancia genética establecieron un punto de corte que diferenciaba a las poblaciones de las especies y que sugiere la posibilidad de una especie críptica dentro de las poblaciones de *S. mexicana*, la abeja de importancia económica en México por ser una de las dos especies tradicionalmente manejadas para la extracción de miel.

**PALABRAS CLAVE.** *Polinización, código de barras del ADN, polinizadores, caracterización de poblaciones, insectos.*

## INTRODUCCIÓN

Uno de los servicios más importantes que presta la biodiversidad a los ecosistemas, es la polinización mediada por animales, lo cual contribuye a la reproducción sexual del 90% de las angiospermas y por ello es un fenómeno crítico en los ecosistemas terrestres, tanto para los naturales como los agrícolas (Kremen *et al.*, 2007). El valor económico global de los servicios de la polinización realizada por insectos ha sido estimado en 217 billones de dolares por año. (Gallai *et al.*, 2009)

Las abejas sin aguijón (tribu Meliponini) constan de unas 500 especies y constituyen el grupo de abejas más abundante en los ecosistemas Neotropicales, por lo que juegan un papel fundamental como polinizadores generalistas (Michener, 2007). Numerosos estudios han demostrado su importancia en ecosistemas tropicales (Roubik, 1989) y en cultivos agrícolas (Quezada-Euán, 2009). De igual manera las abejas sin aguijón son productoras de miel y polen, además de ello tienen un valor cultural añadido, ya que han sido domesticadas y criadas por las civilizaciones prehispánicas. (Quezada-Euán *et al.*, 2001)

En la última década, diversas evidencias independientes han mostrado que las abejas nativas y las manejadas están experimentando un aparente declive mundial (NCR, 2007), lo que ha generado una preocupación ecológica y económica (Gallai *et al.* 2009). Se han propuesto numerosos factores para explicar este declive mundial, entre los que destacan una elevada deforestación, el uso excesivo de agroquímicos, la introducción de especies exóticas y el cambio climático (Freitas *et al.*, 2009). Esta problemática se agrava en los ecosistemas tropicales debido al alto riesgo de extinción que presentan sus especies. (Vamosi y Vamosi, 2008)

A pesar de que se desconoce a ciencia cierta la magnitud de los mencionados factores sobre las poblaciones de meliponinos, existen estudios que demuestran la extinción de poblaciones de varias especies de Meliponinos en la península de Yucatán en las últimas décadas. (Quezada-Euán, 2005)

A esta problemática se añaden grandes lagunas en el conocimiento de los meliponinos del Neotrópico. Se estima que en dicha región se conoce sólo un tercio de la diversidad real del grupo (Moure, 2007). Además el grupo presenta

problemas debidos a la alta convergencia morfológica, lo que induce a pensar que existen numerosas especies crípticas (Michener, 2007), especies extremadamente similares en apariencia (morfología, fisiología y comportamiento) pero que se hallan reproductivamente aisladas entre sí.

Todo lo anteriormente expuesto pone en evidencia la prioridad de conservar las abejas nativas para realizar la polinización. Con el fin de poder establecer medidas eficaces de conservación de los Meliponini, es necesario la detección de especies crípticas así como la determinación de la riqueza de especies, su estructura poblacional y la diversidad intraespecífica de abejas neotropicales, entre otros aspectos de importancia. (Freitas *et al.*, 2009)

En respuesta a estas necesidades, surge la técnica del código de barras del ADN o (*DNA barcoding*) que consiste en la identificación de individuos a nivel de especie o género, mediante la secuenciación del ADN y análisis de su información genética. El análisis del material genético del individuo problema genera un “código de barras” que permite identificar al individuo cuando se compara con una base de datos de referencia, elaborada con otros individuos previamente identificados y secuenciados. Dicho análisis permite caracterizar la variabilidad genética de las poblaciones estudiadas, así como la detección de posibles especies crípticas o desconocidas para la ciencia.

La técnica ha demostrado ser una potente herramienta para la caracterización de especies descritas y desconocidas (Hebert *et al.*, 2003) gracias a que su estandarización, rapidez y bajo coste ha permitido que la comunidad científica internacional catalogue una amplia cantidad de especies en un corto periodo de tiempo. En particular, desde la implementación de la técnica en 2003, en el orden Hymenoptera, se han catalogado 177.000 ejemplares pertenecientes a 19.000 especies de 113 países, lo que representa un 15 % de toda la diversidad conocida del orden. La aplicación de la técnica del código de barras del ADN en las abejas sin aguijón (tribu Meliponini) ha puesto de manifiesto la existencia de unidades reproductivamente aisladas en varias especies de abejas como *Melipona yucatanica* (May-Itzá *et al.*, 2010), *M. beecheii* (May-Itzá *et al.*, 2012) y *Scaptotrigona hellwegeri*. (Quezada-Euán *et al.*, 2012)

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

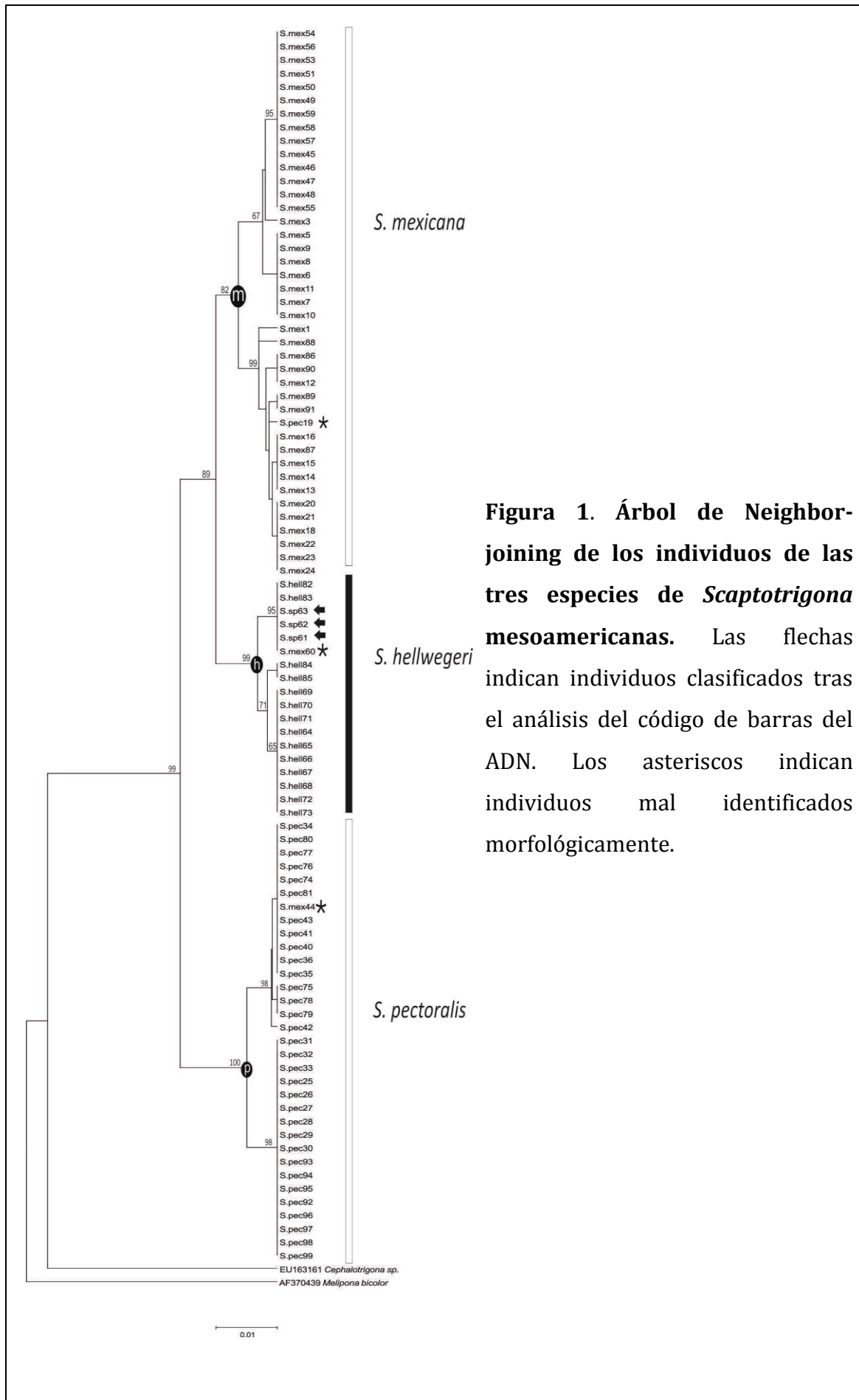
Estos estudios han incentivado el análisis de las especies mesoamericanas del género *Scaptotrigona* (Hurtado-Burillo *et al.* 2012). Se analizaron las tres especies de *Scaptotrigona* con distribución en Mesoamérica: *S. hellwegeri*, *S. pectoralis* y *S. mexicana*. Esta última tiene una gran importancia económica ya que es una de las dos especies de abejas sin aguijón tradicionalmente manejadas en México para la producción de miel y otros productos. Para este estudio, se colectaron 88 colonias situadas a lo largo del rango de distribución de las especies y de cada colonia se extrajo el ADN de una abeja obrera. Tras la amplificación y secuenciación del fragmento de ADN usado como “código de barras”, se procedió a su análisis para la delimitación de especies así como para evaluar la diversidad genética en las poblaciones de las tres especies.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados permitieron identificar a tres individuos que no habían sido identificados mediante el estudio de sus caracteres morfológicos, así como la reclasificación de otros tres ejemplares mal identificados *a priori* (Figura1). Los resultados moleculares fueron confirmados con un estudio morfológico *a posteriori* de los individuos problema. Los análisis de distancia genética mostraron que todos los ejemplares de una misma especie se agrupaban con un alto soporte estadístico.

Por otro lado, el análisis de la distancia genética entre individuos de diferente especie y entre individuos de la misma especie, permitió definir un punto de corte (1,58%) para establecer el límite que con un 95% de probabilidad separa la distancia entre especies, de la distancia intraespecífica, dentro de la misma especie. Este punto de corte, permite identificar posibles especies crípticas. En el análisis, la distancia genética entre las poblaciones de *S. mexicana* - la especie de importancia económica - superaba el punto de corte establecido, lo que sugiere la existencia de una posible especie críptica. El árbol de distancia también diferenció claramente dos grupos de poblaciones: Veracruz y Chiapas (Figura 1). Estos resultados deben confirmarse con otros estudios más detallados que incorporen e integren datos de otros caracteres morfológicos, ecológicos y genéticos, así como otras poblaciones en todo el rango de distribución de *S. mexicana*. En caso de confirmarse la

existencia de una especie críptica, deberán implementarse medidas adecuadas para conservar ambos linajes, así como para evitar translocaciones de colmenas a largas distancias.



**Figura 1. Árbol de Neighbor-joining de los individuos de las tres especies de *Scaptotrigona* mesoamericanas.** Las flechas indican individuos clasificados tras el análisis del código de barras del ADN. Los asteriscos indican individuos mal identificados morfológicamente.



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En conclusión, estos resultados, junto con los estudios anteriormente citados, confirman la utilidad del código de barras del ADN para una primera caracterización de la diversidad de especies de abejas sin aguijón, ya que permiten catalogar la riqueza de especies de una forma rápida, barata, eficiente y estandarizada. La riqueza específica y la diversidad filogenética son dos indicadores usados para establecer áreas prioritarias de conservación por lo que esta técnica puede contribuir a las políticas de conservación acelerando el conocimiento de la biodiversidad local para priorizar áreas de conservación así como para evaluar el éxito de medidas de conservación emprendidas.

### **2.3.2 Bosques y su rol potencial en los ecosistemas**

#### ***Bosques y biodiversidad***

“La biodiversidad o diversidad biológica se refiere a la variabilidad de todos los organismos vivos y los complejos ecológicos en los que se da”. Se puede determinar a nivel genético, a nivel de especies y a nivel de ecosistemas y se mide mediante la abundancia, número de especies y su frecuencia relativa. (Harvey, 2001)

Dentro de los ecosistemas la biodiversidad forma la base para su funcionamiento, motivo suficiente para fomentar su conservación y/o restitución, además de cumplir funciones de regulación de organismos indeseables y eliminación de sustancias químicas nocivas (Altieri, 1999) considerados como servicios ecosistémicos. Con base en ello se podría asumir que si la biodiversidad disminuye se presentarían graves consecuencias para la humanidad.

Es así que los bosques y otros usos de tierras como los forestales, además de los recursos genéticos de las especies leñosas que contienen, son el hábitat de una cuantiosa gama de otros vegetales y especies animales, las cuales contribuyen a la suma total de diversidad y recursos genéticos que existe sobre la tierra. (FAO, 1995)

En las próximas décadas, la mayor parte de las áreas forestales sin aprovechar, fuera de la limitada extensión de los sistemas de áreas protegidas, serán explotadas para producir madera. En los bosques madereros excepto en los que las operaciones mecanizadas intensivas, fuegos o cultivos ilegales han causado fuertes daños, se mantiene todavía gran parte de la diversidad vegetal original y, a menudo, son aptos para volver a ser colonizados por la fauna más importante (Johns 1988 y Johns, 1992)

#### ***Bosques y suelos***

Los suelos son sin lugar a dudas el activo más importante de la producción agropecuaria y no está exento de los cambios o alteraciones que pudiere resultar de su manejo. Dentro de las funciones del suelo se deben destacar también la capacidad de proporcionar hábitats para una gran diversidad de organismos, la

regulación del ciclo del agua, del carbono y del intercambio de radiación y calor con la atmósfera.

Si se comparan los aspectos mencionados en suelos desprotegidos versus suelos con cobertura boscosa se podría comprender el beneficio de los árboles dentro de los ecosistemas. En este sentido, Salas *et al.* (2010) concluyen que la escorrentía superficial y la erosión hídrica muestran correlaciones positivas con el suelo desnudo, lo cual se constituye como evidencia de la importancia de la cobertura. También se puede citar como beneficio de los bosques la protección de los suelos por interceptación y reflexión de las radiaciones, de las precipitaciones y de los vientos, la absorción, reserva y liberación de anhídrido carbónico, de oxígeno y de elementos minerales, el almacenamiento eficaz de la energía bajo forma utilizable para la fito y zoofauna y los procesos de regeneración que proveen.

### ***Bosques y Servicios ecosistémicos***

Es bastante conocido que los ecosistemas que cuentan con la presencia de especies arbóreas cuentan con un mejor ciclaje de nutrientes, ya que éstas incorporan nutrientes a su biomasa y luego estos son regresados a la superficie del suelo a través de los aportes de hojarasca. Algunas especies de árboles, especialmente los leguminosos, tienen la capacidad de fijar altas cantidades de nitrógeno atmosférico, además de ello favorecen el recambio radicular (después de podas o ramoneo) la protección contra la erosión hídrica y eólica, mejoran la calidad física y química del suelo, permitiendo la recuperación de áreas degradadas. De la misma manera se conoce el efecto positivo de los bosques sobre el ciclo hidrológico, pudiendo citar investigaciones como las de Ríos (2006) y Salas *et al.* (2010) quienes concluyeron que la escorrentía superficial disminuye y la infiltración aumenta con una mayor cobertura arbórea siendo esta práctica de gran utilidad para la conservación de agua en el suelo.

Varios países que han desarrollado experiencias sobre pago por servicios ambientales (PSA), han enfocada estos casi exclusivamente hacia los usos de la tierra de bosques y plantaciones forestales. No obstante, los paisajes agropecuarios pueden jugar un rol importante en la generación de servicios ambientales paralelo

a la provisión de productos para satisfacer el bienestar de las familiar rurales. (Casasola *et al.*, 2009)

No cabe duda de que esta identificación y venta de servicios ambientales podría convertirse en una alternativa atractiva para facilitar las actividades del sector agropecuario en materia ambiental, sin embargo, se debe indicar que su operacionalización es un tema en constante debate. Esta situación requiere conciliar intereses grupales más allá de la unidad de producción, dependiendo del recurso, las condiciones y del instrumento de incentivo que se pretenda aplicar. (Aguirre, 2002)

### **Bosques y carbono: relación biomasa-carbono.**

Una problemática ambiental mundial a la que se enfrentan las naciones es la variación temporal meteorológica promedio esperada o normal (para un lugar y tiempo dado), fenómeno comúnmente llamado *Cambio climático*. Este fenómeno se atribuye generalmente a la concentración de los denominados “gases de efecto invernadero” en la atmósfera, incidiendo en el aumento de la temperatura media global. Según el IPCC (2007) gases como el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el Ozono (O<sub>3</sub>) producirían un aumento de la temperatura global entre un 3 y 5 °C y afectarían los patrones actuales de precipitación debido al impacto dentro del sistema tierra-oceano-atmosfera. Entre estos gases, el más importante debido a su abundancia, es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producido en grandes cantidades por actividades antropogénicas, además de ello, cerca de un 20 % de las emisiones de este gas son resultantes de la degradación o eliminación de ecosistemas naturales como los bosques (Cannell 1996, Schimel *et al.* 2001, Schlegel 2001)

Los esfuerzos hacia la mitigación de los efectos del cambio climático deben apuntar hacia mantener niveles bajos de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, mismos que actualmente son alarmantes (IPCC, 2007). Para disminuir este nivel, es necesario fomentar áreas con capacidad de absorber cantidades considerables de CO<sub>2</sub> (mayores a las emitidas). Los ecosistemas boscosos se presentan como grandes sumidero de carbono conteniendo más del 80% del carbono global de la superficie, debido a que contienen aproximadamente el 50% del carbono global.

El concepto de captura de carbono en la biomasa arbórea hace referencia a “la cantidad total de materia orgánica viva de los árboles (hojas, ramas, tronco, corteza) expresada en toneladas de peso seco al horno/unidad de área (árbol, hectárea, región, país)” (Brown, 1997), en especial a la biomasa arbórea sobre el suelo. La biomasa en un bosque es el resultado de la diferencia entre la producción a través de la fotosíntesis y el consumo por la respiración, y procesos de cosecha (Bennaceur *et al.*, 2005). Diversos estudios han señalado el potencial que tienen los bosques en cuanto al almacenamiento de carbono se refiere, pudiendo citar a Fosberg *et al.* (1992); Bouwman *et al.* (1995); (Brown *et al.*, 1996); (Cannell, 1996); (Ciesla, 1996); (Brown, 1997); De Britez (2007); (Phillips *et al.*, 1998); (Ávila *et al.*, 2001); (Schimel *et al.*, 2001); (Oelbermann *et al.*, 2004); (Mutuo *et al.*, 2005); (Fonseca *et al.*, 2009), entre otros

Los bosques, como fuentes de servicios ambientales, por su ubicación geográfica y a su vez por el entorno socioeconómico en que se encuentran, cada vez son más vulnerables debido a causas como los incendios forestales, tala ilegal, actividades de tipo antropogénica para la agricultura y la ganadería, que hasta en décadas pasadas su utilización se basaba en prácticas no sostenibles con el manejo de los recursos

A continuación se presenta una investigación sobre la evaluación realizada en el área de reserva del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, cuya vegetación ha tenido menos intervención en relación a las demás colinas de la ciudad de Portoviejo. El principal objetivo del estudio fue inventariar las especies vegetales predominantes en el área mediante una identificación taxonómica. Esta iniciativa surgió debido a la necesidad de conocer las especies existentes del lugar, ya que no se contaba con un inventario y la única información disponible comprendía nombres comunes dados por los habitantes del sector, la cual era transmitida de generación en generación

Se consideró entonces realizar el estudio, identificando las especies, y realizando un estudio estructural del bosque, pudiendo conocer los parámetros de abundancia, frecuencia, dominancia, posición sociológica e índice de valor de importancia, esta información sería de gran importancia al momento de proponer

medidas en caso de que algunas especies presenten vulnerabilidad en estos ecosistemas.

## **Estudio taxonómico de las especies vegetales del Área de Reserva del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí**

José Pico Mendoza<sup>1</sup> Jorge Vizcarra Torres<sup>2</sup> Juan Moreira Castro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>jwpico@utm.edu.ec. Facultad de Ingeniería Agronómica - Universidad Técnica de Manabí. Vía a Santa Ana, Km 15. Cantón Santa Ana, Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup>Jorge Vizcarra Torres. Facultad de Ingeniería Agronómica - Universidad Técnica de Manabí. Vía a Santa Ana, Km 15. Cantón Santa Ana, Manabí, Ecuador.

<sup>3</sup>juanmoreiracastro@hotmail.com. Jardín Botánico - Universidad Técnica de Manabí, Km 1<sup>1/2</sup> vía a Crucita. Portoviejo, Ecuador.

### **RESUMEN**

La vegetación que se encuentra presente en las colinas de Portoviejo corresponde a un monte espinoso tropical. En el área donde se llevó a cabo el estudio (37 ha de área de reserva del Jardín botánico de la Universidad Técnica de Manabí) se encuentran 19 familias y 38 especies forestales. En mayor abundancia se presentan las especies del género *Capparis* con 140 individuos, seguidas de las *Fabaceae* con 71 y las *Bombacaceae* con 59 individuos respectivamente. Siendo la especie de mayor frecuencia *Capparis flexuosa* y la de mayor área basal *Ceiba pentandra*.

**PALABRAS CLAVE:** Taxonomía, inventario florístico, abundancia, frecuencia, dominancia, posición sociológica, estudio estructural.

### **INTRODUCCIÓN**

Los bosques secos representan el 42% de las áreas tropicales y sub tropical a nivel mundial (Murphy y Lugo, 1986). Siendo estos menos estudiados y valorados en relación a los bosques húmedos, debido al desconocimiento sobre la biodiversidad que alberga. En Ecuador, la región costa o litoral atraviesa serios inconvenientes por el grado de afectación que repercute sobre su flora, a causa de actividades antropogénicas como la deforestación, el aumento de áreas agrícolas, los asentamientos humanos, entre otras. Estas afectaciones han ocasionado que la flora que poseen las colinas de Portoviejo sea desplazada, ocasionando múltiples

problemas ambientales y sociales, dejando de lado el valor que tiene la flora nativa de estos bosques y los servicios que proveen. Por tanto, la necesidad de determinar, cuantificar y describir la flora existente de este tipo de ecosistema es una prioridad para poder entender y comprender sus interacciones, efectos y composición, sin dejar de lado las funciones que cumplen en beneficio del ambiente y la sociedad. Además de ello se determinará el estado actual de esta vegetación mediante análisis de parámetros de abundancia, frecuencia y dominancia de las especies presentes en el área.

### **DESCRIPCIÓN DEL SITIO**

El inventario florístico se lo realizó en 37 hectáreas del área de reserva del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en el cantón Portoviejo, en el kilómetro 1½ de la vía Crucita, con una precipitación promedio de 500 mm, temperatura de 25,2 °C, humedad relativa de 74%, y de topografía irregular.

### **METODOLOGÍA**

El tamaño de la muestra fue de 10.000 m<sup>2</sup> dividida en 20 parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup> con un radio de 12,62 m, se evaluaron especies forestales con DAP igual o mayor a 5 cm. En el interior de estas parcelas se implementaron subparcelas de 100 m<sup>2</sup> para el estudio de regeneración natural, y para la evaluación de las arvenses se utilizaron parcelas de 1 m<sup>2</sup>. Las parcelas se ubicaron en los diferentes pisos altitudinales (90, 100, 110, 140, 170, y 250 m.s.n.m.) distribuyendo las parcelas de la siguiente forma: una parcela en la cota 90, una en la cota 100, cinco parcelas en las cotas 110, cinco en la 140, cinco en la cota 170 y tres parcelas en la cota 250. Las muestras botánicas fueron recolectadas para su identificación en los herbarios de Guayaquil y Quito.

### **Cociente de mezcla**

Con el número de árboles y especies encontrados se determinó el cociente de mezcla, midiendo la heterogeneidad del bosque ( $CM = \text{Número de especies} / \text{Número de individuos}$ ).

### **Abundancia**

Es el número de árboles por especie encontradas en la muestra que corresponde a la abundancia absoluta (Ab).



### **Frecuencia**

Es el parámetro que mide la distribución de las especies en el bosque, y se la obtiene en porcentaje con relación al número de sub parcelas en la que está presente la especie.

### **Dominancia**

La dominancia absoluta es la suma de las áreas basales de todos los árboles de 10 o más cm de DAP de cada una de las especies proyectadas sobre el suelo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el estudio taxonómico realizado en el Área de Reserva del Jardín Botánico en la Universidad Técnica de Manabí se han encontrado las especies típicas del bosque seco tropical, en el que por su altura y voluminoso tallo sobresale *Ceiba pentandra*, *Erytheca ruizii*, *Bursera graveolens*, *Erythrina velutina*, además de los diferentes especies del género *Capparis*, que se caracterizan por su abundancia.

### **Cociente de mezcla y biodiversidad**

El valor de este cociente se encuentra entre 1/8 a 1/9, demostrando que es un bosque heterogéneo, los árboles inventariados pertenecen a 38 especies, de las cuales 2 no han sido identificadas; 28 géneros más 2 no identificados; y 18 familias con 27 arvenses, demostrando similitud con los resultados obtenidos por Valverde *et al.* (1991) y Peña *et al.* (2007).

### **Abundancia**

Los individuos con DAP igual o mayor a 5 cm de DAP encontrados en las parcelas muestreadas suman 382. El mayor número de individuos pertenecen a la familia *Capparidaceae* seguida por las familias *Fabaceae* (*Mimosoideae*, *Caesalpineaceae* y *Faboideae*), *Bombacaceae*, *Cactaceae*, *Buerseraceae*, *Erytroxilaceae*, que suman un total de 322 individuos representando el 84,3%, coincidiendo con lo reportado por Gentry (1995) y Aguirre *et al.* (2006). Las familias *Theophrastaceae*, *Euphorbiaceae*, *Sapotaceae*, y *Bixaceae*, con 35 individuos, representan el 9,2%, las familias *Boraginaceae*, *Caricaceae*, *Rhamnaceae*, *Nictaguinaceae*, *Rutaceae*, *Malpigiaceae*, *Opiliaceae* y *Solanaceae* con 20 individuos representan el 5,2% y 5 individuos de familias no identificadas, representan el 1,3%.

## **Frecuencia**

Las especies de mayor frecuencia son *Capparis flexuosa*, *Eriotheca ruizii*, *Ceiba pentandra*, *Pilocereus tweedyanus*, *Bursera graveolens*, *Mimosa acantholoba*, *Capparis sclerophylla*, *Capparis scabrida* y *Erythroxylum patens*, especies que se relacionan igualmente con las de mayor abundancia, coincidiendo lo expuesto por Gentry (1995).

Si bien estas especies son características de este tipo de ecosistemas, tanto su distribución como su abundancia están condicionadas a factores ambientales (Lamprech 1990) como precipitaciones (Gentry, 1988) y el suelo (Clark *et al.*, 1998)

## **Dominancia**

Representa la suma de las áreas basales de todos los individuos de las especie. En primer lugar se ubica *Ceiba pentandra* con una dominancia absoluta de 5,38 m<sup>2</sup>, seguido por *Eryotheca ruizii* con 1,57 m<sup>2</sup> y *Bursera graveolens* con 0,77 m<sup>2</sup>, que son los árboles con mayor diámetro. *Capparis flexuosa* y *Erythrina velutina*, que también son árboles de buen diámetro, tienen únicamente 0,44 y 0,30 m<sup>2</sup> respectivamente, debido a su baja abundancia. *Pithecellobium excelsum* y *Capparis scabrida* tienen una dominancia de 0,25 m<sup>2</sup> cada uno. Las demás especies cada una tienen valores menores a 0,25 m<sup>2</sup>, debido a su poca abundancia (1 a 4 árboles por hectárea).

En total la dominancia absoluta es de 9,97 m<sup>2</sup>, de esta área total, siete especies suman 8,95 m<sup>2</sup> que corresponden a: *Ceiba pentandra* (5,38 m<sup>2</sup>), *Eryotheca ruizii* (1,57 m<sup>2</sup>), *Bursera graveolens* (0,77 m<sup>2</sup>) *Capparis flexuosa* (0,44 m<sup>2</sup>), *Erythrina velutina* (0,30 m<sup>2</sup>), *Capparis scabrida* (0,25m<sup>2</sup>); y *Pithecellobium excelsum* (0,25 m<sup>2</sup>). Las demás especies en total suman 1.02m<sup>2</sup> de área basal.

De los resultados obtenidos en cuanto a dominancia absoluta *Ceiba pentandra* es el más importante con cerca de 6 m<sup>2</sup> que representa el 50% de la dominancia total y tiene una distribución uniforme en toda el área, le siguen en importancia *Eryotheca ruizii*, *Capparis flexuosa*, *Capparis scabrida*, *Bursera graveolens*, *Erythrina velutina*, y *Pithecellobium excelsum* , sumados sus áreas basales ocupan 11,92 m<sup>2</sup> que representa el 89 %, constituyendo las especies predominante en ecosistemas de

bosque muy seco tropical. Una característica en común de especies dominantes es su capacidad para perder el follaje en el periodo seco. (Aguirre *et al.* 2006 citado por Espinosa *et al.*, 2012)

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La distribución de las especies por pisos está dada de la siguiente forma: Piso superior 44, piso medio 158 y piso inferior 180, dando un total de 382 árboles. En cuanto a las especies, en el piso superior encontramos a *Ceiba pentandra* (19 árboles), *Eriotheca ruizii* (14 árboles), *Bursera graveolens* (5 árboles), *Cochlospermum vitifolium* (3 árboles) y una especie no identificada con 2 individuos; en el piso medio, las especies con mayor número de árboles son: *Capparis flexuosa* (31 árboles), *Eriotheca ruizii* (19 árboles), *Erythroxylum patens* (12 árboles), *Bursera graveolens* (11 árboles), *Pilocereus tweedyanus* (10 árboles), *Leucaena trichodes* (10 árboles), *Mimosa acantholoba* (10 árboles), *Capparis scabrida* (9 árboles); el resto de especies están representadas por 4 o menos individuos por especie, entre ellas se puede encontrar a *Ceiba pentandra* (3 individuos). En el piso inferior la especie con mayor abundancia es *Capparis flexuosa* con 59 individuos, *Capparis mollis* y *Bahuinia aculeata* con 10 individuos cada una; cactus *Pilocereus tweedyanus* y *Jacquinia sprucey* con 9 individuos para cada especie; *Erythroxylum patens* con 8 árboles; 28 especies con una representación de entre uno y seis árboles, y las 13 especies restantes sin ningún árbol, entre ellos *Ceiba pentandra*. De acuerdo a esta distribución de especies y árboles, si se toma en cuenta los valores absolutos, sin hacer referencia a especies que ofrecen una distribución sociológica regular, es decir, el número de individuo disminuye gradualmente a medida que ascienden en el sentido vertical del techo de la comunidad. Según este análisis se ha observado que, en la estructura vertical hay poca regularidad en las especies, por lo que se puede determinar que es un ecosistema muy frágil y que cualquier intervención que se realice en este, está expuesto a sufrir fuertes impactos, causando gran porcentaje de degradación.

### **2.3.3 Recursos Fitogenéticos: Caso *Capsicum sp.***

#### ***Marcadores moleculares***

Los marcadores moleculares permiten apoyar y acelerar la identificación de la diversidad genética existente y de genes de interés económico y social; de igual manera son muy útiles en el mejoramiento genético ya que permiten la selección más rápida y precisa de nuevos genotipos. Esta es una tecnología que en la actualidad se encuentra muy difundida y su aplicación es cada vez mayor debido a su versatilidad. (Pastor, 2005)

#### ***Polimorfismo en la Longitud de Fragmentos Amplificados- AFLP***

El análisis de AFLP (“Amplified Fragment Length Polymorphism” o polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados) representa la tecnología más reciente para la obtención de un gran número de marcadores moleculares distribuidos en genomas de procariontes y eucariontes.

El ensayo de AFLP combina la especificidad, resolución y poder de muestreo de la digestión con enzimas de restricción con la velocidad y practicidad de detección de polimorfismo vía PCR. Desde su desarrollo y divulgación (Zabeau, 1993), esta técnica ha sido utilizada de forma creciente para diversas finalidades, tales como “fingerprinting”, mapeamiento genético localizado (“Bulk Segregant Analysis”) y construcción de mapas genéticos, principalmente en especies de plantas cultivadas que presentan una baja tasa de polimorfismo de ADN. (Ferreira y Grattapaglia, 1998)

#### ***Base genética***

El polimorfismo detectado en los fragmentos AFLP, resultan de mutaciones de punto, inversiones, deleciones o inserciones. Dichas alteraciones, conllevan a la pérdida o creación de un sitio de restricción y/o a una alteración de la secuencia reconocida por los nucleótidos arbitrarios en los extremos de los iniciadores. Los marcadores AFLP son dominantes, no permitiendo la detección de heterocigotos, lo que no permite distinguir alelos de un locus.

#### ***Ventajas y limitaciones de los AFLP***

La principal ventaja que destaca esta tecnología con respecto a las demás es la obtención de un gran número de fragmentos amplificados que se originan y revelan en un único gel de marcadores AFLP, constituyéndose en una de las más altas tecnologías hasta el momento (Ferreira y Grattapaglia, 1998). Adicionalmente no requiere información previa de la secuencia de ADN y es de naturaleza reproducible. Debido a su gran poder de detección de variabilidad genética, explora simultáneamente el polimorfismo de presencia y ausencia de los sitios de restricción, como los ensayos RFLP, así como la existencia o no amplificación a partir de secuencias arbitrarias, tal como los ensayos RADP.

Los fragmentos AFLP corresponden a posiciones únicas en el genoma y por tanto pueden ser utilizados como marcadores tanto en mapas genéticos como físicos, siendo cada fragmento caracterizado por su tamaño y por el primer requerido para su amplificación. Además la técnica de AFLP permite la detección de fragmentos de restricción de cualquier procedencia o complejidad (Voz *et al.*, 1995)

Dentro de las limitaciones de los marcadores AFLP, se ubica su dominancia lo cual se traduce en un bajo contenido de información genética por locus. Esto significa que solo se detecta un alelo (el fragmento que se amplifica). Los genomas heterocigotos, no pueden ser diferenciados directamente de los homocigotos. Los ensayos, incluyen varias etapas, más reactivos y un mejor equipamiento del laboratorio. Por trabajarse con enzimas de restricción, el ADN debe ser de muy buena calidad y cantidad, lo que demanda métodos de extracción más elaborados. Para su detección, son necesarios geles de poliacrilamida y, según sea el caso, el uso de iniciadores marcados con radioisótopos o fluorescencia. Estos factores, incrementan considerablemente los costos al emplear esta técnica.

**La unidad taxonómica operativa (OTU)**, es el taxón que está siendo investigado para su ubicación en una determinada agrupación de individuos que comparten un carácter en común. Su elección depende en gran parte de la estrategia y de los objetivos del trabajo taxonómico. Cada una de las OTU debe ser internamente lo más homogénea posible, aunque siempre exista alguna variación interna en el individuo como unidad (Variación intra OTU). El número de las OTU está dado por el número de taxones en estudio.

Los caracteres, son las diferencias existentes entre los objetivos a clasificar. Es cualquier propiedad que varía en las OTU en estudio. Los posibles valores que ese carácter pueda presentar se les consideran sus estados (Sneath y Sokal 1973). Los tipos de caracteres pueden ser morfológicos, fisiológicos, químicos, etológicos, ecológicos, geográficos o genéticos (Crisci y López, 1983)

El tipo de dato o estado de carácter, puede ser:

- Datos dobles estado:

a. presencia/ausencia, llamados también binarios.

b. estados excluyentes.

- Datos multiestado:

a. cualitativo: Sin o con secuencia lógica.

b. cuantitativo: Continuos o discontinuos.

El número de caracteres a evaluar es arbitrario. No existe un número estándar o fórmula, para calcular el número que se deberían emplear, aunque algunas consideraciones generales podrían ser útiles en este punto: mientras mayor sea el número de caracteres evaluados mayor será la información recolectada ya que estos caracteres tomados al azar y sin sesgo estarán representando una muestra al azar del genoma. (Sokal y Sneath, 1963).

### ***Análisis de agrupamiento***

Comprende técnicas que siguen reglas más o menos arbitrarias para formar grupos de OTUs que se asocian por su grado de similitud. Operativamente, la técnica comprende tres etapas que se explican a continuación (Crisci y López, 1983):

1. Se examina la matriz de similitud, localizando el mayor valor de similitud existen en ella (descartando las comparaciones de OTU que sean las mismas). Se identifica así a las dos OTU que formaran el denominado núcleo del primer grupo. Núcleo es todo conjunto formado por dos OTU y grupo es todo conjunto formado por más de dos OTU. En determinados casos puede haber más de un valor máximo de similitud, es decir, otro par o pares de OTU que presentan igual

valor que el anterior, en ese caso, se construye a ese nivel dos o más núcleos separados.

2. Se busca en la matriz de similitud el próximo valor de mayor similitud. En las primeras etapas del proceso de agrupamiento, el hallazgo de este nuevo valor puede llevar a la formación de nuevos núcleos, la incorporación de una OTU o un núcleo ya existente para formar un grupo y la fusión de los núcleos existentes.
3. Se repite la segunda etapa del proceso hasta que todos los núcleos y grupos estén unidos y en ellos se incluya la totalidad de las OTU.

### ***Representación gráfica del análisis de agrupamientos***

La estructura taxonómica, obtenida a partir de la matriz de similitud con las técnicas de análisis de agrupamiento puede representarse gráficamente de varias formas, siendo la más utilizada el dendograma, que es un diagrama arborescente bidimensional que muestra las relaciones en grado de similitud entre dos o más OTU. Los valores de similitud se expresan en una escala que puede encontrarse en la parte superior o inferior. Básicamente un dendograma incluye a dos tipos de gráficos: fonogramas y cladogramas, el primero representa relaciones genéticas, en cambio en el segundo las ramificaciones están basadas en las conexiones filogenéticas entre las OTUs. (Crisci y López, 1983)

### ***Estudio de caso: El género Capsicum***

La analogía de los humanos con los ajíes y pimentones inició cuando las primeras personas habitaron el hemisferio occidental, aproximadamente hace 10.000 años. El género Capsicum se asocia con poderes místicos y espirituales ancestrales (Bosland, 1996); su domesticación no fue un evento aislado. Existen al menos cinco especies diferentes que han sido cultivadas, por lo que se induce que Capsicum fue domesticado probablemente por lo menos cinco veces independientemente.

### ***Citogenética del género Capsicum***

El género Capsicum es mayoritariamente diploide y aunque existen un número de especies silvestres que cuentan con un número cromosómico básico de  $X = 13$  ( $2n$

=  $2X = 26$ ; como *C. campylopodium* Sendt. y *C. rhomboideum*), la mayoría de las especies de *Capsicum* presentan el número cromosómico de  $X = 12$  ( $2n = 2X = 24$ ). (Moscone *et al.*, 2003)

El genoma de *Capsicum* es grande, con contenidos 1C de ADN nuclear que varían desde los 3,32 pg (picogramos por núcleo) en *C. annuum* L. hasta los 5,77 pg en *C. parvifolium* Sendtn. Estos valores corresponden a una longitud del genoma (1C) de 3381 y 5655 Mbp en *C. annuum* y *C. parvifolium* Sendtn., respectivamente (Moscone *et al.*, 2003). El genoma de *C. annuum* es aproximadamente 3 o 4 veces superior en tamaño al genoma del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Arumuganathan y Earle 1991 citados por Garcés, 2007) y 20 veces mayor que el de *Arabidopsis thaliana*.

A continuación se presenta un ensayo realizado en Virú y Tumbes (Perú) a fin de conocer la variabilidad intraespecífica de *Capsicum chinense* de la zona.



## Variabilidad genética de una colección de *Capsicum chinense* Jacq del norte de Perú

Liliana Corozo Quiñónez<sup>1</sup>; Raúl Blas Sevillano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>lcorozo@utm.edu.ec. Facultad de Ingeniería Agronómica - Universidad Técnica de Manabí. Vía Santa Ana, km 15, cantón Santa Ana, Manabí (Ecuador).

<sup>2</sup>rblas@lamolina.edu.ec. Departamento de Fitotécnica de la Universidad Nacional agraria La Molina. Lima Perú

### RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de conocer la variabilidad intraespecífica de accesiones de *Capsicum chinense* procedentes del norte de Perú (Virú y Tumbes). Se analizaron 110 accesiones, de las cuales 13 fueron caracterizadas morfológicamente. Las caracterizaciones se realizaron utilizando 57 descriptores morfológicos y la técnica molecular de AFLP. En base al análisis morfológico se obtuvieron 13 grupos diferenciados por la forma y color del fruto. Según la caracterización molecular, existe bastante variabilidad en *chinense*.

**PALABRAS CLAVE:** ají, diversidad, accesión, caracterización molecular, AFLP.

### INTRODUCCIÓN

Como la papa y el tomate, universalmente el género *Capsicum* (ajíes y pimentones) es otra de las solanáceas de mayor consumo (IBPGR, 1983). Con un área mundial de siembra de 63.610 hectáreas, rendimientos promedio de 14,51 t/ha para pimentón y 12,4 t/ha para ajíes. En América Latina, la mayor participación la tienen México y Perú, con 130.000 y 21.500 hectáreas respectivamente. (FAOSTATS, 2008)

El Perú presenta una alta distribución de formas cultivadas y silvestres de *Capsicum*, por lo tanto es importante coleccionar y caracterizar dicho recurso genético, para usarlo como fuente de genes de interés. Sin embargo, la situación actual de los recursos genéticos de *Capsicum* en el país es semejante a la de otras especies de importancia agrícola, cuya diversidad se está perdiendo (Palacios, 2007). No obstante se han realizado algunos esfuerzos para conservar la

biodiversidad de este género. Hace muchos años el Programa de Hortalizas “Huerto” de la Universidad Nacional Agraria “La Molina” se ha preocupado por la situación del género *Capsicum*, llegando a conservar en los años 80 aproximadamente 500 accesiones predominando la especie *C. baccatum* (Casas, 2012). Actualmente, mantiene un convenio de Cooperación Universitaria Institucional con el Consejo de Universidades Flamencas (VLIR) (Vlaamse Interuniversitaire Raad) realizando actividades de colecta, conservación, caracterización, evaluación y utilización de la diversidad genética y mejoramiento de recursos genéticos de este género. El “Huerto” cuenta en la actualidad con aproximadamente 300 accesiones de *Capsicum*, predominando las especies *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. annuum* y *C. frutescens*. (Ugás, 2012)

Con todos estos antecedentes y la probable alta variabilidad de las especies de la región andina, se realizó el análisis de la variabilidad genética de la especie *C. chinense* para conocer y clasificar las diferentes formas y/o variedades cultivadas dentro de esta especie.

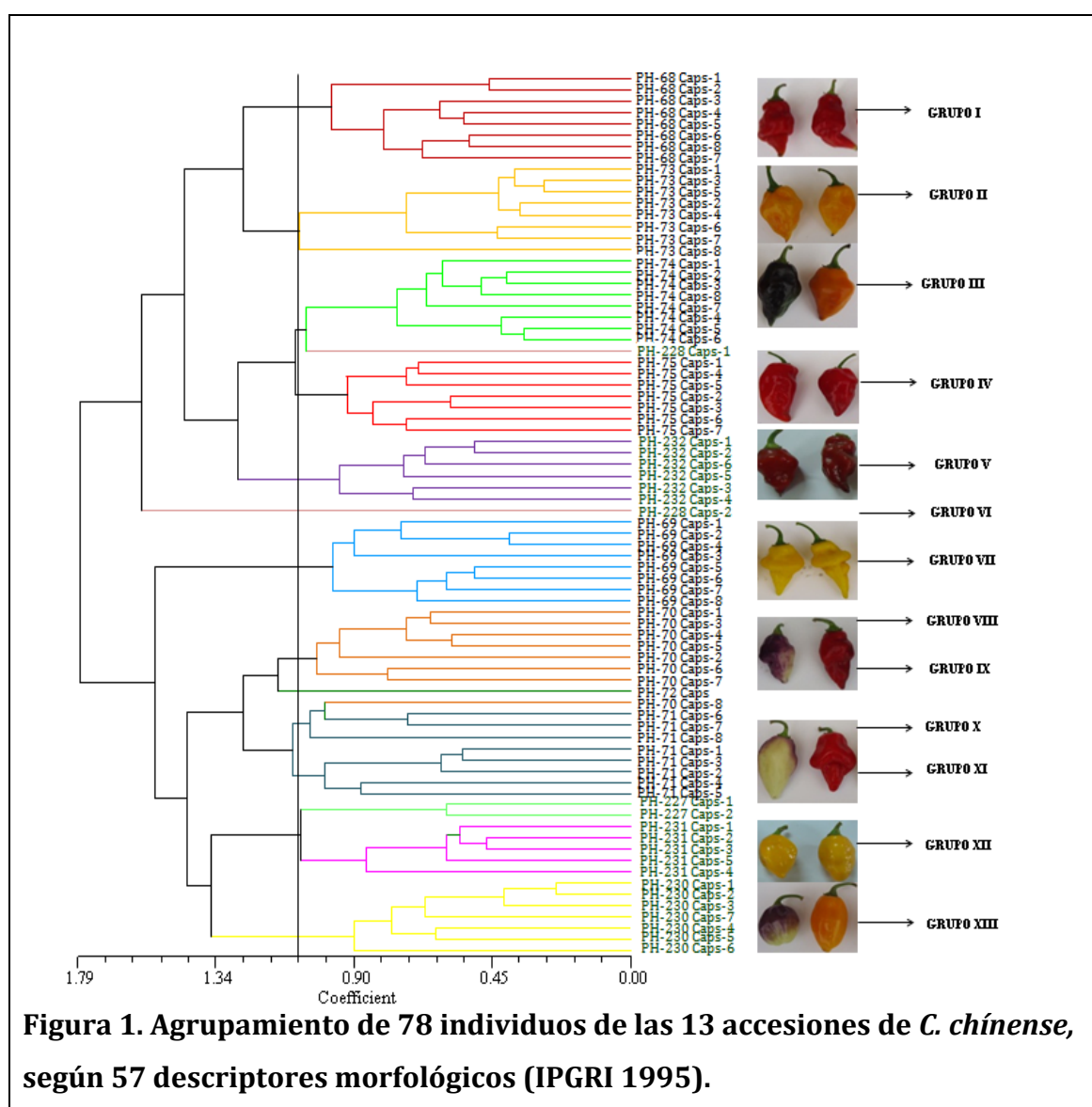
## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se caracterizaron 110 accesiones de *Capsicum chinense* del Banco de Germoplasma del Programa de Hortalizas “Huerto” de la Universidad Nacional Agraria La Molina de las cuales 13 accesiones de colectas en el norte de Perú (Virú y Tumbes) fueron caracterizadas morfológicamente y las 110 molecularmente. En base a los 57 descriptores del género *Capsicum* del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI 1995, por sus siglas en inglés), se efectuó la caracterización morfológica utilizando 17 caracteres cuantitativos y 40 cualitativos, de ellos 15 caracteres son de planta, 15 de flor, 22 de fruto y 5 de semilla. La caracterización molecular se realizó mediante la técnica de AFLP, utilizando los procedimientos descritos por Vos *et al.* (1995). Se realizó un tamizado el mismo que consistió en utilizar ADN de 8 accesiones diferentes de *Capsicum chinense* escogidos al azar, con la finalidad de escoger las mejores combinaciones polimórficas y bandas de mayor calidad y nitidez para facilitar el scoreo. Con esos criterios se seleccionaron los iniciadores que se utilizaron para la evaluación de todas las accesiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización morfológica

En base a los resultados obtenidos en los dendogramas fue posible agrupar 78 individuos de 13 accesiones de *Capsicum chinense* evaluadas morfológicamente, provenientes del norte de Perú, en 13 grupos morfológicamente diferentes que principalmente se separan por la forma y color del fruto (Figura 1), de esta manera se podría indicar que en el transcurso de la maduración fue posible observar frutos variados en forma (triangulares, redondos, acampanuladas y acampanuladas en bloque) y en color (lila claro, verde claro u oscuro hasta rojo claro, rojo oscuro, amarillo o naranja).



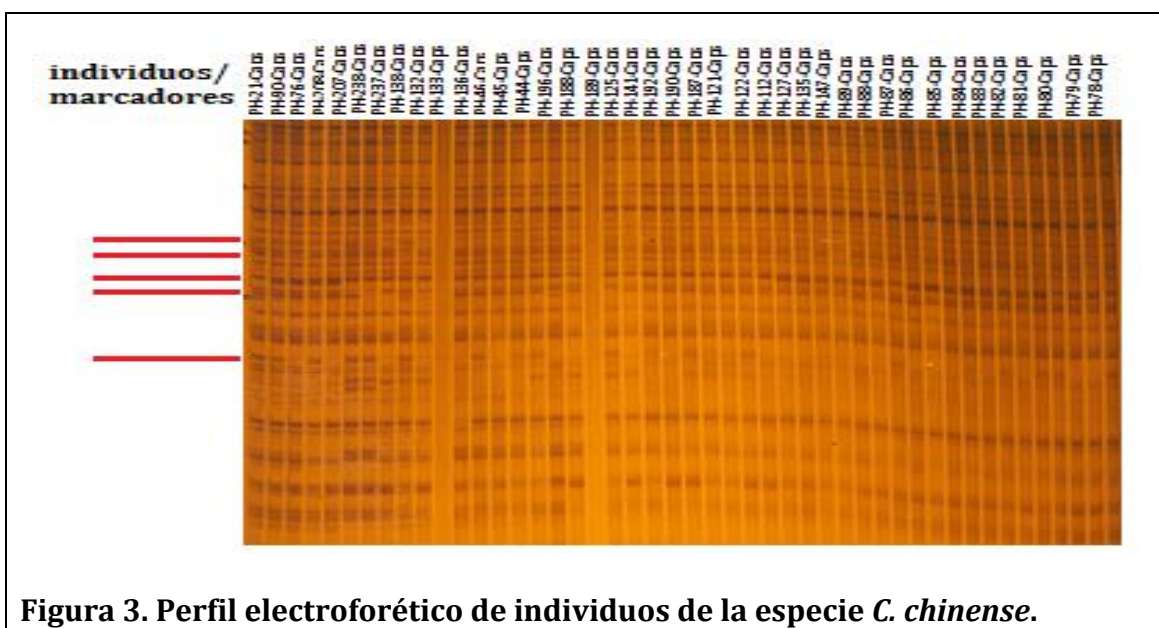
**Figura 1. Agrupamiento de 78 individuos de las 13 accesiones de *C. chinense*, según 57 descriptores morfológicos (IPGRI 1995).**

Nótese que algunos individuos de una accesión hacen grupos con individuos de otras accesiones, lo que posiblemente se deba a que siendo una especie autógama haya cierto grado de alogamia dentro de esta colección. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Moreno *et al.*, citados por Domínguez (2001), quien al evaluar una amplia representación de ejemplares de *C. annuum* y *C. chinense* para diferentes características morfológicas de fruto y planta concluyó que existe una notable variabilidad en cuanto a forma, tamaño, color, pungencia del fruto y color de flor, principalmente dentro del género *Capsicum*.



**Figura 2. Variabilidad de forma, tamaño y color del fruto en *Capsicum chinense***

Los trabajos antes realizados concuerdan con lo observado en las accesiones descritas de *Capsicum chinense* en esta investigación, (Figura 2) existiendo una alta variabilidad en forma, color y tamaño del fruto.



**Figura 3. Perfil electroforético de individuos de la especie *C. chinense*.**

**(Combinación de iniciadores: E37/M33).**\*  Ejemplo de bandas polimórficas**Caracterización molecular**

**Marcadores Moleculares AFLP.-** Se obtuvieron 501 fragmentos amplificados de los cuales 64 fueron informativos (15,26%) (Figura 3), con un promedio de 10,66 bandas polimórficas por combinación de iniciadores siendo la combinación más informativa E37/M33 con un total de 84 bandas, de las cuales 15 mostraron polimorfismo y la combinación menos informativa fue E37/M33 con un total de 84 bandas de las cuales solo 15 fueron polimórficas (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Combinaciones de iniciadores AFLP seleccionadas y número de bandas polimórficas presentes en accesiones de *Capsicum chinense*.

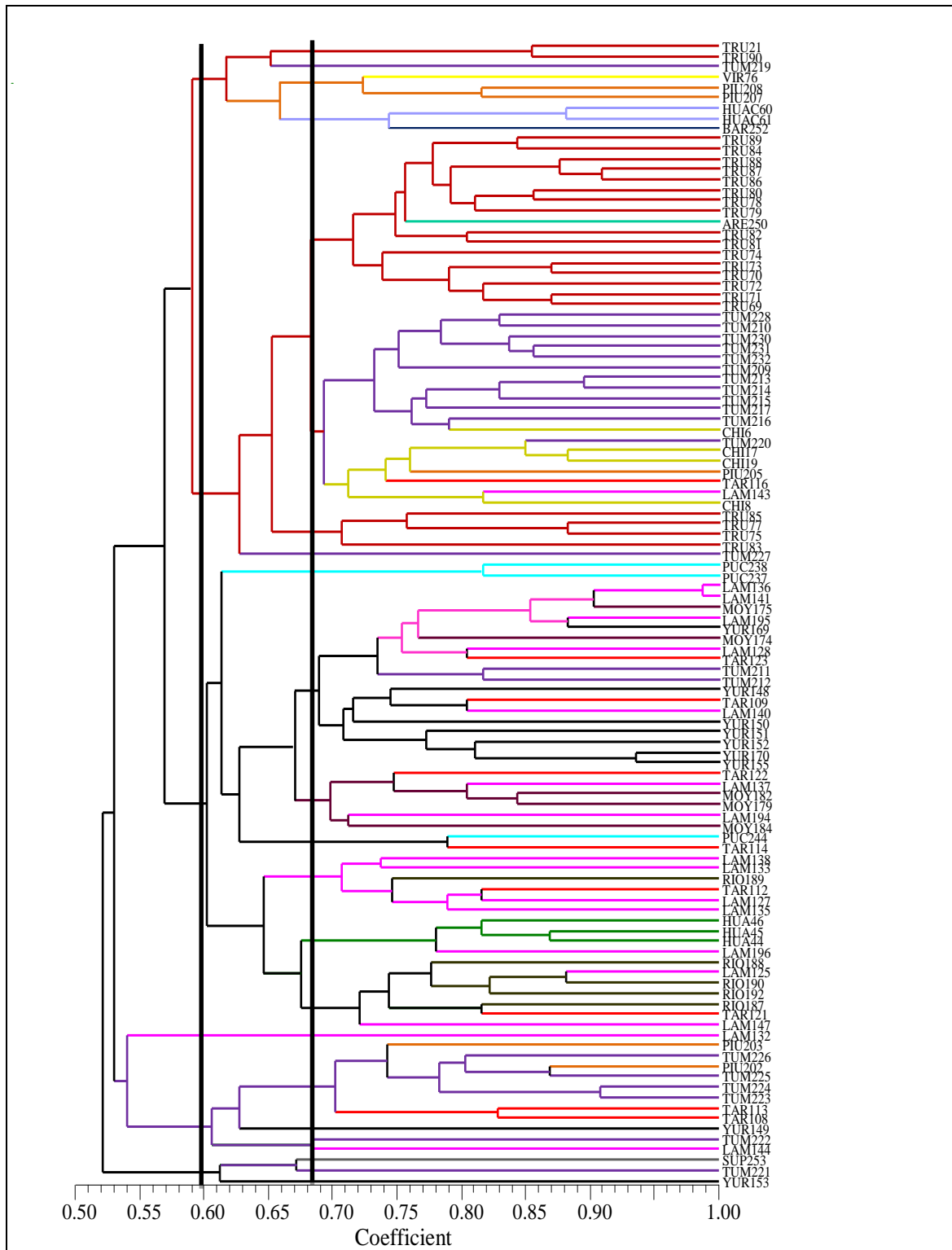
<b>Combinación de iniciadores</b>	<b>No. Bandas totales</b>	<b>No. Bandas polimórficas</b>	<b>% Bandas polimórficas</b>
5-GTA CCG AGC CAG ACA G GA- 3 E13	72	10	13,88
5-GAT GAG TCC TGA GTA A CTG- 3 M61			
5-GAC TGC GTA CCA ATT C AAC-3 E32	70	11	15,71
5-GAT GAG TCC TGA GTA A CTG- 3 M61			
5-GAC TGC GTA CCA ATT C AAG- 3 E33	102	13	12,74
5-GAT GAG TCC TGA GTA A AGG-3 M41			
5-GTA CCG AGC CAG ACA G GA-3 E13	77	13	16,88
5-GAT GAG TCC TGA GTA A AAC-3 M32			
5-GAC TGC GTA CCA ATT C ACG- 3 E37	84	15	17,85

5-GAT GAG TCC TGA GTA A AAG-3 M33			
5-GTA CCG AGC CAG ACA G GA- 3 E13	96	14	14,58
5-GAT GAG TCC TGA GTA A AGG-3 M41			
<b>TOTAL</b>	<b>501</b>	<b>64</b>	<b>15,26</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>83,5</b>	<b>10,66</b>	

Los resultados del presente análisis proporcionan un marco para la gestión de germoplasma de *C. chinense* y servir como guía para futuras adquisiciones de bancos de germoplasma. El enfoque de la gestión de germoplasma, puede ser dirigida hacia el desarrollo de una colección núcleo de *C. chinense* que maximiza la variabilidad genética dentro de un subconjunto de la colección más grande. Los resultados obtenidos muestran una considerable diversidad genética dentro de *C. chinense* en las diferentes regiones del país. Mediante la elaboración de los dendogramas, en la variabilidad genética de *C. chinense* (Figura 4) con una distancia euclidiana de 0,70 se pueden observar 22 grupos que no necesariamente se agrupan por el lugar de procedencia. Los AFLP han sido una herramienta útil en esta colección de *chinense* porque permitieron evaluar y caracterizar a nivel de su ADN obteniendo resultados rápidos y confiables.

La mayor similitud (0,98) se observa entre dos accesiones provenientes de la provincia de Lamas. Del grupo 1 hasta el grupo 8 se observan mayormente accesiones provenientes de la Región Costa de Perú con la sorpresa de que en el grupo 5 aparece una accesión proveniente de Arequipa y en el grupo 6 una accesión proveniente de Tarapoto y una de Lamas, lo que tal vez se deba a que las colectas muchas veces se realizan en mercados locales y por ende podría haberse sembrado en Arequipa en Lamas o en Tarapoto un *chinense* proveniente de la Región Costa de Perú, es por ello que fácilmente se agrupan dichas accesiones provenientes de la Sierra con accesiones de la Costa.

A partir del grupo 9 hasta el grupo 22 se observa que accesiones de la Sierra y Selva de Perú se agrupan fácilmente, lo que indica que comparten muchas características, aunque predominan accesiones de la Región Selva pero conociendo a *C. chinense* como una especie cosmopolita es normal que estas 110 accesiones se agrupen con facilidad. Un dato importante de resaltar, es que cada accesión es diferente lo cual indica que no hay duplicados en esta colección de *C. chinense* y serviría como una población núcleo con la cual se pueden crear esquemas de manejo del recurso genético de esta colección y por ende mejorar a largo plazo la sostenibilidad de dicho material.



**Figura 4. Agrupamiento de 110 accesiones de *C. chinense* según la caracterización molecular con marcadores AFLP.**



**Polimorfismo molecular.-** La capacidad del sistema de marcadores moleculares utilizado para distinguir las muestras se evaluó mediante la estimación del índice de contenido de información polimórfico (PIC), este índice evalúa la informatividad de un marcador en la población de acuerdo a las frecuencias de los alelos (Powell *et al.*, 1996). Se obtuvo el valor para cada combinación AFLP. En la variabilidad genética de *C. chinense* arrojó un PIC promedio de 0,40, siendo la combinación que mayor índice polimórfico presentó la E13/M61 con 0,43. Este polimorfismo podría ser a) el resultado de una heterocigosidad remanente en algunos genotipos, b) el producto de la heterogeneidad producida por la mezcla involuntaria de semilla. La heterocigosidad residual podría ser el resultado de alogamia y sería una característica previsible en materiales que no hayan sido mejorados para obtener líneas puras. Capsicum es considerado como un cultivo que se reproduce por autopolinización (Allard, 1971). Sin embargo, las tasas de alogamia que presenta sugieren que debería ser considerada una planta con fecundación por polinización facultativa. (Tanksley, 1984)

#### **Análisis de Varianza Molecular (AMOVA)**

Los resultados de este análisis indican que la mayor porción de la variación genética se origina por la variación encontrada entre las provincias, es decir, entre las accesiones dentro de cada provincia, (78,81%). Por otro lado, la variación entre los departamentos dentro de las regiones de *chinense* (variación entre departamentos) es de (11,15%). Y por último la variación entre las regiones de Perú (10,03%). En el Cuadro 2, se resume los resultados obtenidos.

**Cuadro 2. Análisis de Varianza Molecular de las accesiones de *Capsicum chinense* de la caracterización molecular mediante los AFLP.**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Componentes de Varianza</b>	<b>Porcentaje de Variación</b>
Entre Regiones	168.945	1.64348	10.03378
Entre poblaciones	310.112	1.82702	11.15436
Dentro de Poblaciones	1213.443	12.90896	78.81186
<b>Total</b>	<b>1692.500</b>	<b>16.37947</b>	
<b>FTS*</b>	<b>0.21188</b>		

Los valores  $F_{ST}$  representan el Grado de diferenciación genética entre las Provincias, en función de las frecuencias alélicas. Cuando  $F_{ST}$  es: 0-0,05 pequeña; 0,05-0,15 moderada; 0,15-0,25 grande; mayor de 0,25 muy grande; mientras que los valores de  $p$  indican que el valor de  $F_{ST}$  es significativo (Excoffier *et al.*, 2005). Es decir nos señala que existe diferenciación genética grande entre los *chinense* cultivados en diferentes provincias de Perú.

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La alta variabilidad de *chinense* se evidencio tanto en el análisis morfológico como en el molecular, lo que demuestra que después de *annuum* es la especie con mayor variabilidad de formas y colores de fruto y una especie cosmopolita. Los resultados mostrados mediante el AMOVA, señalan que existe grande diferenciación genética entre los *chinense* cultivados en diferentes provincias de Perú y entre las especies cultivadas del género.

#### **2.3.4 Jardines Botánicos: bancos fitogenéticos en pro de la conservación**

Desde que la vida apareció en este planeta, se hizo necesaria una interdependencia entre las diferentes especies que habitan y conviven en el mismo espacio físico y tiempo, así la cadena alimenticia conserva las características propias del equilibrio natural. Sin embargo, al hablar sobre biodiversidad es necesario hacer referencia al ecosistema como un todo; incluyendo las interrelaciones entre especies en un entorno altamente dinámico. Este término, relativamente nuevo, en pocas palabras y atendiendo a su etimología hace alusión a la *“variedad de vida”*, considerando a un conjunto finito de seres que existen no solo en la superficie de la tierra, sino también en la profundidad de los mares, en las zonas glaciares y en las profundidades del suelo; es decir en cada rincón del planeta donde exista vida y la presencia en si de una especie.

Es importante destacar en este punto lo expuesto por Perkoff Bass y Ruiz Muller (2001) quienes consideran que “los países -ricos en diversidad- son también países en vías de desarrollo, y los países -pobres en diversidad- son países altamente industrializados” siendo posible asumir una disminución de la diversidad en la medida en que crece la demanda de recursos biológicos. Aunque esta necesidad de recursos en muchos casos puede representar un avance en pro del desarrollo, es fundamental implementar controles que promuevan el equilibrio entre el *aprovechamiento y la conservación*.

En este contexto se puede enfatizar que la sostenibilidad depende y siempre ha dependido de la biodiversidad, puesto que los seres vivos en cierta forma siempre se han encargado de mantener el equilibrio natural de los ecosistemas; sin embargo en ocasiones el cambio del entorno ha obligado a la migración e incluso a la extinción de varios géneros.

#### ***Los Jardines botánicos y su compromiso con la conservación***

La pérdida de la diversidad biológica es incalculable, pues se conocen casos no solo de especies vegetales, sino de otras especies valiosas de animales y microorganismos que han sucumbido ante la presión a su entorno. En este contexto, varias organizaciones han implementado estrategias de conservación *in situ* y *ex situ*, siendo una de las más importantes, a nivel mundial, los Jardines Botánicos.

El BGCI, WWF y UICN (1996) definen como jardín botánico a “aquella institución que tiene colecciones de plantas, mantenidas y ordenadas científicamente, por lo general documentadas y etiquetadas, abierto al público con propósitos recreativos, culturales, educativos y de investigación”.

Los jardines botánicos originalmente enfocaban sus actividades hacia la exposición y cultivo de plantas generalmente relacionadas con la medicina y la farmacia, luego su rol se amplió a la aclimatación de especies (en un inicio las especies descubiertas en el “*nuevo mundo*” o para el intercambio entre países) adquiriendo protagonismo desde el punto de vista económico. Actualmente y desde hace unos 200 años, esta visión ha venido evolucionada notablemente, de ser parques recreativos, temáticos y/o educativos han pasado a constituirse, además, en *instituciones* con fines de conservación, clasificación, evaluación y uso sostenido de especies de flora y en ocasiones de fauna, jugando un papel importante en varios aspectos culturales de una civilización.

Los jardines botánicos, sin lugar a dudas, proporcionan los insumos necesarios para sentar bases científicas en cuanto al estudio de una especie (anatomía vegetal, estudios citológicos, fisiológicos, genéticos, entre otros) sumándose a los esfuerzos por detener el deterioro ambiental y frenar la extinción de especies.

En definitiva, considerando el aumento en tamaño y número de las ciudades, además del alejamiento, cada día mayor, que tiene el hombre de la naturaleza, los jardines botánicos son y seguirán siendo indispensables para el bienestar de la humanidad asegurando la “conservación de especies como recurso natural, una póliza de seguro para el futuro y una base para programas de restauración y reintroducción”. (Vovides *et al.*, 2010)

Se presenta a continuación a modo de documento divulgativo, la iniciativa del Jardín Botánico de La Universidad Técnica de Manabí (Portoviejo), la cual consiste en el establecimiento de un área temática destinada a variedades de mango.

# **Caracterización de variedades de mango (*Mangifera indica* L.) en vivero para el establecimiento de un bosque temático en el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí**

Juan Manuel Moreira Castro

Juanmoreiracastro@hotmail.com. Jardín Botánico - Universidad Técnica de Manabí, Km 1<sup>1/2</sup> vía a Crucita. Portoviejo, Ecuador.

## **INTRODUCCION**

El mango (*Mangifera indica* L.), desde tiempos remotos se cultiva en zonas tropicales y subtropicales, siendo considerado, desde el punto de vista del comercio mundial, uno de los frutos tropicales más populares con alto potencial de comercialización en mercados internacionales. En el 2007 ocupó el noveno lugar en producción respecto a otras frutas tropicales, producción que se ha incrementado progresivamente en los últimos cinco años siendo India, China, Tailandia, Indonesia, Pakistán, México y Brasil los mayores productores con el 82 % del total mundial. (Evans 2006, FAOSTAT 2009)

Antes de 1991 el Ecuador destinaba la cosecha de mango al consumo interno y a partir de esa fecha se presentaron las primeras iniciativas de exportación hacia Estados Unidos constituyéndose en uno de los cultivos no tradicionales de exportación más importantes. El Ecuador cuenta con 15.500 ha cultivadas, con un rendimiento aproximado de 11.710 Kg/ha y una producción de 181.515 t/año (FAOSTAT, 2009) localizadas principalmente (50%) en la provincia del Guayas<sup>3</sup>. Dicha provincia destina el 82% de fruta cosechada a exportación; sin embargo, el mercado local es provisto de fruta para consumo en fresco o para industrialización.

En la provincia de Manabí, el mango es un rubro de gran importancia económica constituyéndose en una fuente importante de ingresos. En esta provincia se puede encontrar un sinnúmero de variedades de mango, tanto mejoradas como “criollas”, éstas se las puede diferenciar principalmente por la zona de cultivo, el color del fruto, la pulpa, el sabor, el aroma, el tamaño, entre otras características.

---

<sup>3</sup> Datos obtenidos de: Fundación Mango Ecuador (2011). Guayaquil – Ecuador.

Cabe indicar que aunque para exportación se prefieren variedades mejoradas (*Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt*), no hay que dejar de lado a las variedades “*criollas*”, abundantes en número, tamaño, formas, colores y sabores. En este contexto, para conservar y evitar la desaparición de este patrimonio genético vegetal, el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí propone la implementación de un bosque temático o banco de germoplasma de mango considerando las variedades “*criollas*” más conocidas en la provincia y el país. En este documento divulgativo, se describe la etapa inicial del proyecto del bosque temático, comprendiendo algunas generalidades de la especie, la forma de recolección y selección de individuos, particularidades de cada una de las variedades, entre otros puntos de interés

### ***Adquisición del material vegetal que conformaría el bosque temático***



**Figura 1. Frutos de mango exhibidos por los participantes en el 1<sup>er</sup> Festival el mango organizado por el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí**

En diciembre de 2010, durante el “*1er Festival del Mango*” organizado por el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, y de entre las frutas que se expusieron en el evento (Figura 1), se logró coleccionar 47 variedades de mango, cuyos nombres comunes y códigos asignados por el Jardín Botánico se exponen en el Cuadro 1. Cabe indicar que existen factores de importancia que limitan la recopilación y multiplicación del material germoplásmico, como por ejemplo el poder germinativo, la madurez fisiológica del fruto y la poca o nula información sobre el material genético coleccionado. En este sentido se podría citar los casos de

variedades como “*bolsa de toro*”, “*Springfield*”, “*extranjero*”, “*sapo de reina*” y “*de campo*” cuya madurez se indujo artificialmente. Cabe citar también, casos como el del “*mango corozo*” cuyas semillas se presentaron vanas y livianas y el de la variedad “*Kent*” con semilla lesionada a nivel de testa (Figura 3).



**Figura 2. Semilla de mango sin pulpa**



**Figura 3. Semilla de mango lesionada**

Una vez obtenidos los frutos, se los sometió a tratamiento pre siembra, que en primera instancia consistió en despojarlos de la pulpa (Figura 2).



**Figura 4. Semilla de mango seca al ambiente**



**Figura 5. Preparación de la semilla para la siembra**

Luego se lavaron las semillas y tras contabilizar y registrar la cantidad de semillas por variedad, estas fueron colocadas en una cama de papel periódico para su secado en sombra (Figura 4 y 5). Durante este periodo se tomaron precauciones en cuanto al cuidado de las semillas, considerando principalmente ataque de plagas para de esta manera obtener una colección de arbolitos con un número significativo de variedades que luego formen parte del *bosque temático* en el Jardín Botánico.

**Cuadro 1. Nombres comunes, códigos<sup>4</sup> asignados en el Jardín botánico y cantidad de frutos colectados por variedad.**

<b>CODIGO</b>	<b>VARIEDADES (n. común)</b>	<b>Nº</b>	<b>CODIGO</b>	<b>VARIEDADES (n. común)</b>	<b>Nº</b>
<b>MangInd-01</b>	Achocha	3	<b>MangInd-25</b>	Manga	5
<b>MangInd-02</b>	Alfonso	1	<b>MangInd-26</b>	Manzana	5
<b>MangInd-03</b>	Ataulfo	2	<b>MangInd-27</b>	Melocotón	2
<b>MangInd-04</b>	Blanco	2	<b>MangInd-28</b>	Palmer	1
<b>MangInd-05</b>	Bolsa chico	5	<b>MangInd-29</b>	Papaya	5
<b>MangInd-06</b>	Bolsa toro	1	<b>MangInd-30</b>	Pepa pelada	1
<b>MangInd-07</b>	Burro	1	<b>MangInd-31</b>	Pera	12
<b>MangInd-08</b>	Cachete de niño	3	<b>MangInd-32</b>	Perro amarillo	10
<b>MangInd-09</b>	Canela	9	<b>MangInd-33</b>	Perro morado	5
<b>MangInd-10</b>	Corozo	11	<b>MangInd-34</b>	Perla	4
<b>MangInd-11</b>	De campo	2	<b>MangInd-35</b>	Reina	5
<b>MangInd-12</b>	De libra	1	<b>MangInd-36</b>	Rosita	8
<b>MangInd-13</b>	Edward	1	<b>MangInd-37</b>	Sapo de reina	1
<b>MangInd-14</b>	NN1	1	<b>MangInd-38</b>	Seda	3
<b>MangInd-15</b>	Extranjero	1	<b>MangInd-39</b>	Sensación	1
<b>MangInd-16</b>	Filiphino	2	<b>MangInd-40</b>	NN2	1
<b>MangInd-17</b>	Chico y grande	7	<b>MangInd-41</b>	Springfield	1
<b>MangInd-18</b>	Grengool	8	<b>MangInd-42</b>	Tai	1
<b>MangInd-19</b>	Hilacha	1	<b>MangInd-43</b>	Tajada	2
<b>MangInd-20</b>	Irwin	1	<b>MangInd-44</b>	Tommy	7
<b>MangInd-21</b>	Keitt	1	<b>MangInd-45</b>	Vallenato	1
<b>MangInd-22</b>	Kensington	1	<b>MangInd-46</b>	Chupo	4
<b>MangInd-23</b>	Kent	1	<b>MangInd-47</b>	Libra rojo	1
<b>MangInd-24</b>	Lorito	1			

<sup>4</sup> Los códigos fueron conformados por: el nombre científico (las cuatro primeras letras del género, tres primeras letras de la especie) y una cifra numérica de tal forma que se los pueda identificar luego dentro del herbario y registrar su comportamiento.



### ***Selección del lugar para semillero***

Se destinó un espacio dentro del vivero del Jardín Botánico para el establecimiento del semillero, considerando la ubicación como criterio de selección de *la cama de germinación*<sup>5</sup>. Una de las ventajas que presentó el vivero fue el óptimo porcentaje de sombra, lo cual garantizó la humedad del sustrato dentro de las fundas. La *cama de germinación* fue construida con caña guadua, unida en los extremos con estacas de moyuyo (*Cordia lutea* L); las medidas de la cama fueron de 2,86 m de largo por 1,10 m de ancho provista de un ligero desnivel de 3 cm para facilitar el drenaje al aplicar riego.

### ***Preparación del sustrato para el llenado de fundas***



**Figura 6. Semillas de mango sembradas en fundas plásticas con sustrato**

El sustrato vegetal empleado para el llenado de fundas consistió en una mezcla de tierra de espino, cáscara de maní picada y tierra agrícola, en proporciones de: tres, tres uno respectivamente. Una vez realizada la mezcla se procedió al llenado de fundas de 7 cm por 12 cm (Figura 6) con algunas excepciones donde el tamaño de la semilla superaba el espacio destinado a la misma, caso en el cual se utilizó fundas de mayor tamaño. Luego de realizar un riego para humedecer el sustrato, se procedió a sembrar una semilla por funda. Luego de sembradas las semillas (17 de Enero de 2011) se aplicó sulfato de cobre pentahidratado en dosis de 10 ml de

---

<sup>5</sup> Cualquier espacio o estructura especialmente destinada a la germinación de semillas vegetales. Puede ser tan simple como una caja de madera con arena, granza de arroz o cualquier sustrato esterilizado, donde las semillas pueden germinar libremente.

producto comercial por 10 litros de agua con el fin de evitar a futuro, muerte de plántulas por *damping off*<sup>6</sup> o mal del talluelo.

## CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS VARIEDADES



**Figura 7. Planta de mango, Variedad "Achocha"**

**Variedad Achocha (ManInd-01).** Presenta un tallito de color verde claro y ligeramente amarillento, es de textura suave al tacto y presenta una bifurcación a más o menos 18 cm desde la base. Sus hojas son grandes no coráceas del mismo color del tallo, siendo el envés más claro que el haz, poseen un nervio central bien marcado al igual que los nervios secundarios, tiene forma lanceolada, base cuneiforme y ápice agudo. El peciolo es más ancho hacia la base (Figura 7).



**Figura 8. Planta de mango, Variedad "Ataulfo"**

---

<sup>6</sup>Enfermedad causada por diferentes hongos del suelo que provocan debilidad y marchitamiento pudiendo matar a la semilla.

**Variedad Ataulfo (ManInd-03).** Presenta un tallo bastante desarrollado de color verde claro ligeramente áspero al tacto (da la sensación de pasar el dedo por una superficie con granos muy pequeños y esparcidos). En algunas secciones presenta listones muy pequeños de color café oscuro dando la apariencia de una línea de puntos. Las hojas son lanceoladas, glabras, pequeñas con haz de color verde oscuro sin brillo, la nervadura es muy fina pero se observa claramente, siendo esta de color amarillo verdoso; el envés es de color verde algo más claro que el haz y sin brillo. El peciolo es bien marcado, grande y carnosos de color amarillento, los bordes de las hojas son ligeramente lobulados, base cuneiforme y ápice acuminado (Figura 8).



**Figura 9. Planta de mango, Variedad "Blanco"**

**Variedad Blanco (ManInd-04).** Arbolito con tallo de color verde claro, bastante delgado y uniforme, suave al tacto, y bastante recto; en la base, donde es más ancho, tiene pequeñas y finas líneas de color blanquecino. Las hojas son lanceoladas de tamaño pequeño y color verde oscuro ligeramente brillante, el nervio principal es de color amarillo bien diferenciado y en menor grado lo son los nervios secundarios. El peciolo es algo ensanchado y de color verde claro. La base de la hoja es cuneiforme y el ápice acuminado (Figura 9).



**Figura 10. Planta de mango, Variedad "Cachete de niño"**

**Variedad Cachete de niño (ManInd-08).** Arbolito con tallo muy recto de color verde claro, liso de textura suave y aspecto delicado. Las hojas son de color verde oscuro opacas siendo el envés más claro que el haz, tienen forma lanceolada, con un nervio central bien marcado de color café claro, y varios nervios secundarios transversales del mismo tono pero más finos. El borde en hojas nuevas es más sinuoso mientras que en hojas bajas<sup>7</sup>, esta característica es poco apreciable. La base de las hojas es cuneiforme y el ápice ligeramente acuminado, el peciolo es de color verde claro y bien ensanchado de aspecto redondo (Figura 10).



**Figura 11. Planta de mango, Variedad "Filiphino"**

**Variedad Filiphino (ManInd-16).** Arbolito con tallo liso de color verde claro con una franja muy fina y amarilla que va desde la base del tallo hasta 3/4 del árbol. Las hojas son lanceoladas ligeramente coriáceas y de color verde oscuro y opacas, tiene base cuneiforme y ápice acuminado con borde entero, su nervio central está bien marcado de color amarillento al igual que los nervios secundarios los cuales

<sup>7</sup> Las hojas bajas son las 3-4 hojas ubicadas en el piso foliar inferior de la planta desarrollada.

son finos y terminados en “Y”. El peciolo es del mismo color de las hojas (Figura 11).



**Figura 12. Planta de mango, Variedad “Chico y grande”**

**Variedad Chico y grande (ManInd-17).** Arbolito con tallo de color verde oscuro, liso sin estrías y de aspecto aplastado no cilíndrico, siendo más ancho en la primera parte de la base, presenta 3 divisiones en la parte apical de donde nacen las hojas, mismas que son cortas oblongo-lanceoladas de textura suave y color verde oscuro, el envés ligeramente más claro que el haz; base cuneiforme y ápice acuminado, con nervios secundarios alternos visibles pero muy finos no así el nervio central bien marcado y de color verde amarillento, el borde es ligeramente lobulado, la hoja no presenta mucho brillo. El peciolo de color verde claro es un tanto largo y de forma redondeada (Figura 12).



**Figura 13. Planta de mango, Variedad “Irwin”**

**Variedad Irwin (ManInd-20).** Presenta un tallito muy irregular en su forma, posiblemente debido a que las yemas axilares que dan origen a las hojas son

prominentes, su color es verde oscuro con textura suave y minúsculas lenticelas de color amarillento. Las hojas son grandes lanceoladas de color verde oscuro, sin brillo, de textura suave, ligeramente ásperas, con un envés del mismo color, base cuneiforme y ápice acuminado, nervio central bien marcado de color verde amarillento y nervios secundarios entre opuestos y alternos, también de fácil visibilidad. El peciolo es de color verde claro cilíndrico con presencia de lenticelas, el borde de la hoja es ligeramente lobulado en las hojas nuevas y entero en otras (Figura 13).

**Variedad Keitt (ManInd-21).** Posee un tallito de color verde oscuro un poco negruzco, de textura suave y marcas redondeadas de color café (dan la apariencia de ser cicatrices de hojas caídas), es bastante recto y presenta un listón semihelicoidal desde el centro del tallito hasta la base. Las hojas son de lanceoladas a casi elípticas de textura un tanto áspera y de color verde oscuro sin brillo y más claro el envés; base cuneiforme, ápice acuminado con nervios secundarios finamente opuestos en la parte central de la hoja, siendo estos, alternos en la base y el ápice; el nervio central es muy marcado de color verde amarillento, el borde sutilmente lobulado sigue el mismo patrón en todas las hojas. El peciolo es bastante largo algo más claro que la hoja (limbo) y de forma redondeada (Figura 14).



**Figura 14. Planta de mango, Variedad "Keitt"**

**Variedad Lorito (ManInd-24).** Arbolito con tallo de color verde oscuro cilíndrico más o menos grueso y de textura suave con numerosas lenticelas de color blanco no muy visibles. Las hojas son largas y lanceoladas de color verde oscuro y de tono más claro en el envés, de textura suave, con base cuneiforme y ápice acuminado, el

nervio central está bien marcado y los nervios laterales son muy finos de color verde amarilloso, el borde es levemente lobulado y en hojas jóvenes es entero. El peciolo es corto y bien ensanchado en la base, de color verde oscuro, en cada brote de crecimiento apical deja una marca bien definida (como un nudo con su entrenudo) (Figura 15).



**Figura 15. Planta de mango, Variedad "Lorito"**

**Variedad Manzana (ManInd-26).** Arbolito con tallo muy recto de color verde claro, muy suave al tacto, aplastado en las uniones de las hojas y con ligeras marcas axilares en el último tramo del cogollo (meristemo). Las hojas son largamente lanceoladas de color entre verde claro a verde oscuro, de textura suave al tacto, base cuneiforme y ápice acuminado con un nervio central bien marcado de color verde claro amarillento y nervios secundarios finos y pegados al borde (ondulado). El peciolo es largo ensanchado y cilíndrico de color verde claro (Figura 16).



**Figura 16. Planta de mango, Variedad "Manzana"**

**Variedad Melocotón (ManInd-27).** Arbolito con tallo muy recto de color verde claro y manchas de color café (se aprecia de manera muy clara la cicatriz de hojas caídas), es áspero al tacto y con manchas de forma irregular, se observan claramente lenticelas de color blanquecino en la base del tallo, en la unión con las hojas, el tallo, se hace muy plano. Las hojas son largas lanceoladas y de textura ligeramente coriácea de color verde oscuro con base cuneiforme y ápice acuminado, el nervio central se encuentra bien marcado y de color verde amarillento, los nervios secundarios bien evidentes y finos, el borde es poco sinuoso con un peciolo de porte mediano de color verde claro, siendo redondeado en su parte próxima al tallo y de forma recta en el ápice (Figura 17).



**Figura 17. Planta de mango, Variedad "Melocotón"**



**Figura 18. Planta de mango, Variedad "Papaya"**

**Variedad Papaya (ManInd-29).** Arbolito con tallo recto ligeramente curvado en la base de color verde claro, sin manchas y con textura granulosa. La parte apical se



presenta segmentada en forma de nudos con entrenudos (estilo caña) y con finas líneas de color blanquecino-ceniza y forma helicoidal desde el primer par de hojas *bajeras* hasta desaparecer a la parte media del tallito. Las hojas son lanceoladas, ligeramente oblongas, de color verde oscuro, sin brillo, de textura suave y el envés más claro que el haz, base cuneiforme y ápice acuminado, nervio central muy marcado, de color verde amarillento, con nervios secundarios visibles pero menos coloridos y más finos, el borde se presenta sutilmente lobulado en las primeras hojas, característica que desaparece paulatinamente en las hojas nuevas conforme van apareciendo (Figura 18).



**Figura 19. Planta de mango, Variedad “Pera”**

**Variedad Pera (ManInd-31).** Arbolito con tallo muy recto de color verde oscuro y muy suave al tacto, en la unión de las hojas no se aplana como en otras variedades. Las hojas son lanceoladas-ovaladas con un poco más de anchura en la parte media, de color verde oscuro y textura suave, con envés más claro, base algo cordada y ápice no muy acuminado, nervio central bien marcado de color verdoso y con relieve, los nervios secundarios finos de color verde oscuro sin brillo. El borde es sinuoso y algo lobulado con un peciolo áspero, redondo, de color verde claro y de porte medio algo traslucido (Figura 19).



**Figura 20. Planta de mango, Variedad “Perro morado”**

**Variedad Perro morado (ManInd-33).** Presenta un tallo irregular inclinado, curvo hasta el primer tercio y semirrecto hasta el ápice, de color verde claro hasta antes de la parte más recta tornándose verde oscuro a partir de este punto, su textura es algo áspera al tacto y presenta pequeñas líneas que rodean los nudos hasta  $2/4$  de tallo desde la base, también presenta algunas manchas de color café que representan cicatrices de hojas caídas. Las hojas son las más lanceoladas de todas las variedades presentadas en este documento, además de ser cortas y bien estrechas hacia el ápice, son de color verde oscuro sin brillo y textura suave al tacto, el color del envés es muy similar al del haz, de base cuneiforme y ápice acuminado, nervio central fino básico y de tono amarillento, los nervios secundarios son muy finos y terminan en el borde de la hoja en forma de “Y”. El peciolo es corto y fino de color verde claro, ligeramente redondo. Una característica que cabe destacar es que las hojas apicales son más o menos del doble del tamaño que las *bajeras* (Figura 20).

**Variedad Perla (ManInd-34).** Arbolito con tallo recto y corto de textura suave al tacto y color verde oscuro; presenta una fina línea longitudinal de color grisáceo que recorre todo el tallito; en la parte apical se observan gránulos muy evidentes al tacto.



**Figura 21. Planta de mango, Variedad "Perla"**

Las hojas ovaladas-lanceoladas de color verde oscuro y textura suave, con base cuneiforme y ápice cortamente acuminado, los nervios secundarios finos y los terciarios más obvios y reticulados, el nervio principal es de color amarillento; el borde entero con ligeras hendiduras y el peciolo corto, abultado, y de color verde claro. Las hojas presentan en menor y mediana intensidad lesiones tipo quemaduras en forma de cúpula desde el borde hacia el centro de la hoja, siendo la parte central de color café (como de hoja seca) tornándose más intenso hacia el borde de la mancha; estas lesiones se deben posiblemente a factores abióticos (Figura 21).



**Figura 22. Planta de mango, Variedad "Reina"**

**Variedad Reina (ManInd-35).** Arbolito con tallo corto de color verde oscuro y textura suave en el cual se insertan (a excepción de la parte meristemática apical) ligeras protuberancias fácilmente palpables si se ejerce algo de presión; presenta en la parte basal una mancha de forma irregular de color café debido quizás a la

presencia de algún insecto con aparato bucal raspador. Las hojas lanceoladas-ovaladas son de textura plástica, color verde oscuro brillante y envés más claro; base cuneiforme y ápice acuminado con un nervio central muy evidente de color amarillento mientras que los nervios secundarios son más pálidos y finos; sus bordes de enteros a levemente lobulados. El peciolo es más o menos corto de color verde oscuro y algo voluminoso; al observar la hoja a contra luz se pueden apreciar con facilidad los nervios terciarios que dan la apariencia de una raíz observada transversalmente (Figura 22).



**Figura 23. Planta de mango, Variedad "Rosita"**

**Variedad Rosita (ManInd-36).** Arbolito con tallo liso al tacto, de color verde claro y marcas que pueden ser atribuidas a cicatrices provocadas por caída de hojas; presenta pequeñas lenticelas de color blanco pálido. Las hojas muy diversas en tamaños, son de color verde oscuro, algo gruesas al tacto y sin brillo, tienen base cuneiforme y ápice cortamente acuminado, nervio central marcado, de color verde amarillento, con los nervios secundarios algo más finos y con relieve (sobresalen del limbo), su borde es algo lobulado, en ocasiones las hojas son bastante anchas en la base estrechándose luego hacia el ápice, dándole apariencia triangular. El peciolo es algo corto, de color verde oscuro y de forma redonda (Figura 23).

**Variedad Seda (ManInd-38).** Arbolito con tallo fino algo curvo, de color verde oscuro y suave al tacto con evidentes cicatrices de hojas caídas. Las hojas son de color verde oscuro ligeramente amarillento y de textura plástica con envés más claro que el haz, base cuneiforme y ápice cortamente acuminado. El nervio central es de color amarillo bien marcado y los nervios secundarios finos del mismo color

del limbo, el borde de la hoja es entero con finas entradas onduladas. El peciolo es de porte medio de color verde entre claro y oscuro con forma redonda (Figura 24).



**Figura 24. Planta de mango, Variedad "Seda"**

**Variedad Sensación (ManInd-39).** Arbolito con tallo bastante recto de color verde oscuro desde la base y verde claro hacia el ápice, suave al tacto y con marcas de hojas caídas; presenta finas líneas blanquecinas esparcidas irregularmente a lo largo del tallito. Las hojas son lanceoladas de color verde oscuro sin brillo y textura áspera, base recta y ápice agudo-acuminado, el nervio central, bien marcado, es de color entre verde y amarillo y los nervios secundarios más finos y ligeramente más tenues en color con respecto al nervio principal, el envés es de color verde claro y el borde tenuemente lobulado; a contra luz se pueden observar nervios terciarios con forma romboide. El peciolo se acorta en medida en que las hojas se acercan al ápice (Figura 25).



**Figura 25. Planta de mango, Variedad "Sensación"**

**Variedad NN2 (ManInd-40).** Posee un tallito bastante fino y de color verde oscuro, suave textura, las cicatrices dejadas por hojas caídas se asemejan a yemas caulinares turgentes. Las hojas son lanceoladas de textura suave y de color verde oscuro con ligero brillo siendo más claro en el envés; la base cuneiforme y el ápice agudo, el nervio central se encuentra bien marcado y los nervios secundarios son más finos y de color menos intenso, el borde es entero con ligeras entradas de forma lobulada. El peciolo es algo corto, de color verde claro y forma redonda. El arbolito presenta cierta curvatura posiblemente debido a una respuesta fototrópica debido a su ubicación dentro del vivero (Figura 26).



**Figura 26. Planta de mango, Variedad “NN2”**

**Variedad Springfield (ManInd-41).** Arbolito con tallo recto, ancho en la base, de textura suave y color verde oscuro. Las hojas son lanceoladas, elípticas, de color verde oscuro con ligero brillo y suaves al tacto, con base cuneiforme y ápice cortamente acuminado. El nervio central es muy recto y marcado de color entre verde y amarillo al igual que los nervios secundarios muy finos. El peciolo es corto, de color verde claro y de forma redonda (Figura 27).



**Figura 27. Planta de mango, Variedad "Springfield"**

**Variedad Chupo (ManInd-46).** El tallo es de color verde claro glabro, con lenticelas de color café provocadas por caída de hojas, presenta una ligera curvatura a mitad del tallo luego de la cual se bifurca en forma de "Y". Las hojas son lanceoladas pero algo más anchas en el primer tercio desde el peciolo, son de color verde oscuro con borde ligeramente sinuoso con envés algo más claro que el haz; la base de las hojas es de tipo cuneiforme mientras que el ápice es acuminado. Las nervaduras bien marcadas siendo el nervio central el doble de ancho que los nervios secundarios se podría decir que la hoja es reticulada por la característica de los nervios secundarios y terciarios. El peciolo es algo ensanchado y de color verde claro (Figura 28).



**Figura 28. Planta de mango, Variedad "Chupo"**

**Variedad Libra rojo (ManInd-48).** Presentó varios talluelos de color verde obscuro y textura suave más aplastados que cilíndricos con ligeras líneas paralelas al tallo de color verde obscuro algo brillante; en la base del tallo se observan estructuras similares a yemas caulinares. Hojas anchas lanceoladas, de color verde obscuro brillante, de base cuneiforme y ápice agudo, el envés es más claro que el haz; el borde de la hoja es parcialmente entero con entradas lobuladas; el nervio central luce muy marcado y de color verde amarillento, los nervios secundarios son bastantes obvios pero de color más tenue que el principal. Peciolo corto de color verde obscuro, redondo en la parte basal (Figura 29).



**Figura 29. Planta de mango, Variedad “De libra (rojo)”**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La madurez fisiológica es un elemento clave para el éxito en la reproducción por vía sexual en mango.

El 53,19% de variedades colectadas llegaron a etapa de emergencia, de entre ellas, dos (ManInd-06 y MandInd-45) presentaron estructuras aéreas envueltas en su testa, asumiendo la posibilidad de un periodo de latencia. Cabe indicar también que en el caso ManInd-06 el ataque de *Atta cephalotes* agravó la situación. El mayor número de variedades emergieron a los 29 días después de la siembra, las variedades más tardías fueron ManInd-03 y ManInd-34.

La variedad de mayor alcance en tamaño fue ManInd-39 y la que tuvo mayor elongación fue ManInd-45. El mayor número de estructuras foliares a los 66 días después de la siembra se presentó en ManInd-24 y ManInd-29 con 10 hojas cada una.

De las 47 variedades colectadas se pudo conservar 23, que al momento conforman el primer aporte al *Bosque Temático* y colección de Mango del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se recomiendan las variedades con más rapidez en germinación y crecimiento si la finalidad fuese producción comercial y en caso de buscar reforestación de zonas con considerable grado de desertización se aconsejan las variedades con mayor



área foliar por tener la capacidad de retener agua, absorber más energía y aumentan el calor atrapado influyendo sobre el clima local

Es muy importante cultivar mango de variedades "*criollas*" (a pesar de que estas variedades tardan más tiempo en producir en comparación con las mejoradas) para conservarlas y aumentar la variabilidad genética de la especie.

Se sugiere el injerto de variedades de aceptación en el mercado con patrones de rápido crecimiento para acortar tiempo de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera F. 1999. Hacia una nueva economía del agua: Cuestiones fundamentales, en Arrojo P., y Martínez Gil J., (coords): El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua. Institución Fernando El Católico. Zaragoza, España.
- Aguirre, J. 2002. Ganadería y Medio Ambiente: Alternativas para una ganadería sostenible: Cuencas Hidrográficas, Servicios Ambientales e Incentivos para el desarrollo Ganadero Sostenible del Trópico Americano. San José, C.R, FAO. p. 91
- Aguirre, Z., Kvist, L.P.; Sanchez, O. 2006. Bosques secos en Ecuador y su diversidad. En: Morales. M. R., Ollgaard, B., Kvist, L.P., Borchsenius, F., Balslev, H. (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. pp.:162-187, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Alfonso, C.; Monedero, M. 2004. Uso, Manejo y Conservación de Suelos. 1era Edición. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana-Cuba.
- Allard, R. 1971. Principios do melhoramento genético das plantas. Edgard Blucher, Sao Paulo, Brasil.
- Altieri, M. 1999. AGROECOLOGÍA, Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay. Editorial Nordan-Comunidad.
- Álvarez, R.; Rubio, G.; Álvarez, K., Lavado, R. 2010. Fertilidad de Suelos. 1era Edición. Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.
- Añazco R M. 2003. El desarrollo forestal comunal y la conservación de los recursos genéticos forestales: caso del Ecuador. Proyecto Desarrollo Forestal Comunal, FAO. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador.
- Ávila, G.; Jiménez, F.; Beer, J.; Gómez, M. e Ibrahim M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Revista Agroforestería de las Américas 8: 32-35.

- Baker, J. 2001. Limitations of improved nitrogen management to reduce nitrate leaching and increase use efficiency. *In: optimizing nitrogen management in food and energy production and environmental protection; proceeding of the 2<sup>th</sup> International nitrogen conference on science and policy. The science world 1 (S2). p. 10-16.*
- Balvanera, P.; Lott E.; Segura, G.; Siebe, C. e Islas A. 2002. Patterns of  $\beta$ -diversity in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science 13:145-158.*
- Bennaceur, K.; Monea, M.; Sakurai, S.; Grupta, N.; Ramakrishnan, T. S.; Whittaker, S.; Randen, T. 2005. Captación y almacenamiento de CO<sub>2</sub>: una solución al alcance de la mano (en línea). EUA. Consultado en 05 febrero 2011. Disponible en [http://www.slb.com/media/services/resources/oilfieldreview/spanish04/wi n04/05\\_co2\\_capture\\_and\\_storage.pdf](http://www.slb.com/media/services/resources/oilfieldreview/spanish04/wi n04/05_co2_capture_and_storage.pdf)
- BGCI (Organización Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos), WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) y UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 1996. La estrategia de los jardines botánicos para la conservación. Suiza.
- Bosland, P. 1996. *Capsicums: Innovative uses of an ancient crop.* In Progress in New Crops. JANICK, J. (Eds.). ASHS Press, Arlington, VA., USA. p 479-487.
- Bouwman, A.; Leemans, R. 1995. The role of forest soil in the global carbon cycle. pp. 503-525. In Mc Free, W and Kelly, M. Carbon forms and functions in forest soils. SSSA. U.S.A. p. 594
- Brown, S.; Sathaye, J.; Cannell, M.; Kauppi, PE. 1996. Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. *Commonwealth Forestry Review 75(1): 80-91.*
- Brown S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FAO Forestry Paper 134. Rome, Italy. p. 55
- Cannell M.G. 1996. Forests as carbon sinks. Mitigating the Greenhouse effect. *Commonwealth Forestry Review 75(1):92-99.*

- Casas, A. 2012. Información general de la Colección de Capsicum del Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria La Molina en los años 80. Lima-Perú.
- Casasola, F.; Ibrahim, M.; Sepúlveda, C.; Ríos, N.; Tobar, D. 2009. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas: Implementación de sistemas silvopastoriles y el pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas. 1ra ed. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 292 (Serie técnica. Informe Técnico / CATIE; No.377)
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2004). Water footprints of nations. Value of Water Research Series No. 16. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Ciesla, W. 1996. Cambio Climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. Roma, IT, Estudios FAO Montes 126. p. 147
- Clark, D.B.; Clark, D.A.; Read, J.M. 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology* 86(1):101-112.
- Corrales, P. 2004. Manejo de la Biotecnología Apropriada para Pequeños Productores: Estudio de Caso-Perú. REDBIO Peru- REDBIO-FAO.
- Crisci, J.; López, M. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Serie de biología No. 26. Secretaria general de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Programa Regional de Desarrollo Científico y tecnológico Washington, D.C p 132.
- De Britez, MR.; Borgo, M.; Tiepolo, G.; Ferretti, A.; Calmon, M.; Higa, R. 2006. Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na floresta atlântica do sul do Brasil. BR: Embrapa Florestas. p. 165
- Dietzenbacher, E. and Velázquez, E. 2007. Analysing Andalusian Virtual Water Trade in an Input-Output Framework. *Regional Studies* 41(2): 185-196.

- Domínguez, C. 2001. Caracterización morfológica, bioquímica y molecular del chile Xapaleño (*Capsicum annuum* L, Solanaceae) en el norte del estado de Veracruz. Tesis Dr. Córdoba, Veracruz. Universidad Veracruzana. Veracruz-México. p. 78
- Espinosa, C.; de la Cruz, M.; Luzuriaga, A.; Escudero, A. 2012. Bosques Tropicales Secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. Instituto de ecología. Universidad Particular de Loja, Loja-Ecuador, Área de Biodiversidad y Conservación, Departamento de Biología y Geología, ESCET. Universidad Rey Juan Carlos, España. *Ecosistemas* 21 (1-2): 167-179.
- Evans, E. A. 2006. Tendencias recientes en la producción, comercio y consumo de mango en el mundo y en los Estados Unidos. IFAS Extensión. Paper Universidad de Florida. p. 7
- Excoffier, L.; Laval, G.; Schneider, S. 2005. Alerquín ver. 3.11: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online* 1: 47-50.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 1993. Estado mundial de la agricultura y la alimentación. Colección FAO: Agricultura N°26. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, IT, FAO. p. 306
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 1995. Conservación de los recursos genéticos en la ordenación de los bosques tropicales. Principios y Conceptos. Estudio FAO Montes 107. Roma, Italia
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2003. Descubrir el Potencial del Agua para la Agricultura. Roma, IT. p. 62
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia). 2007. The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. Agriculture and Consumer Protection Department.

- FAOSTATS. 2008. Producción, exportaciones e importaciones mundiales de chiles y pimientos secos y verdes por países. Consultado el 8 de septiembre de 2008 en <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- FAOSTAT, 2009. Producción de alimentos y productos agrícolas, País por producto, Top producción: Mango, mangostanes y guayabas. Consultado el 11 de Agosto de 2011. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Fernández, A. 2008. ¿Cómo reducir la huella de agua? (En Línea). Consultado el 13 de Octubre de 2009. Disponible en [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2008/06/19/177874.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2008/06/19/177874.php)
- Ferreira, M.; Grattapaglia, D. 1998. Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. 1 Ed. Brasilia, EMBRAPA-CENARGEN, documento 20. p. 220
- Fishelson G. (ed.). 1989. "Economic cooperation in the Middle East, Westview Special Studies on the Middle East". International Journal of Water Resources Development (11). Westview press. Colorado, USA.
- Fonseca, W.; Alice, F.; Rey, J. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque (CL)*. 30(1): 36-47
- Fosberg, M.; Joyce, L.; Birdsey, R. 1992. Global change and forest resources: modelling multiple forest resources and human interactions. pp. 235-251. In Realy, J; Anderson, M. Economics issues in global climate change in agriculture, forestry and natural resources. Westview Press Oxford. p. 460
- Freitas, B.M.; Imperatriz-Fonseca, V.L.; Medina, L.M.; Kleinert, A.D.P; Galetto, L.; Nates-Parra, G.; Quezada-Euán, J.J.G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie* 40: 332-346.
- Gallai, N.; Salles, J.M.; Settele, J.; Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 10.1016/j.ecolecon.2008.06.014.

- Garcés, A. 2007. Estudio de los componentes del carácter picante en pimiento: técnicas de evaluación, análisis genético y molecular. Tesis Doctoral. España, Zaragoza. Universidad de Zaragoza.
- Gentry A.H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forest. *En: Bullock SH, Mooney HA, Medina E (eds.). Seasonally dry tropical forest.* Cambridge University Press. Cambridge.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on Environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*: 134.
- Harvey, C. 2001. Agroforesteria y biodiversidad. In: Jiménez F; Muschler R; Köpsell E. Ed. Funciones y aplicaciones de los sistemas agroforestales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Módulo de enseñanza agroforestal. nº 6. p. 95-138.
- Hebert P.D.N.; Cywinska, A, Ball S.L.; and deWaard J.R. (2003). "Biological identifications through DNA barcodes". *Proc. R. Soc. Lond. B* **270** (1512): 313–321
- Herrera, A. 2010. Suelos: Con énfasis del Altiplano. 1<sup>era</sup> Ed. Lima-Perú.
- Hoekstra, A. (2003). "Virtual Water. An Introduction". Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Values of Water Research Report Series nº 12. IHE, Delft, Holanda.
- Hurtado-Burillo, M.; Ruiz, C.; May-Itzá, W. de J.; Quezada-Euán, J. J. G.; De la Rúa, P. 2012. Barcoding stingless bees: genetic diversity of the economically important genus *Scaptotrigona* in Mesoamerica. *Apidologie* (DOI: 10.1007/s13592-012-0146-9).
- IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources, Italia). 1983. Genetics Resources of Capsicum – A global Plan Action.
- IFPRI (*International Food Policy Research Institute, EE.UU*). 2008. Medio ambiente y tecnologías de producción. Washington, D.C., EE.UU.

- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina). 2008. El Suelo y su Conservación. Módulos de conocimiento orientados a docentes de las escuelas secundarias y técnicas. INTA Castelar. Provincia de Buenos Aires, Argentina. p. 39
- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change, Suiza*). 2007. Climate Change 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCCWG1 AR4 Final Report. 996 p. <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). 1995. Descriptores para (*Capsicum* spp). Roma, Italia. p. 51. International Board for Plant Genetic Resources AGPG / IBPGR /82 / 12. Rome. Italy.
- Jonhs A.D, 1992 Species conservation in managed tropical forest. In: Tropical Deforestation and Species Extinction (Eds: T.C. Whitmore and J.A. Sayer). IUCN Forest Conservation Programme. Chapman and Hall, London, UK.
- Jonhs, A.D, 1988. Effects of selective timber extraction on rain forest and composition and some consequences for frugivores and folivores. *Biotropica* 20 (1):31-37.
- Kolhn, W.; Appelgren, B. 1999. Agua y agricultura. *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*. 45-46:105-126.
- Kremen, C.; Williams, N.M.; Aizen, M.A.; Gemmill-Herren, B.; LeBuhn, G.; Minckley, R.; Packer, L.; Potts, S.G.; Roulston, T.; Steffan-Dewenter, I.; Vazquez, D. P.; Winfree, R.; Adams, L.; Crone, E.E.; Greenleaf, S.S.; Keitt, T.H.; Klein, A.M.; Regetz, J.; Ricketts, T.H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters* 10: 299-314.
- Krishnamurthy P.K and Francis R.A. (2012) A critical review on the utility of DNA barcoding in biodiversity conservation. *Biodiversity and Conservation*. **21**(8): 1901-1919.



- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Rossdorf, Alemania. GTZ.
- Linares-Palomino, R. 2004a. Los bosques tropicales estacionalmente secos: I. El concepto de los bosques secos en el Perú. *Arnoldia* 11(1): 85-102.
- Linares-Palomino, R. 2004b. Los bosques tropicales estacionalmente secos: II. Fitogeografía y composición florística. *Arnoldia* 11(1): 103-138.
- Llamas, M.R. (2005) Los Colores del Agua, El Agua Virtual y los Conflictos Hídricos, Discurso inaugural, curso 2005-2006, Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, España. p. 30, 99 (2): 369-389.
- Loreau, M.; Oteng-Yeboah, A.; Arroyo, M. T. K.; Babin, D.; Barbault, R.; Donoghue, M.; Gadgil, M.; Häuser, C.; Heip, C.; Larigauderie, A.; Ma, K.; Mace, G.; Mooney, H. A.; Perrings, C.; Raven, P.; Sarukhan, J.; Schei, P.; Scholes R. J. y Watson, R. T. 2006. Diversity without representation. *Nature* .442, 245-246
- MA (Millennium Ecosystem Assessment,). 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group. Washington DC. Island Press.
- May, R.M. 2000. The dimensions of life on earth. In *Nature and Human Society: The Quest for a Sustainable World*. ed. Raven, P.H. (Washington: National Academy Press) 30-45.
- May-Itzá, W.J.; Quezada-Euán, J.J.G.; Medina Medina, L.A.; Enríquez, E.; De la Rúa, P. 2010. Morphometric and genetic differentiation in isolated populations of the endangered Mesoamerican stingless bee *Melipona yucatanica* (Hymenoptera, Apoidea) suggest the existence of a two species complex. *Conservation Genetics*. 11, 2079–2084.
- May-Itzá, W.J.; Quezada-Euán, J.J.G.; Ayala, R.; De la Rúa, P. 2012. Morphometric and genetic analyses reveal two taxonomic units within *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponidae), a Mesoamerican endangered stingless bee. *Journal of Insect Conservation*.doi:10.1007/s10841-012-9457-4.

- McNeely, J.A.; Scherr, S.J. 2008. Ecoagricultura: estrategias para alimentar al mundo y salvar la biodiversidad Silvestre. San José, CR, IICA.
- Michener, C. D. 2007. The bees of the world. 2 ed. Johns Hopkins.
- Moony, H.A.; Bullock, S.H. & E. Medina. 1995. Introducción. Pp. 1-8 En: Bullock, S.H.; Mooney, H.A. & E. Medina (eds.) Seasonally Dry Tropical Forests. Cambridge University Press, Cambridge.
- Morán, M.; Campos, J.; Louman, B. 2006. Uso de Principios, Criterios e Indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efectos de políticas en el manejo de los recursos naturales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie técnica. Informe Técnico. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Publicación N° 32).
- Moscone, E.; Baranyi, M.; Evert, I.; Greilhuber, J.; Ehrendorfer, F.; Hunziker, A. 2003. Analysis of nuclear DNA content in *Capsicum* (Solannaceae) by flow cytometry and feulgen densitometry. *Annals of botany*. 92: 21-29.
- Moure, J.S.; Urban, D.; Melo G.A.R. (Orgs.). 2007. Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia. p. 1058.
- Murphy P.G. y A.E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 17: 67-87.
- Murphy, P. & Lugo A.E. 1995. Dry forest of Central America and the Caribbean. In: Bullock S.H., Mooney H.A. & Medina E. (Eds.). Seasonally dry tropical forests: 9-34. Cambridge University Press.
- Ostolaza C. 1997. Cactus del sur de Cajamarca y del valle del río Saña. Quepo 11.
- Mutuo, P.K.; Cadisch, G.; Albrecht, A, Palm, C.A y Verchot, L. 2005. Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions from soils in the tropics. *Nutrient cycling in agroecosystems* 71(1):43-54

- NRC (National Research Council, EE.UU.). 2007 Status of pollinators in North America, National Academies Press, Washington, DC.
- Oelbermann, M.; Voroney, R.; Gordon, A. 2004. Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agriculture Ecosystems & Environment* 104(3): 359-377.
- Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55). Roma, Italia, FAO. s.p.
- Oweis, T. and Peden DG. 2008. Water and livestock in: *Livestock and Global Climate Change*. Cambridge University Press. Hammamet, Tunisia.
- Palacios, S. 2007. Caracterización morfológica de accesiones de *Capsicum* spp. Tesis de Grado, Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Palmira-Colombia.
- Pennington, R.T.; Cronk Q.C.B. & J.A. Richardson. 2004a. Introduction and synthesis: plant phylogeny and the origin of major biomes. *Phil. Trans. Royal Soc. (B)* 359: 1455-1464.
- Peña, M.; Reynel, C.; Zevallos, P.; Bulnes, F.; Ojeda, A. 2007. Diversidad, Composición Florística, y Endemismo en los Bosques Estacionalmente Secos Alterados del Distrito de JAÉN-Perú.
- Perkoff Bass, S. y Ruiz Muller, M. (editors) 2001. Protegiendo la biodiversidad. Leyes nacionales que regulan el acceso a los recursos genéticos en el continente americano. Centro internacional de investigaciones para el desarrollo. San José, Costa Rica. PiriGuazú Ediciones.
- Phillips, O.; Malhi, Y.; Higuchi, N.; Laurance, W.; Nuñez, P.; Vásquez, R.; Laurance, S.; Ferreira, L.; Stern, M.; Brown, S.; Grace, J. 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. *Science* 282:439-442
- Porta, J.; Lopez-Acevedo, M.; Poch, R. 2011. *Introducción a la Edafología: Uso y protección de suelos*. 2da Ed. Mundi-Prensa. Madrid-España.

- Powell W.; Morgante, M.; Andre, C.; Hanafey, M.; Vogel, J.; Tingey, S.; Rafalski, A. 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular Breeding* 2, 225-238.
- Quezada-Euán, J.J.G. 2005. *Biología y uso de las abejas nativas sin aguijón de la Península de Yucatán, México (Hymenoptera:Meliponini)*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Quezada-Euán, J.J.G. 2009. Potencial de las abejas nativas en la polinización de cultivos. *Acta Biológica Colombiana* 14: 169-172
- Quezada-Euán, J.J.G; May-Itzá, W.J.; Gonzalez-Acereto, J.A. 2001. Meliponiculture in Mexico: problems and perspective for development. *Bee World* 82: 160-167.
- Quezada-Euán, J.J.G.; May-Itzá, W.J.; Rincón, M.; De la Rúa, P.; Paxton, R.J. 2012. Genetic and phenotypic differentiation in endemic *Scaptotrigona hellwegeri* (Apidae: Meliponini): implications for the conservation of stingless bee populations in contrasting environments. *Insect Conservation and Diversity*. doi: 10.1111/j.1752-4598.2011.00179.x
- RAPAL (Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina, Uruguay). 2010. Contaminación y eutrofización del agua. Impactos del modelo de la agricultura industrial. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. Montevideo, UR. p. 36
- Ríos, J. 2006. Comportamiento hidrológico de sistemas de producción ganadera convencional y silvopastoril en la zona de recarga hídrica de la subcuenca del Río Jabonal, cuenca del Río Barranca, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- Rodriguez R.; Garrido, A.; Llamas, M.; and Varela, C. 2008. La Huella Hídrica de la Agricultura Española. Papeles de Agua Virtual Nº 2, Fundación Marcelino Botín. Santander, España.
- Rosegrant, M.; Cai, X. y Cline, S. 2002. Global wáter Outlook to 2025, Averting an impending crisis. A 2020 vision for food, agriculture, and the environment

initiative. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) e Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI).

Roubik, DW. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press

Salas, C.; Ríos, N.; Ibrahim, M. 2010. Escorrentía superficial y erosión hídrica en sistemas ganaderos en suelos volcánicos de Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica. VI Congreso Latinoamericano Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Ciudad de Panamá, Panamá.

Sawyer, J.; Malarino, A. 2000. Why manage phosphorus?. Integrated crop management. 484 (6). p. 50-51.

Schimel, D.S.; House, JI; Hibbard, K.A.; Bousquet, P.; Ciais, P.; Peylin, P.; Braswell, B.H.; Apps, M.J.; Baker, D.; Bondeau, A.; Canadell, J.; Churkina, G.; Cramer, W.; Denning, A.S.; Field, C.B.; Friedlingstein, P.; Goodale, C.; Heimann, M; Houghton, R.A.; Melillo, J.M.; Moore, B.; Murdiyarso, D.; Noble, I.; Pacala, S.W.; Prentice, I.C.; Raupach, M.R.; Rayner, P.J.; Scholes, R.J.; Steffen, W.L.; Wirth, C. 2001. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. Nature 414:169-172.

Schlegel, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosque del tipo forestal siempre verde. En el sur de Chile. Simposio Internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. p. 233-240.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2010. Ecosystem Goods and Services in Development Planning: A Good Practice Guide. Montreal, 80 + iv pages

Serrano, J. 2007. Geopolítica del agua en América Latina: Dependencia, Exclusión y Privatización. XVI Simposio Polaco-Mexicano, Universidad de Varsovia, Departamento de Geografía Humana Universidad de Alicante, ES (En línea) Consultado el 13 de Octubre de 2009. Disponible en <http://www.ecoportal.net/content/view/full/81251>

- Shiklomanov, I and Rodda, J. 2003. *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Singh, J.S. 2002. The biodiversity crisis: A multifaceted review. *Current Science*. 82(6), p. 638-647.
- Skal, R.; Sneath, P. 1963. *Principles of numerical taxonomy*. USA: Freeman.
- Soto, G.; Meléndez, G. 2004. Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. *In Manejo integrado de plagas y agroecología* N° 72. Turrialba. Costa Rica. CATIE. p. 91-97.
- Steinfeld, H. 2002. *Ganadería y Medio Ambiente: Beneficios Económicos y Ambientales: Producción animal y el Medio Ambiente en Centroamérica*. San José, Costa Rica. FAO.
- Suárez, F. 1979. *Conservación de suelos*. 3era Ed. IICA. Costa Rica.
- Tanksley, S. 1984. High rates of cross-pollination in chile pepper. *HortScience* 19:580-582.
- Ugás, R. 2012. *Colección de accesiones del género Capsicum*. UNALM 2012.
- UNEP (United Nations Environment Programme, Kenya). 2007. *Global Environment Outlook (GEO) 4: Environment for Development*. Nairobi.
- Valverde, F.M.; Rodriguez, G.; Garcia, R. 1991. *Estado Actual de la Vegetación Natural de la Cordillera Chongon Colonche*. Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Naturales Universidad de Guayaquil. Guayaquil- Ecuador.
- Vamosi, J.C.; Vamosi, S. M. 2008. Extinction Risk Escalates in the Tropics. *PLoS ONE* 3.
- Velásquez, E. 2009. *Agua Virtual, Huella Hídrica y el Binomio Agua - Energía: Repensando los conceptos*. Fundación Ecología y Desarrollo, Boletín Ecodes. Sevilla, España.

- Vos, P.; Hogers, R.; Bleeker, M.; Reijans, M.; Van De Lee, T.; Hornes, M.; Frijters, A.; Pot, J.; Peleman, J.; Kuiper, M.; Zabeau, M. 1995. AFLP: A new technique for DNA Fingerprinting. *Nucleic Acids Reserch* 23:4407-4414.
- Vovides, A.; Linares, E.; Bye, R. 2010. Jardines Botánicos de México: historia y perspectivas. Secretaría de Educación de Veracruz del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Serie Ciencia y Tecnología. Veracruz, México. p. 230
- Wortmann, C. 2005. Phosphorus management for water quality protection in the Midwest. University of Nebraska- Lincoln Extension. EE.UU.
- Wortmann, C. 2006. Nitrate management for water quality protection in the Midwest. University of Nebraska- Lincoln Extension. EE.UU.
- WWF (World Wide Fund For Nature, Suiza). 2008. informe Planeta Vivo 2008. Edición en español. Cali, Clombia.
- Wyse Jackson, P.S. & Sutherland, L.A. 2000. Agenda Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos. Organización Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos (BGCI), U.K.
- Zabeau, M. 1993. Selective restriction fragment amplification: a general method for DNA fingerprinting. Publication 0 534 858 A1, bulletin 93/13. European Patent Office, Munich, Germany.

CAP



03



## PRODUCCIÓN

**George Cedeño García**  
**Francisco Arteaga Alcívar**  
**Carlos Salas Macías**  
**George García Mera**  
**Miryan Pinoargote**  
**Oswaldo Valarezo Cely**  
**Bertín Vélez Olmedo**



### 3.1 Almacenamiento de semillas: Caso café (*Coffea arabica* L.)

La semilla del café es elíptica o en forma de huevo, plano-convexa y posee un surco longitudinal sobre la superficie plana (Dedecca, 1957). La cubierta exterior de la semilla está formada por un endocarpio duro marrón claro que se convierte en el pergamino después del secado. El endocarpio contiene una semilla que posee una testa delgada y de color verde conocida como espermodermo o “piel plateada”, que constituye el remanente del perispermo (Mendes, 1941). Las mediciones realizadas en un gran número de semillas de *Coffea arabica* indican que las semillas tienen de 10 a 18 mm de largo y de 6,5 a 9,5 mm de ancho (Dedecca 1957). Otras especies como *C. racemosa* tienen semillas más pequeñas (5-7 mm de largo y 3-3.5 mm de ancho) (Guerreiro Filho, 1992), mientras que en las semillas de *C. liberica* las semillas son más grandes.

El endospermo, que es un tejido vivo, tiene una región externa dura y una región interna suave, que rodea al embrión (Krug y Carvalho, 1939). El embrión es muy pequeño, de 3 a 4 mm de largo y está compuesto por un eje y dos cotiledones cordiformes adheridos a él, se localiza cerca de la superficie convexa de la semilla (Huxley 1964, Rena *et al.* 1986). El embrión contiene pocas reservas de almacenamiento, y depende de los nutrientes del endospermo hasta que la plántula se vuelva autótrofa (Giorgini y Campos, 1992). Se han observado casos de poliembrionía y de semillas vacías con una frecuencia de 1,2%. (Mendes, 1941)

En el café, la producción de semilla se caracteriza típicamente por una floración y desarrollo de frutos asincrónicos. En café Arábica, la antesis puede ocurrir en un solo día o durante varios días, con una o más floraciones en un solo periodo reproductivo (Wormer 1964, Alvim 1973). Cada período de floración dura sólo 2 o 3 días y es seguido por un intenso desarrollo vegetativo.

Los frutos pueden no iniciar el crecimiento inmediatamente después de la floración, pero pueden permanecer en un estado latente de hasta 60 días después de la polinización o la antesis (DDA).

Las semillas de café maduras (secadas) muestran germinación lenta y asincrónica, lo que hace difícil obtener plántulas ideales para el establecimiento de plantaciones uniformes que permitan aumentar la productividad. Aunque todavía no están plenamente diferenciados y desarrollados, los embriones cotiledonares

aislados de semillas de *C. arabica* entre 120 y 150 DAA son capaces de germinar y convertirse en plántulas cuando se les incuban directamente en el medio de cultivo Murashige & Skoog (MS) demostrando así que los embriones adquieren la capacidad de germinar cuando están inmaduros (Estanislau2002).

Las primeras partes de la semilla que emergen del suelo, son los cotiledones caracterizando un crecimiento epigeo de la plántula, necesitándose de 3 a 4 semanas para que los cotiledones absorban completamente el endospermo y estén libres de cualquier residuo de él (Huxley, 1964). La presencia del endocarpio inhibe drásticamente la germinación de las semillas de café (Valio, 1980) y por lo general se remueve antes de cualquier prueba de germinación.

Las semillas maduras pueden tolerar la desecación en diversos grados. Las semillas ortodoxas se desprenden a contenidos bajos de humedad y pueden tolerar el secado adicional sin sufrir daño. Las semillas recalcitrantes se desprenden de la planta madre con un alto contenido de agua, son sensibles a la desecación y pierden su viabilidad a un contenido de agua relativamente alto (Roberts, 1973, King y Roberts ,1979). Además de las categorías ortodoxas y recalcitrantes (por comportamiento durante el almacenaje), Ellis *et al.* (1990, 1991) introdujeron la categoría "intermedia" por tolerancia a la desecación para describir semillas que pueden tolerar algo de secado pero que no sobreviven a la completa desecación o a los efectos combinados de la desecación y temperatura baja. Sin embargo, las semillas no sobreviven a la completa desecación o los efectos combinados de la desecación y temperatura baja (Hong y Ellis 1995, Dussert *et al.* 1997, Eira *et al.*, 1999). Hoy se considera que las semillas de café tienen un comportamiento intermedio durante el almacenaje (Ellis *et al.* 1990, 1991). El principal impedimento para el almacenamiento de las semillas con fisiología del tipo intermedio es la comprensión del límite al cual pueden secarse las semillas de *Coffea* y de la interacción de la temperatura y el contenido de agua en la supervivencia de la semilla.

La viabilidad de las semillas de *Coffea arabica* disminuye rápidamente después de 4 - 6 meses a temperatura ambiente, y las semillas de cultivares comerciales tienen que ser distribuidas a los viveros de café dentro de unos pocos meses después de la cosecha. (Dias y Barros 1993, Miranda *et al.* 1993)

Debido a las dificultades del almacenaje de las semillas, el germoplasma de café se mantiene en colecciones de campo, que presentan problemas significativos, como los costos de la tierra y mano de obra, la susceptibilidad a los peligros ambientales y de patógenos (Berthaud y Charrier, 1988). El almacenamiento *ex situ* de las especies de *Coffea* en bancos de germoplasma puede ayudar a preservar la diversidad amenazada de este importante género.

A continuación se presentan los resultados de una investigación cuya finalidad fue el de evaluar el efecto del pergamino sobre el potencial de almacenamiento de tres variedades de café.

## **Potencial de almacenamiento de semillas de tres variedades de café (*Coffea arabica* L.).**

George Cedeño García<sup>1</sup> y Hugo Soplin Villacorta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>gacedeno@utm.edu.ec. Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Técnica de Manabí. Vía a Santa Ana, km 15, cantón Santa Ana, Manabí (Ecuador)

<sup>2</sup>husovi@lamolina.edu.pe Departamento de Fitotecnia. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.

### **RESUMEN**

Se realizó este estudio con el objetivo de evaluar el potencial de almacenamiento de la semilla de tres variedades de café (*Coffea arabica*). La investigación se llevó a cabo durante el periodo julio 2010 a mayo 2011, realizándose los análisis de germinación y vigor de plántula en el laboratorio de semillas del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, mientras que el almacenaje de las semillas tuvo lugar en La Merced, Fundo La Génova, Perú.

Se utilizó semillas de las variedades Catimor, Caturra Roja y Típica, a las cuales se las sometió a un despulpado manual y secado con pergamino hasta 41% de humedad en estufa a 30 °C. Se almacenaron semillas con y sin pergamino por un periodo de seis meses, en bolsas de plástico herméticas, bajo sombra y a temperaturas promedio entre 21 a 23 °C, realizándose pruebas de germinación cada dos meses, efectuándose las en un germinador a 25 °C de temperatura constante y tuvieron una duración de 30 días. Para los análisis de germinación se utilizó un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones de 50 semillas.

La variedad Caturra Roja tuvo mejor potencial de almacenamiento seguida por la variedad Catimor y posteriormente Típica. La presencia del pergamino inhibe el proceso de germinación. Es mejor almacenar semillas sin pergamino a 41% de humedad en envases herméticos hasta por 6 meses bajo sombra a condiciones ambientales de 21 a 23 °C de temperatura promedio.

**PALABRAS CLAVE:** Germinación, Vigor de plántula, pergamino.

## **INTRODUCCIÓN**

La producción cafetalera tiene una gran importancia económica, social y ambiental, la superficie sembrada con este cultivo se estima en 122.850 ha distribuidas alrededor de 20 provincias. El café se desarrolla con relativa facilidad desde los 600 hasta los 1800 metros sobre el nivel del mar; pero el 75% de los cafetales está sobre los 1000 m.s.n.m. y de manera general, se considera que las variedades más cultivadas son Típica, Caturra y otras. Prácticamente el 100% del café crece bajo sombra, principalmente con árboles de leguminosas (*Inga spp*) y a una densidad promedio de 2000 plantas por hectárea; mantener la viabilidad de las semillas del cafeto durante el almacenamiento es importante para la comercialización, el intercambio de material genético y los programas de conservación de germoplasma, entre otros. Al respecto Barbosa y Herrera (1990), mencionan que las semillas de cafeto son recalcitrantes y que requieren de temperaturas medias y altos contenidos de humedad para conservar por mayor tiempo su poder germinativo.

En el Ecuador no existen normas establecidas que indiquen como almacenar las semillas de cafeto, con el fin de que permanezcan viables por un período de tiempo mayor para poder utilizarlas en el momento que se desee.

Cada año se introducen nuevas tecnologías de producción y de procesamiento que han conducido a una mejora enorme en la producción de café. A pesar de ello, existe poca información sobre los factores que influyen en la conservación de la viabilidad y vigor de las semillas del cafeto durante el almacenaje, sobre todo tomando en cuenta la forma tradicional de manejo de semillas por parte de los agricultores. Por lo expuesto, se realizó esta investigación, para evaluar la influencia de la variedad, el contenido de humedad y la presencia o ausencia del pergamino sobre el potencial de almacenaje de la semilla de café.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se realizó almacenando semillas de café de las variedades Típica, Caturra Roja y Catimor, a las cuales se les sometió a un despulpado manual, se les redujo el contenido de humedad hasta 41%, para lo cual se utilizó una estufa a 30 °C tomando periódicamente el contenido humedad hasta a la humedad requerida.

Se almacenaron semillas con y sin pergamino en bolsas plásticas de cierre hermético por cuatro periodos de almacenamiento. Las bayas de las tres variedades (Típica, Caturra Roja y Catimor) fueron sometidas al método de flotación en agua, eliminándose las que lograban flotar. De las remanentes se eliminaron, además, las bayas que presentaban daños o deformaciones.

Las pruebas de germinación se realizaron en un germinador, a 25 °C y 98% de humedad relativa. Se empleó el método de toallas humedecidas enrolladas las cuales fueron colocadas en recipientes rectangulares de plástico, que a su vez se colocaron dentro de bolsas plásticas negra para darles condiciones de oscuridad, y se colocaron en posición vertical dentro del germinador.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) en un Arreglo Factorial (3 x 2) para el cual se utilizaron tres variedades de café y dos tipos de material almacenado (semillas con y sin pergamino). Para los análisis de germinación y materia seca de plántulas germinadas se utilizaron 4 repeticiones de 50 semillas cada una.

#### ***Porcentaje de germinación:***

Se evaluó el porcentaje de germinación cada 15 días por un periodo de 30 días, dándose por germinada a la semillas que mostraron 1cm de longitud entre la estructura del hipocótilo mas la radícula Para el análisis estadístico los resultados de la prueba de germinación y emergencia fueron previamente transformados mediante la tabla arco-seno porcentaje.

#### **Peso seco de plántula**

Fue considerado como vigor de plántula el peso seco promedio de cada plántula normal en estado de palito de fosforo. Con el fin de obtener una muestra homogénea por repetición y tratamiento, para el análisis estadístico se dividió el peso seco del total de las plántulas de cada repetición entre el número de plántulas este promedio se multiplicó para una constante de 5 plántulas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **Porcentaje de germinación**

La figura 1A, muestra el porcentaje de germinación a través de los meses de almacenamientos para las tres variedades almacenadas sin pergamino. Se observa

que en las tres variedades disminuye el potencial de germinación, con el tiempo de almacenaje, siendo la tasa de pérdida menor y semejante en Caturra Roja y Catimor y notablemente mayor en Típica.

Durante el periodo de almacenamiento, la variedad Caturra Roja sin la presencia del pergamino (CRsp) obtuvo una ligera superioridad con relación a los otros dos tratamientos, mientras que la variedad Típica mostró tener el mayor descenso en la germinación durante el tiempo de almacenaje. No obstante el porcentaje de germinación, manteniendo alto el contenido de humedad de las semillas, a los seis meses fue relativamente alto con un rango aproximado entre 70% y 90%.

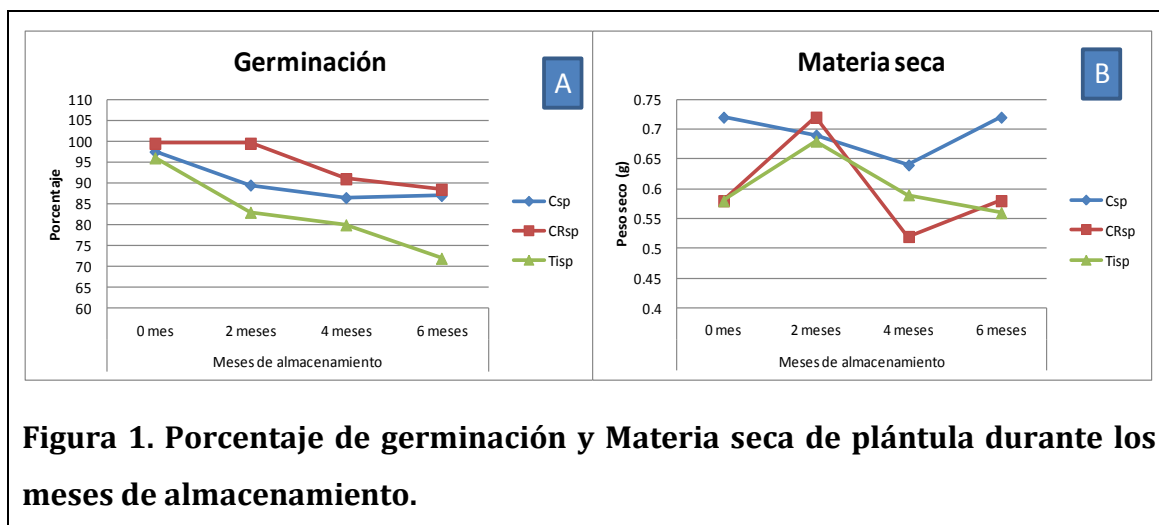
Los tratamientos Ccp (Catimor con pergamino), CRcp (Caturra rojo con pergamino) y Tícp (Típica con pergamino) no germinaron en el laboratorio probablemente porque en las toallas húmedas y enrolladas, no existe el flujo de suficiente humedad a través del endocarpio que permita el inicio de la germinación.

En ausencia del pergamino la semilla inhibe la humedad necesaria para el inicio de la germinación. Por el contrario, en presencia del pergamino, niveles crecientes en el contenido de humedad del sustrato retardan significativamente la germinación de las semillas, al limitar la difusión de oxígeno hacia el embrión, lo que impide su crecimiento (Guevara *et al.*, 1997). La explicación para este comportamiento inusual es que en semillas con un contenido de humedad de 41 %, ligeramente inferior al contenido de humedad de imbibición, operan mecanismos que permiten disminuir el efecto de los procesos de deterioro. (Barboza y Herrera, 1990)

### **Peso seco de plántula**

Como se muestra en la figura 1B, la tendencia general de las tres variedades es la de disminuir la materia seca de plántula con mayor periodo de almacenaje. El tratamiento Csp mantuvo el mayor peso seco de plántula a través de los meses de almacenamiento, mientras que el tratamiento CRsp mostro un poco de inestabilidad, ya que al segundo mes de almacenamiento tuvo una mayor concentración de materia seca en comparación con los demás tratamientos, pero así mismo al cuarto mes fue el que obtuvo el menor peso seco de plántula. Del mismo modo, tal como se dio en el porcentaje de germinación, también para la materia seca de plántula al cuarto mes de almacenamiento los tres tratamientos

tuvieron una caída en su peso seco de plántula, que se usó como indicativo del vigor.



**Nota:** los tratamientos Ccp, CRcp y Ticp no germinaron en el laboratorio.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La variedad Caturra Rojo tuvo el mejor potencial de almacenamiento, seguida por la variedad Catimor y posteriormente la variedad Típica.

Las semillas con despulpado manual y secado hasta 41% de humedad mantuvieron un alto poder germinativo durante los seis meses de almacenaje.

La presencia de pergamino impide la germinación de la semilla bajo condiciones de laboratorio pues aparentemente es impermeable al agua.

El almacenaje más allá de los dos meses reduce el vigor de las plántulas.

Semillas sin pergamino permite un mejor procesamiento y selección.



### **3.2 Extracción de nutrientes en agricultura: Caso Pimiento (*Capsicum annuum*)**

Diversas teorías se han formulado para explicar los mecanismos de absorción de nutrientes, muchas investigaciones se han realizado al respecto y con el pasar del tiempo los métodos son cada vez más refinados y gracias a los programas en el desarrollo de la bioquímica, los métodos de análisis químicos, el análisis foliar, los trabajos realizados con soluciones nutritivas, los trazadores isotópicos y otros, se determinaron avances importantes sobre ciertas teorías de la absorción de nutrientes. De varias teorías planteadas por algunos autores se aceptan las formas de absorción por las células de la raíz, siendo las más activas aquellas ubicadas en raíces jóvenes. (Pari, 1996)

La aptitud de las plantas para absorber tanto el agua como los nutrientes minerales del suelo está relacionada a su capacidad de desarrollar un extenso sistema radicular. El punto preciso de entrada de los minerales dentro del sistema radicular ha sido un tópico de bastante interés. Algunos investigadores han pretendido que la absorción de nutrientes tiene lugar únicamente en las regiones apicales de los ejes o ramas radiculares, mientras que otros creen que la absorción tiene lugar sobre la superficie integra de las raíces.

El suelo que rodea a las raíces de las plantas puede considerarse como un material heterógeno que contiene una fase sólida, una fase líquida y una fase gaseosa. Todas estas fases están involucradas en el suministro de nutrientes como una reserva de nutrientes (Taiz y Zeiger 1991).

Hoagland (1948) citado por Mengel y Kirkby (1978), en razón de sus estudios sobre la absorción de nutrientes por las plantas, concluyó lo siguiente:

- Los iones son absorbidos por las plantas de manera selectiva.
- La absorción tiene lugar aún en contra de la concentración.
- La planta requiere energía para los procesos de absorción la cual es generada por el metabolismo celular.

La materia seca vegetal contiene alrededor de 0,4% a 4% de (N), señalado que la variación en la concentración está en función de varios factores como: especie, variedad y/o cultivar, órgano y edad de la planta. (Chapman y Pratt, 1973)

El fosforo total en los suelos va desde 0,03% a 0,3% mientras que en materia seca fluctúan entre 0,03% y 0,3%. (Chapman y Pratt, 1973)

En las plantas según Champan y Pratt (1979), el potasio se encuentra dentro de la gama de 0,20% a 3,5% de la materia seca.

### **Botánica**

El cultivo de pimiento corresponde a la amplia familia de las solanáceas. Debido a su gran variabilidad genética, se demuestra diversas apariencias en cuanto a su denominación botánica. La mayoría de autores coinciden en denominar *Capsicum annum* L. a la especie que engloba a todas las variedades cultivadas actualmente.

De acuerdo con Smith (1966), el centro de origen del género sería el borde oriental de los Andes peruanos y bolivianos y comprende alrededor de 25 especies, de las cuales cinco son las cultivadas. *C. annum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum*. Siendo *C. annum* la más importante por su producción, distribución geográfica, variabilidad de formas y la gama diversidad de usos. (Hernández *et al.*, 1999)

### **Descripción Taxonómica de *Capsicum annum***

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2012), la clasificación taxonómica del género *Capsicum* es la siguiente:

**Cuadro 1. Clasificación taxonómica**

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
<b>Sub reino</b>	Tracheobionta- plantas vasculares
<b>Super división</b>	Spermatophyta -plantas con semillas
<b>División</b>	Magnoliophyta- plantas con flores
<b>Clase</b>	Magnoliopsida- dicotiledoneas
<b>Sub clase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae

<b>Genero</b>	Capsicum L
<b>Especie</b>	<i>Capsicum annuum</i> L

FUENTE: (USDA 2012)

## **Morfología**

### **Raíz**

Desde el punto de vista botánica su raíz es pivotante y profunda, dependiendo de las condiciones del suelo con diversas raíces que tendidamente llegan alcanzar una extensión que va de 50 cm y 1 m, dependiendo la especie.

### **Tallo**

El tallo es de forma glabro, erguidos, y altura variable de acuerdo al cultivar, así como también de las condiciones ambientales y del manejo agronómico que se le brinde. El tallo principal es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura emite dos o tres ramificaciones y continúa ramificándose y de forma dicotómica hasta el final de su ciclo, los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente. (Nuez *et al.*, 1996)

### **Hojas**

Las hojas poseen un largo pecíolo o casi sésiles, tienen una forma entre lanceolada y aovada, con el borde entero o ligeramente sinchado en la base. Son de color verde claro u oscuro y en ocasiones de color violáceo. De una planta a otra se encuentran variaciones en las dimensiones y el número de hojas, así la superficie de la hoja del pimentón es normalmente menor que la de los pimientos de fruto grande. (FAO 1991, Nuez *et al.*, 1996)

### **Flores**

En el caso del genero *Capsicum annuum*, poseen flores hermafroditas, suelen aparecer solitarias en cada nudo con el pedúnculo torcido hacia abajo cuando se produce la antesis.

La planta es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta, y es autógama, es decir, se autofecunda; aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada. (Orellana, 2000)

## Fruto

El pimiento es de superficie lisa y brillante, y baya hueca, de formas y colores muy variables, con características inconfundibles en cada cultivar y especie. En el interior de la baya discurren dos o cuatro tabiques incompletos a lo largo de la pared del fruto, uniéndose solamente en la base de la placenta. El color del fruto, así como cambios en el mismo ocurre, debido a la presencia de pigmentos carotenoides y antocianos. (Maroto, 1995)

## Cultivares

Por la complejidad taxonómica que existe y persisten en el pimiento, es difícil establecer una clasificación homogénea que agrupe las diferentes especies.

Se enunciará una clasificación, utilizada por Pilatti (1997), que puede no responder correctamente a la clasificación sistemática, pero tiene utilidad desde el punto de vista agronómico. De acuerdo a ella, del pimiento se puede dividir en dos grandes grupos varietales: **Cultivares dulces**, Suelen tener frutos de buen tamaño, son las que se cultivan en invernaderos y al aire libre para su consumo fresco y la industria de conserva, también para la preparación de pimentón. Dentro de las variedades dulces hay diferentes tipos: Tipo A: la sección longitudinal es cuadrangular y el largo es similar al ancho. Tipo B: la sección longitudinal es rectangular y el largo es mayor que el ancho. Tipo C: la sección longitudinal es triangular. **Cultivares con sabor picante**, son variedades de fruto largo y delgado y se utilizan para encurtidos. Dentro de este grupo está *C. frutescens* con frutos chicos y muy picantes, conocido como "chili". **Cultivares poblanos**, a este tipo pertenecen varios subtipos, que representan a veces pequeñas diferencias entre sí. Como manera general los frutos del chile Ancho son cónicos o acorazonados y según variedades, son de 10-15 cm de largo y 5-8 cm de ancho. La carne es fina y moderadamente picante. El color inmaduro varía desde amarillo verdoso al verde oscuro. En madurez suelen ser rojos. Se comercializa tanto en verde 50% como deshidratado. De esta especialidad un 15% es derivado para la obtención de chile en polvo (pimentón) y la obtención de colorante, mientras que el resto se utiliza a nivel doméstico en diversas especialidades culinarias. (Nuez *et al.*, 1996)

## **Curvas de extracción de macronutrientes en dos cultivares de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en la localidad de Casma- Perú**

Francisco Javier Arteaga Alcívar<sup>1</sup>; Andrés Casas Días<sup>2</sup>

<sup>1</sup>fjarteaga@utm.edu.ec. Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Técnica de Manabí. Vía a Santa Ana, km 15, cantón Santa Ana, Manabí (Ecuador)

<sup>2</sup>cda@lamolina.edu.pe Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

### **RESUMEN**

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la curva de extracción de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.) en la localidad Casma, Departamento Ancash, Perú entre Octubre del 2010 y Enero del 2011, realizándose los análisis en los laboratorios del Departamento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se analizó la extracción de nutrientes en los cultivares Vencedor y Mulato, con base al peso seco y la concentración de nutrimentos, se estimó la absorción de los elementos y la extracción de N, P, K, se calculó con una densidad de siembra de 33.000 p/ha, con un rendimiento de 8 t/ha de fruta fresca, se realizaron 9 muestreos a intervalos de 15 días, se extrajo una planta completa en cada evaluación para ambos cultivares en base a los resultados se graficó la curva de concentración y extracción de acuerdo al estado fenológico del cultivo. Se determinó el orden de extracción de nutrimentos para el cultivar Vencedor fue N, K, P, con valores de 225,65; 180,00; 20,70 kg/ha; mientras que para el cultivar Mulato fue K, N, P, con valores de 290,00; 207,41; 26,89 kg/ha.

**PALABRAS CLAVE:** Nutrición Vegetal, Hortalizas, Absorción de Nutrientes.

### **INTRODUCCIÓN**

*Capsicum annuum* L es originario de México, Olvera *et al.* (1998) afirman que existen evidencias de que fue cultivado desde el año 7000 A.C., en los estados de Puebla y Tamaulipas. Junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el pimiento fue la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica. El género *Capsicum* incluye aproximadamente 25 especies y al menos cinco de éstas son cultivadas en mayor o menor grado, *C. annuum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum*. Siendo *C. annuum* la más importante por su producción, distribución

geográfica, variabilidad de formas y amplia diversidad de usos. (Hernández *et al.*, 1999)

Durante los últimos años es una de las especies hortícolas más atractivas por el mercado, convirtiéndose en un cultivo alternativo para los agricultores de la costa del Perú, quienes vienen orientando sus actividades a la producción de pimiento por los altos niveles de producción y rentabilidad que presenta, por la demanda para la agroindustria debido a sus múltiples usos en fresco y deshidratado, y la exportación, convirtiéndose actualmente en una especie cuya rentabilidad supera a la de otros cultivos.

Por otro lado, la introducción de cultivares de mayor rendimiento y calidad de frutos, así como el creciente interés por esta última para el mercado internacional, exigen el desarrollo de nuevas prácticas de manejo de cultivo, dentro de éstos está la fertilización y más concretamente la nutrición mineral la cual requiere de especial atención, dada la relación que tiene, con el rendimiento del cultivo. Sin embargo, hay muy poca información sobre los requerimientos nutricionales durante la fenología del cultivo y sobre todo los períodos de máxima absorción de los diferentes nutrimentos bajo nuestras condiciones.

Para la aplicación de cada uno de los nutrientes es necesario conocer la cantidad de extracción por la planta. El nitrógeno, fósforo, potasio, son los macronutrientes que por lo general se incorporan al suelo por la deficiencia de ellos durante el periodo vegetativo. Por lo tanto, es necesario conocer la extracción de nutrientes en el cultivo de pimiento bajo nuestras condiciones, para poder determinar el momento y la cantidad de nutrientes necesarios para este cultivo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materiales**

Agua corriente y destilada, reactivos, bolsas de papel Kraft y de plástico, plumones, tubos de ensayo, balón erlenmyer, gradillas de plástico, frascos de plástico, crisoles de porcelana, vasos plásticos, etc.

## **Equipos**

Estufa con control de temperatura, balanza eléctrica, balanza analítica, cocinilla eléctrica, equipo de destilación de microkjeldahl, espectrofotómetro de luz visible (clorímetro), espectrofotómetro de absorción atómica y molino eléctrico. Equipos de los Laboratorios de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la (UNALM).

## **Metodología**

### **Determinación de la acumulación periódica de materia seca y extracción**

El campo del ensayo fue manejado para los dos cultivares en forma similar, para esta investigación cada área experimental tuvo los mismos distanciamiento de siembra 1 metro entre surco y 0,30 metros con una planta por sitio.

El primer muestreo foliar se realizó a los 15 días después de trasplante, luego a los 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 y 135 días después del trasplante (DDT). Los muestreos se realizaron con un intervalo de 15 días para ambos cultivares hasta el momento de cosecha (madurez fisiológica). Así mismo en cada muestreo se extrajo una planta completa en competencia perfecta de cada cultivar para sus respectivos análisis.

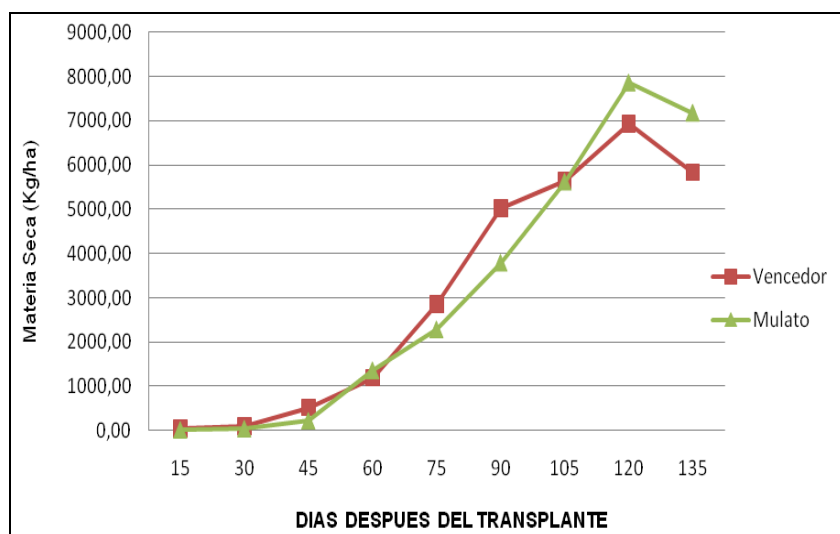
La extracción se realizó en base a la materia seca en cada órgano de cada planta (hojas, tallo, raíz y fruto) considerando solo los macronutrientes (N, P, K), en cada recolección las muestras se colocaron en bolsas de papel Kraft con su respectiva identificación y posteriormente llevadas al laboratorio para realizar los análisis químicos. Estos análisis proporcionaron la concentración de los elementos por hoja y por planta, y en base al peso seco se calculó la extracción total de cada elemento por planta.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Formación y acumulación de materia seca total cv. Vencedor y Mulato**

La curva de acumulación de materia seca total se observan en la (Figura 1). En los dos cultivares la acumulación de materia seca fue ascendiendo lentamente a los 45 días después del trasplante (DDT) en la época de prefloración, posteriormente a esta etapa la formación y acumulación de materia seca, fue abruptamente creciente

hasta los 120 DDT Inicio de maduración fisiológica para ambos cultivares, y luego tiene una caída a los 135 DDT en el inicio de cosecha para ambos casos.



**Figura 1. Acumulación periódica de materia seca total en dos cultivares de pimiento (Kg/ha)**

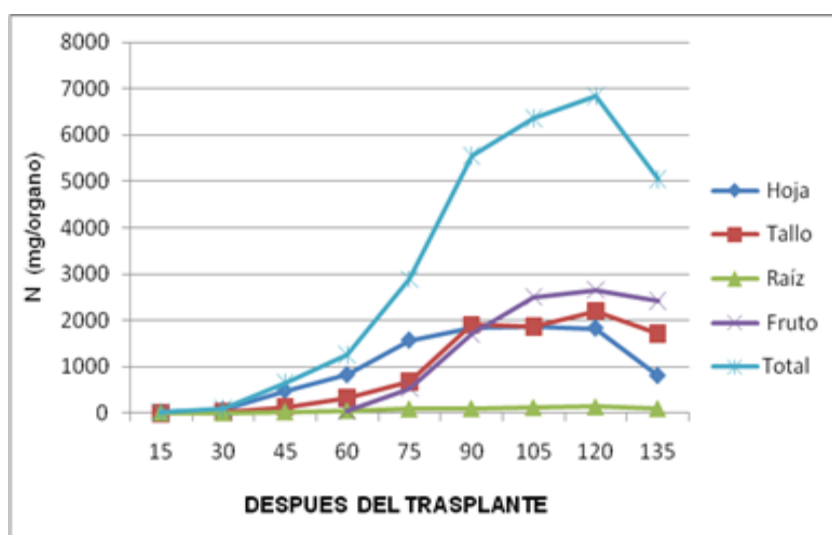
Una distribución sigmoideal de acumulación de materia seca fueron obtenidos en otras hortalizas de importancia como: melón, Quiroz (1988), en cebolla, Palacios (1995) y Carrillo (1989) y concuerda con lo establecido por Stemberg (1954) citado por Viets (1965), quien señala que inicialmente se produce un incremento lento seguido de una etapa de acumulación rápida, finalmente ocurre una depresión de la producción de materia seca, porque obviamente, todas las funciones biológicas llegan a un óptimo y luego declinan a medida que aumenta la edad de la planta, a los 120 DDT el cv. Mulato obtuvo mayor acumulación de materia seca con 7854,00 Kg/ha, mientras que el cv. Vencedor obtuvo 6930,00 Kg de materia seca/ha.

### **Extracción de Nitrógeno de dos cultivares de pimiento (mg/órgano)**

La extracción de Nitrógeno, por parte de los diferentes órganos de la planta de los dos cultivares durante su ciclo se observó que la acumulación de Nitrógeno aumenta progresivamente con la edad de la planta alcanzando el máximo porcentaje a los 120 DDT (días después del trasplante) con 6837,88 mg/planta o 225,65 Kg/ha y 6285,16 mg/planta o 207,41 Kg/ha de Nitrógeno respectivamente



para cada cultivar y en el último muestreo a los 135 DDT, tiene una disminución ya que la planta prácticamente empieza a entrar en reposo, cumpliendo con su ciclo fisiológico y por ende entrando a la senescencia, Sin embargo Azofeifa y Moreira (2004) encontraron valores muchos más bajos 139,43 Kg/ha de Nitrógeno. Rincón *et al.* (1993) reportan que la extracción de Nitrógeno varía de 85 a 215 Kg/ha.



**Figura 2. Extracción de nitrógeno cv. Vencedor (mg/órgano).**

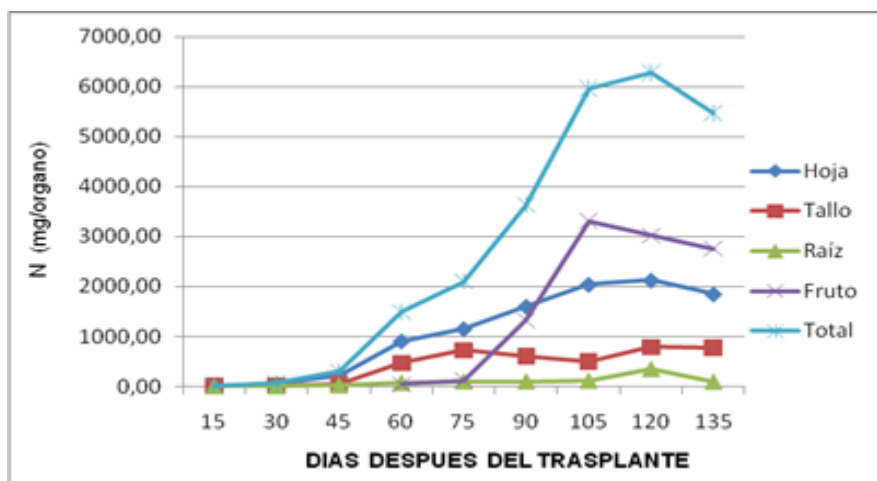
La extracción total en el presente ensayo fue estimada por superficie de terreno, en función de la densidad de la plantación utilizada en el ensayo (población de 33.000 plantas por hectárea). El órgano que obtuvo la mayor cantidad de Nitrógeno extraído en cada cv, fue el fruto coincidiendo con períodos de fructificación, lo cual pudiera estar relacionado al movimiento de este nutriente hacia el fruto. Datos similares se reportan para el cultivo de cebolla (Palacios 1995 y Carrillo, 1989); y en pimiento Miller *et al.* (1979) encontraron similar extracción de este elemento.

Según Rincón *et al.* (1993) de las cantidades totales extraídas, los frutos exportan la mayor parte del nitrógeno (64%) y fósforo (75%), siendo el resto de órganos vegetativos (hojas, tallos y peciolas) los que acumulan la mayor cantidad de calcio (95%) y magnesio (75%).

#### **Extracción de Fósforo de dos cultivares de pimiento (mg/órgano)**

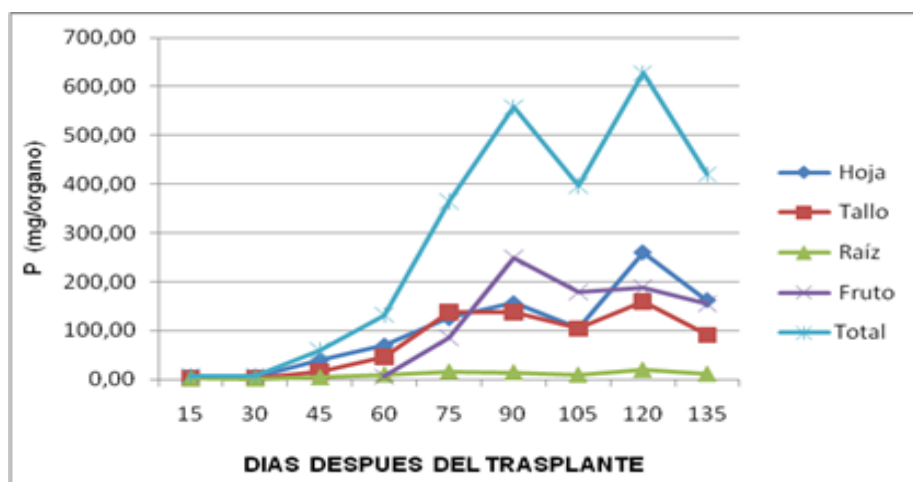
En las (Figuras 4, 5) se muestran los datos obtenidos de la extracción total de los diferentes órganos de la planta a lo largo del ciclo fenológico de los cultivares, en

donde se observa que la extracción aumenta a partir de los 45 DDT, las curvas de extracción en todos los órganos muestran que existe una misma tendencia, aunque en diferente grado.



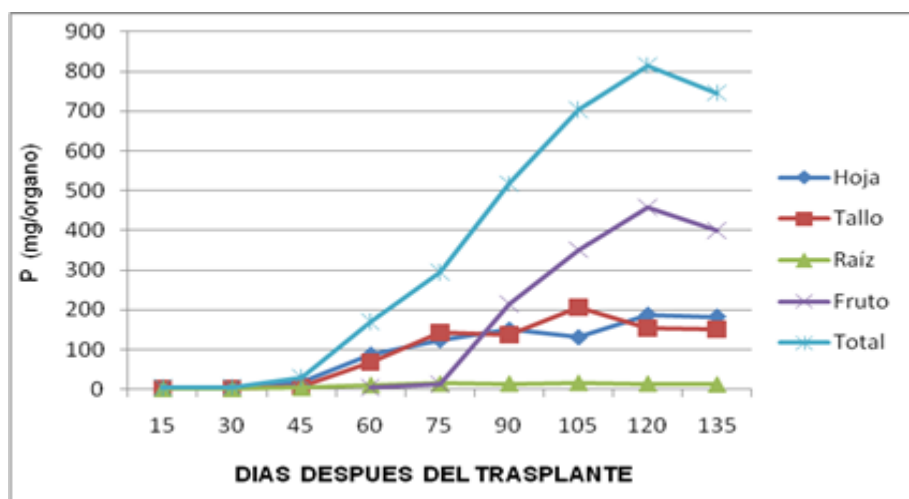
**Figura 3. Extracción de nitrógeno cv. Mulato (mg/órgano).**

En ambos cultivares la extracción total de Fósforo alcanzan el mayor incremento hasta los 120 DDT, siendo la máxima cantidad absorbida del orden 627,23 mg/planta equivalente a 20,70 Kg/ha y 814,98 mg/planta equivalente a 26,89 Kg/ha de Fósforo, respectivamente, para cada cv. Estos resultados están dentro de los rangos reportados por Rincón *et al.* (1993) quienes reportan que la extracciones de Fósforo varían de 20 a 70 Kg/ha. Mientras que Azofeifa y Moreira (2004) encontraron valores similares, 26 Kg/ha de Fósforo extraído.



**Figura 4. Extracción de Fósforo cv. Vencedor (mg/órgano)**

En las hojas la curva de extracción fue en forma ascendente hasta los 120 DDT, en donde alcanzo la máxima extracción en ambos cultivares, seguidamente experimentó una pequeña caída por su traslocación hacia el fruto en menor proporción para el cv. Mulato (Figura 5). La acumulación de Fósforo en la raíz fue mucho menor que en los demás órganos teniendo valores equilibrados durante el ciclo del cultivo.

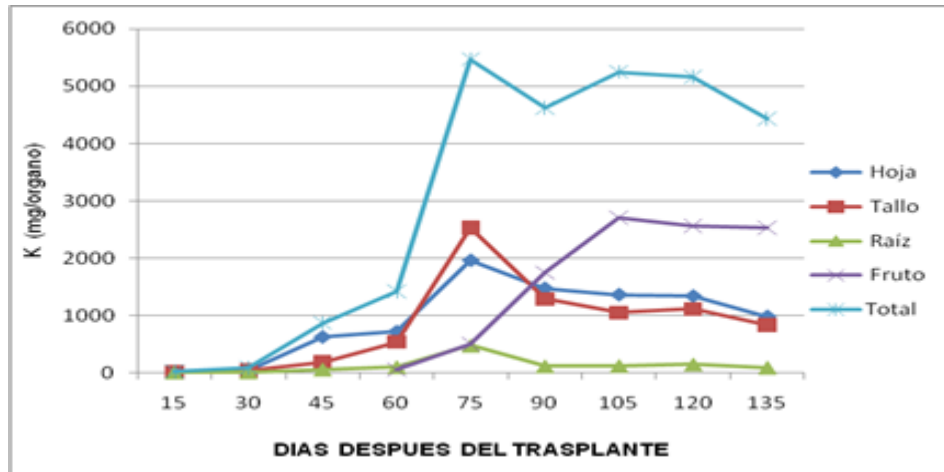


**Figura 5. Extracción de Fósforo cv. Mulato (mg/órgano)**

La curva de extracción por los frutos presentó un comportamiento similar al del Nitrógeno, observando un incremento gradual de los 90 DDT, y posteriormente reduce al final del ciclo de la planta (Figuras 4 y 5). Los resultados indican que el Fósforo es muy importante en la etapa de cuajados de frutos, ya que forma parte estructural de muchos componentes tales como ácidos nucleicos y fosfolípidos, entre otros. Además desempeña una función indispensable en el metabolismo energético. (Bidwell, 1979)

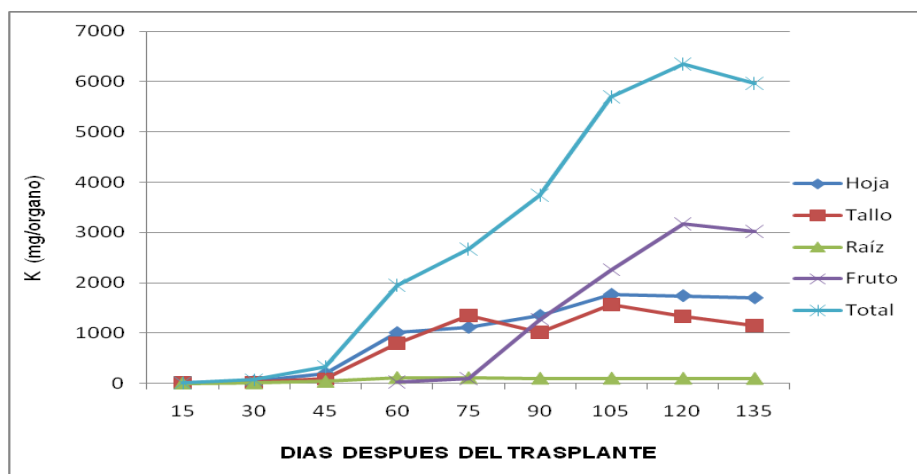
#### **Extracción de Potasio de dos cultivares de pimiento (mg/órgano)**

El Potasio fue el elemento más absorbido junto al Nitrógeno por ambos cultivares en estudio, probablemente por el contenido medio en el suelo que sumado a la adición de fertilizante potásico proporcionan un consumo de lujo Barcelló (1980), aún cuando puede deberse también al efecto sinérgico de la absorción de  $\text{NO}_3^-$  sobre el  $\text{K}^+$ . (Laughin 1984, Sutcliffe 1979)



**Figura 6. Extracción de Potasio cv. Vencedor (mg/órgano)**

En general se puede decir que para todos los órganos la absorción de Potasio tiene un incremento desde los 30 DDT, disminuyendo en la etapa final del cultivo. La mayor cantidad absorbida se presentó a los 75 DDT, para el cv. Vencedor con 5470,89 mg/planta equivalente a 180 Kg/ha; mientras que el cv. Mulato la mayor acumulación la presentó a los 120 DDT 6348,70 mg/planta o 290 Kg/ha de Potasio, respectivamente. Sin embargo Azofeifa y Moreira (2004) encontraron el siguiente valor de 180 Kg/ha de Potasio. Por otro lado los rangos reportados por Rincón *et al.* (1993) mencionan que las extracciones de Potasio varían de 90 a 300 kg/ha para el cultivo de pimiento.

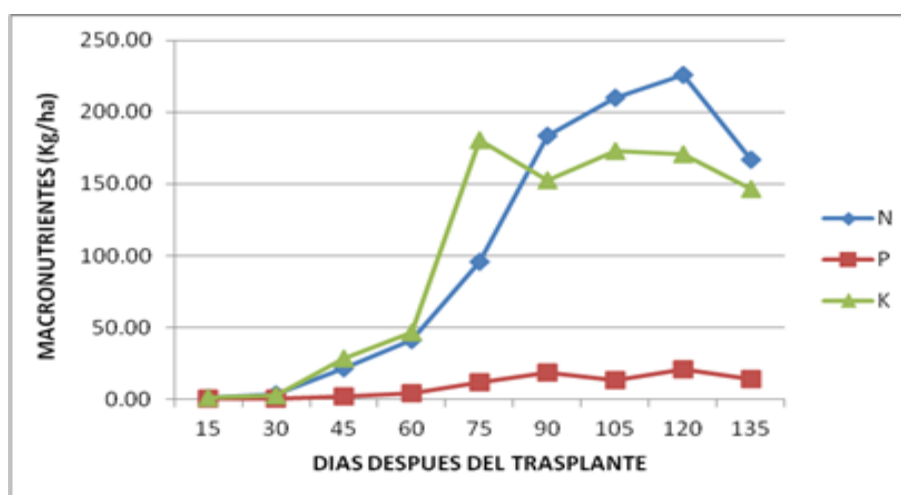


**Figura 7. Extracción de Potasio cv. Mulato (mg/órgano)**

La acumulación de Potasio en la raíz fue mucho menor que los demás órganos teniendo valores equilibrados durante el ciclo del cultivo. En general la absorción de Potasio en el tallo se incrementa gradualmente durante los 45 DDT en la etapa de alargamiento y emisión de ramas, y posteriormente desciende en los últimos muestreos indicando que también cede Potasio a los frutos.

La curva de extracción por los frutos presentó los mayores niveles de extracción similar al del Nitrógeno y Fósforo, observando un incremento gradual de los 75 DDT, y posteriormente reduce al final del ciclo de la planta (Figuras 6 y 7). Estos nos indican que la demanda de este elemento se manifiesta en forma permanente en la etapa previa y durante el periodo de producción de frutos. Además se podría decir que existe una competencia entre órganos vegetativos y reproductivos, ya que a través del tiempo el elemento extraído por órganos vegetativos va disminuyendo, y aumentando en los frutos; lo cual lo corrobora lo manifestado por Mengel (2000) y (Barcelló *et al.*, 1981).

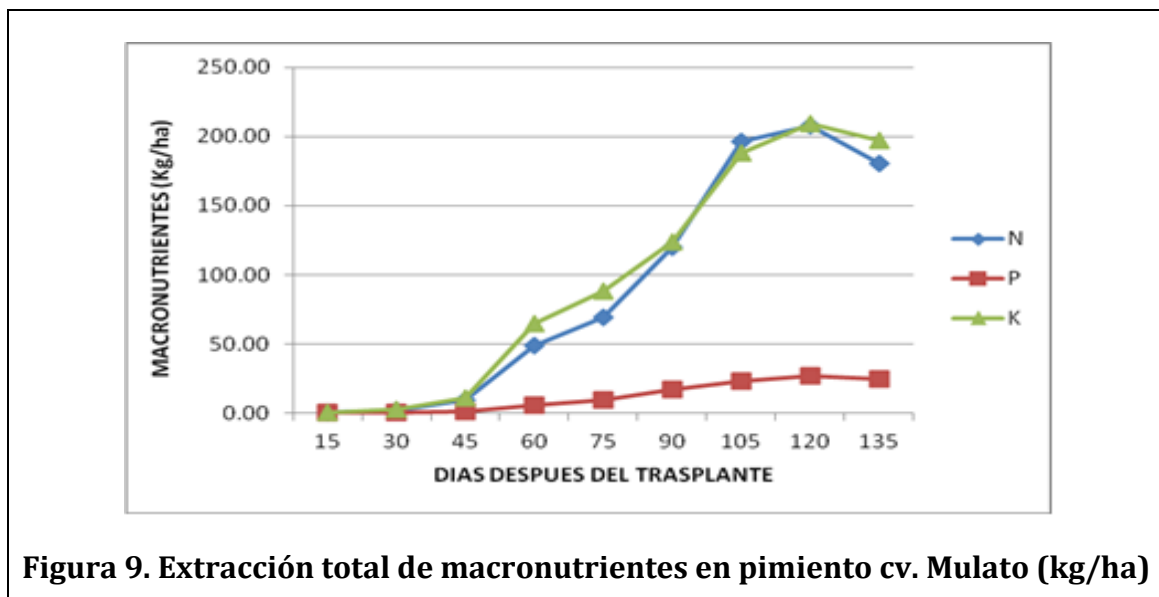
#### Extracción total de macronutrientes de dos cultivares de pimiento (Kg/ha)



**Figura 8. Extracción total de macronutrientes en pimiento cv. Vencedor (kg/ha)**

Durante el ciclo del cultivo, el nutrimento que más absorbieron las plantas fue el Nitrógeno a los 120 DDT con 225,65 Kg/ha para el cv. Vencedor, seguido en orden decreciente por Potasio a los 75 DDT con 180,54 Kg/ha, el Fósforo a los 120 DDT con 20,70 Kg/ha mientras que para el cv. Mulato el nutrimento más extraído fue el

Potasio también a los 120 DDT con 209,51 Kg/ha, seguido en orden decreciente por el Nitrógeno a los 120 DDT con 207,41 Kg/ha, y el Fósforo a los 120 DDT con 26,89 Kg/ha (Figuras 8 y 9).



**Figura 9. Extracción total de macronutrientes en pimiento cv. Mulato (kg/ha)**

Estos resultados concuerdan con los rangos reportados por Rincón *et al.* (1993), que determinaron un orden similar de absorción para los nutrientes en las plantas de Chile. En general, los niveles de absorción de nutrientes para el cv. Vencedor, fueron mayores a los encontrados por el cv. Mulato.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La acumulación máxima de materia seca ocurrió entre los 45 a 120 días después del trasplante, con incrementos ligeros hasta el último muestreo para ambos cultivares.

Los frutos fueron los que extrajeron más (N, P, K, S) seguido de hojas, tallos y raíces.

A partir de los 75 días después del trasplante DDT en ambos cultivares, se produce una intensa traslocación de nutrientes y productos de síntesis desde los órganos vegetativos hacia el fruto.

La cantidad de nutriente extraído por el cultivo para producir 8341,54 Kg/ha de pimiento para el cultivar Vencedor (Kg/ha) fue: **N** 225,65; **P** 20,70; **K** 180,00;. Mientras que para el cultivar Mulato (Kg/ha): **N** 207,41; **P** 26,89; **K** 290,00.

### **3.3 Sistemas de Producción alternativos**

A nivel mundial muchas de las regiones que en la actualidad se caracterizan por presentar considerables índices de pobreza históricamente albergaron algunas de las civilizaciones más exitosas, este éxito tuvo implícito un sustancial manejo y uso eficiente de su diversidad ecológica y biológica. Una agricultura sostenible, entonces, debería buscar como eje principal el mantenimiento y la utilización de la cuantiosa biodiversidad existente en cualquier territorio.

Es innegable el importante papel que constituye la agricultura familiar o en pequeña escala como estructura básica para el desarrollo de una agricultura sostenible. Sin embargo, los sistemas de producción tradicionales requieren de otras actividades complementarias que generen servicios de protección y de producción las cuales puedan suplir, hasta cierto punto, las necesidades básicas de la población.

En este contexto y con la finalidad de mitigar los impactos producidos al ambiente, por las prácticas tradicionales, se implementan nuevas técnicas de manejo como la incorporación de árboles en sistemas productivos. Esta alternativa ofrece la posibilidad, a los usuarios de tierras, de analizar las posibilidades de generar ingresos por venta de diferentes bienes o artículos (madera, frutos, leña), producidos en un mismo predio de terreno, permitiendo otros ingresos al productor, dándole mayor estabilidad económica (Giraldo, 1996) y a la vez obtienen beneficios ambientales (habitat para la vida silvestre y mejoran la estética del paisaje, forraje, barreras rompevientos, controlar la erosión y mejorar la fertilidad de los suelos), pudiendo ser sin duda, una alternativa a mediano y largo plazo.

Todos y cada uno de las alternativas que incluyan la inserción de árboles en sistemas productivos, tiene como fundamento crear conectividad. Se define como a la conectividad como “la capacidad del territorio para permitir el flujo de una especie entre teselas con recursos” (Taylor *et al.*, 1993) y está relacionada con la posibilidad de desplazamiento de las especies a través de los paisajes. De acuerdo a esto podemos definir a la conectividad como una estructura compuesta por elementos que ayudan a mantener el flujo de la biodiversidad.

Es importante indicar que para incluir un análisis de *conectividad* se requiere un conocimiento de la totalidad de la matriz territorial, esto incluye a “la agricultura y su relación con la biodiversidad; las implicaciones para la conectividad a diferentes escalas y las implicaciones del control de la agricultura enfocado a mejorar o mantener la biodiversidad” (Baundry 2003). En otras palabras la necesidad de prestar más atención a la conservación de la biodiversidad fuera de los límites de reservas y parques, así como la necesidad de desarrollar una agricultura multifuncional, constituyen las bases para abordar conservación y agricultura con enfoques más integradores.

Promover estas actividades enfatizando el uso racional de los recursos naturales sin dejar de lado la parte socioeconómica es el objetivo a mediano y largo plazo y responde a la necesidad de frenar la fragmentación y aislamiento de hábitats y poblaciones que los integran.

Muchas de las alternativas ambientalmente amigables que se podrían aplicar en un entorno rural son descritas en el capítulo uno de este texto, pese a ello creemos necesario incluir conceptos sobre sistemas productivos que podrían ser de utilidad en un entorno urbano.

### ***Agricultura Urbana***

En 1999 la FAO introdujo el término “*agricultura urbana y periurbana*” (AUP) haciendo referencia a actividades relacionadas con prácticas agropecuarias (incluyendo producción y procesamiento de los mismos en algunos casos), pesqueras y forestales que se desarrollaban dentro de la ciudad (agricultura urbana) y en sus alrededores (agricultura periurbana). Aunque el acrónimo se refiere a ambas variantes de la agronomía, es importante destacar que entre ellas existen similitudes así como también diferencias que tienen que ver principalmente con los cultivos a producir, el espacio utilizado para los mismos y la escala de producción. (Nuget, 2000)

De manera general se puede decir que la AUP es un sistema de subsistencia, ya que por lo general las extensiones cultivadas son pequeñas, pese a ello, en determinadas ocasiones la agricultura periurbana, sobre todo (con extensiones



más amplias), suele contar con rendimientos relativamente altos los cuales pueden ser comercializados en mercados locales y hasta formar exitosas microempresas.

La AUP se puede practicar en un sinnúmero de lugares dentro del entorno urbano, se suelen aprovechar espacios vacíos (patios de las casas, veredas, techos, terrenos baldíos, jardines, entre otros). De entre los sistemas utilizados en AUP se puede citar a los huertos intensivos, huertos organopónicos, micro huertos hidropónicos, huertos caseros y comunitarios, huertos integrales y las empresas hidropónicas a gran escala. En su mayoría los productores dedicados a esta actividad prefieren una producción ecológica o en su defecto con muy bajo porcentaje de productos de síntesis química (generalmente mayor en agricultura periurbana).

A continuación, se presenta un caso práctico de agricultura urbana, en donde se prueba una serie de sustratos con la finalidad de encontrar aquel que proporcione mejores beneficios con respecto al desarrollo y rendimiento del cultivo establecido

## **Efectos de sustratos a base de turba sobre el desarrollo y rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en un sistema semi-hidropónico.**

Carlos A. Salas Macías<sup>1</sup>, Dryden L. García Zambrano<sup>2</sup>, George García Mera<sup>3</sup>

<sup>1</sup>carlos.a.salas.m@gmail.com. Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Técnica de Manabí. Vía a Santa Ana, Km 15, cantón Santa Ana, Manabí (Ecuador)

<sup>2</sup>leopogarrar@hotmail.com. Manta, Manabí (Ecuador)

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

### **RESUMEN**

Tomando en cuenta el constante crecimiento de la poblacional mundial y la consiguiente transformación del paisaje agrícola a mosaicos de asentamientos humanos, es imposible no pensar en el gran reto que representa para el sector agropecuario propiciar seguridad alimentaria, sin embargo, y gracias tecnologías como la de los cultivos hidropónicos, el producir en un área urbana ya no es un problema. El objetivo del presente trabajo fue generar información sobre estos sistemas ayudando a optimizar los resultados al momento de implementarlos. Se utilizaron materiales de larga duración (PVC) como contenedores y diferentes sustratos a base de turba (S<sub>1</sub>= Turba rubia+ perlita; S<sub>2</sub> = Turba rubia; S<sub>3</sub> = Turba rubia + Dolomita; S<sub>4</sub> = Turba rubia 60%; turba negra 40 %; S<sub>5</sub> = Testigo) como medio de cultivo. Las variables respuesta estuvieron representadas por caracteres morfológicos cuantitativos del cultivo (altura de planta al trasplante en cm; altura de planta a la floración, tamaño de fruto, número de frutos por planta, número de frutos por unidad experimental, peso promedio de fruto, rendimiento). Mediante los datos obtenidos en las variables evaluadas en el cultivo, se pudo determinar que de entre de los cinco sustratos motivo del experimento, el tratamiento S<sub>4</sub> presenta mayores valores en cuanto a parámetros relacionados con desarrollo, rendimiento y rentabilidad.

**PALABRAS CLAVE:** Hidroponía, cultivos sin suelo, sustratos orgánicos, hortalizas.

### **INTRODUCCIÓN**

El ser humano en la búsqueda por satisfacer sus necesidades ha ideado formas de producción agrícolas cada vez más efectivas que sin lugar a dudas favorecen al

desarrollo de esta importante actividad. En términos generales toda técnica de cultivo tiene como finalidad conseguir plantas de calidad que conlleven a una producción constante y de esta manera abastecer los requerimientos de una sociedad en aumento. En este sentido los cultivos sin suelo surgen como una opción cuyos objetivos principales son los de reducir el uso de agua y fertilizantes, evitar los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo y contrarrestar el efecto ambiental negativo sobre los mismos. (Salas y García, 2004)

Estos sistemas, también denominados cultivos hidropónicos (Steiner 1968), son aquellos en los que las plantas se desarrollan en contenedores con diversos sustratos naturales o inertes, líquidos o sólidos (Aranda 2010, Aguilar y Baixauli 2002, Resh 1992, Alarcón 2000), con lo que se ha podido eliminar el efecto amortiguador ejercido por el suelo y así someter la plantación a las condiciones deseadas de fertirrigación (Lara, 1999) proporcionando una nutrición óptima y condiciones ideales.

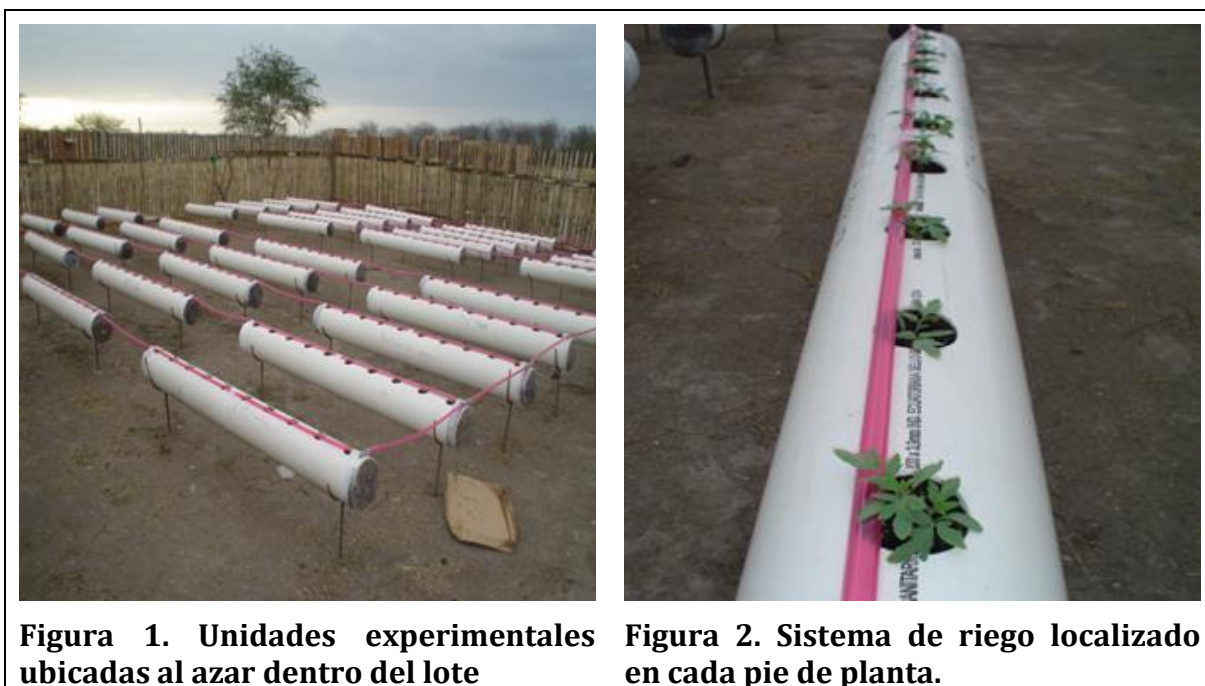
Los sistemas de cultivo sin suelo toman mayor importancia actualmente ya que factores como el desgaste de los suelos y la transformación de tierras agrícolas en urbanas se tornan inevitables y cada vez mayores; dejando así pocas opciones de producir, además de ello su gran flexibilidad permite aplicarlo con éxito bajo distintas condiciones y diversos usos, como por ejemplo producir alimentos en zonas áridas, bajo condiciones de clima templado y frío, en lugares donde el agua es un factor limitante o tiene un alto contenido de sales, o también el uso de pequeños espacios en un entorno urbano. (FAO, 2003)

En el presente estudio se evaluó la respuesta del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) al uso de varios sustratos a base de turba en sistemas semi hidropónicos a solución perdida en un ambiente urbano.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación se realizó desde abril hasta agosto de 2004 en el barrio "Eloy Alfaro" del cantón Manta, provincia de Manabí; ubicado a 80°40' de longitud oeste y 0°56' de latitud sur. Los datos meteorológicos de la zona fueron tomados durante la investigación teniendo un clima tropical seco con temperaturas promedio de 25,48 °C; 1065 horas sol; humedad relativa de 73,42% y precipitación

promedio de 0,022 mm<sup>8</sup>. El sitio está caracterizado por planicies con suelos secos, calcáreos y poco profundos además de encontrarse desprovistos de vegetación siendo susceptibles a la erosión.



**Figura 1. Unidades experimentales ubicadas al azar dentro del lote**

**Figura 2. Sistema de riego localizado en cada pie de planta.**

#### *Características de las unidades experimentales.*

Cada unidad experimental estuvo constituida por un tubo cilíndrico de PVC de 2 m de longitud y 20,32 cm de diámetro, con capacidad para 64,86 litros, dichos contenedores fueron llenados con los diferentes sustratos y dispuestos al azar dentro del ensayo, siendo soportados por una estructura metálica.

#### *Factores en estudio = Sustratos*

S<sub>1</sub>. Turba rubia + perlita.

S<sub>2</sub>. Turba rubia.

S<sub>3</sub>. Turba rubia + Dolomita

S<sub>4</sub>. Turba rubia 60%; turba negra 40%

S<sub>5</sub>. Para efecto de investigación se adecuó un testigo el cual estaba representado por un contenedor por suelo del área donde se estableció el ensayo.

Se realizó un análisis de varianza y pruebas de tukey para determinar diferencias entre los tratamientos.

<sup>8</sup> Boletín Aeronáutico, Dirección de Aviación Civil / Aeropuerto "Eloy Alfaro". Manta, Manabí. 2004.

Se utilizaron semillas de un híbrido semi indeterminado, las mismas que fueron sembradas en bandejas de germinación en los diferentes sustratos proveyéndoles igual tratamiento. Luego de la germinación se trasladaron las plántulas a los contenedores (tubos) los cuales fueron llenados con los diferentes sustratos y ubicados al azar en el lote, el distanciamiento entre planta fue de 20 cm, teniendo en total 10 plantas por unidad experimental (Figura1). El riego estuvo representado por un sistema localizado compuesto por dos tanques de 200 litros cada uno donde se acopló una manguera de jardín provista de agujeros en cada pie de planta (Figura 2). El suministro de agua para cada planta fue de 1 litro diario por planta. Junto con el riego se aplicó un fertilizante orgánico (Biol) y nitrato de potasio, ambos disueltos en el agua. Se realizó una poda días antes de la primera cosecha para favorecer la maduración de frutos y eliminar hojas y ramas improductivas.

Las variables respuesta fueron: altura de planta al trasplante (cm); altura de planta a la floración (cm); tamaño de fruto (cm); número de frutos por planta; número de frutos por unidad experimental; peso promedio de fruto (g); rendimiento (kg/m<sup>2</sup>).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se discuten los resultados (Tabla 1.) considerando cada variable individualmente y en algunos casos en forma conjunta cuando las variables se relacionan entre sí.

**Tabla 1. Valores Promedio de siete variables respuesta analizadas sobre el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.)**

	APT (cm)		APF (cm)		NFP		TF (cm)		NFUE		PPF (g)		REND (kg/m <sup>2</sup> )	
<b>S<sub>1</sub></b>	5,70	b	37,76	ab	9,37	a	5,14	b	56,25	a	120,70	d	11,48	bc
<b>S<sub>2</sub></b>	4,10	c	38,88	ab	10,04	a	5,26	b	60,25	a	135,29	c	13,60	ab
<b>S<sub>3</sub></b>	5,60	b	32,02	b	5,92	b	5,24	b	35,50	b	122,24	d	7,32	c
<b>S<sub>4</sub></b>	6,94	a	41,45	a	9,71	a	5,68	a	58,25	a	171,51	b	16,65	a
<b>T</b>	2,22	d	33,46	b	5,72	b	5,75	a	34,50	b	178,71	a	10,21	bc

Dónde: APT = altura promedio de planta; APF = altura de planta a la floración; NFP = número de frutos por planta; TF = tamaño de fruto; NFUE = número de frutos por unidad experimental; PPF = peso promedio de fruto; REND = rendimiento

La variable *altura de planta* estuvo influenciada desde un inicio por los sustratos en estudio a excepción del testigo, atribuyéndose este efecto a la composición física de los mismos, teniendo como mayor altura el S<sub>4</sub> (6,94 cm) posiblemente debido al

balance entre turba rubia (60%) y turba negra (40%) que permitió una óptima aireación y mayor retención de agua y nutrientes con respecto a los demás tratamientos, sobre todo de nitrógeno, lo cual facilitó el desarrollo de las plantas (Artetxe, Beunza y Terres, 1997). En consecuencia a lo expresado, el  $S_4$  obtuvo de igual manera mayor altura de planta al momento de la floración.

El mayor número de *frutos por planta*, aunque con valor numérico poco significativo, lo alcanzó el  $S_2$  (10,04), atribuyéndose este hecho al alto contenido de materia orgánica que ofrece la turba rubia. La diferencia existente entre los valores obtenidos por los sustratos a base de turba rubia responden posiblemente a su composición física, ya que en el caso de  $S_1$  (9,37) y  $S_3$  (5,92) la perlita y la dolomita, respectivamente, proveen mayor espacio poroso; pudiendo concluir que el número de fruto se relaciona con la porosidad del sustrato.

En cuanto a la variable *tamaño de fruto* se pudieron diferenciar dos grupos estadísticamente diferentes: el primero conformado por  $S_4$  (5,68 cm) y  $S_5$  (5,75 cm) y un segundo grupo donde se ubicaron los tratamientos  $S_2$ ,  $S_3$  y  $S_1$  con valores de 5,26 cm, 5,24 cm y 5,14 cm respectivamente.

El mayor *peso promedio de fruto* lo obtuvo el tratamiento  $S_5$  (testigo) con 178,71 g seguido muy de cerca por el  $S_4$  con 171,51 g, sin embargo, es notable la diferencia de estos dos tratamientos en cuanto a *rendimiento* por metro cuadrado, siendo 1,5 veces mayor el obtenido en  $S_4$  (16,65 kg/m<sup>2</sup>) debido a que esta variable es el resultado de la interacción entre el *número de frutos por planta* y el *peso promedio de fruto*.

Comparando los resultados obtenidos en ensayos anteriores (Ortega y Terrazas, 2000) con similares características se observó un rendimiento dentro de los parámetros esperados, pudiendo ser mayores a los obtenidos en un cultivo tradicional tomando en cuenta la posibilidad de obtener varias cosechas al año sin necesidad de incurrir en gasto de materiales.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El mejor desarrollo vegetativo evaluado hasta el inicio de la floración se consiguió en los contenedores con  $S_4$ .

De entre los sustratos en estudio el que permite un óptimo rendimiento y asegura mejor rentabilidad es el compuesto por una mezcla de turba rubia (60%) y turba negra (40%) (*S<sub>4</sub>*).

Los cultivos hidropónicos constituyen una excelente alternativa a la agricultura tradicional considerando además, el poder implementarlo en un entorno urbano eliminando de esta manera la necesidad del recurso suelo.

### **3.4 La agricultura orgánica: una opción ambientalmente amigable**

La agricultura orgánica —también conocida como agricultura *ecológica* o *biológica*— es un enfoque integral que va más allá de incluir o excluir ciertos insumos, el cual se basa en un conjunto de procesos que da como resultado un ecosistema sostenible, alimentos saludables, buena nutrición, bienestar animal y justicia social. Existen cuatro principios en los que se fundamenta y crece la agricultura orgánica: el principio de salud, el principio de ecología, el principio de equidad y el principio de precaución. (IFOAM, 2005)

El término *orgánico* se refiere al manejo del sistema de producción que promueve la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, ya que se enfoca en estos procesos naturales y en cómo manejarlos. Además, los materiales e insumos utilizados son adicionales, mas no reemplazos de manejo; es decir, que para desarrollar la agricultura orgánica no basta con reemplazar los agroquímicos por insumos orgánicos. Este nuevo enfoque de la agricultura toma tiempo desarrollarlo y puede ser alcanzado por etapas: se podría iniciar con enmiendas en el suelo, luego con el control biológico de plagas y enfermedades, diversificación de cultivos, entre otros. Por consiguiente, el proceso de cambio de agricultura convencional hacia una agricultura orgánica puede tomar años hasta lograr obtener un sistema orgánico saludable. (Brust *et al.*, 2003)

#### ***Fertilización orgánica***

La producción orgánica depende del suelo, este debe estar fértil y biológicamente activo. Un suelo fértil es la combinación de materia orgánica, pH aceptable, balance de nutrientes y disponibilidad de los mismos para un crecimiento vegetal saludable. (Brust *et al.*, 2003)

Un abono o fertilizante orgánico son todos los materiales provenientes de los animales o vegetales que se aplican al suelo para mejorar sus características con el propósito de aumentar y promover la actividad biológica y los nutrientes del suelo. Existen varios abonos orgánicos conocidos; los más destacados son el compost, bocashi y el lombrihumus, pero también hay otros productos como la gallinaza, desechos vegetales frescos y pulpa de café que se usan comúnmente. (Soto y Meléndez, 2004)



### ***Biofertilizantes***

El biofertilizante es una sustancia que contiene microorganismos vivos que ayudan en la expansión del sistema radicular de las plantas y mejora la germinación de las semillas. A diferencia de los fertilizantes químicos y orgánicos, los biofertilizantes no aportan nutrientes directamente a la planta, sino que proporcionan bacterias y hongos especializados, considerándose entonces que una planta saludable es aquella que tiene una rizosfera colonizada por microorganismos benéficos. La función de los microorganismos del suelo es considerada de vital importancia en los procesos de descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre, porque permite un manejo adecuado de los mismos permitiendo desarrollar una agricultura sostenible. (Chen, 2006)

El uso de biofertilizantes tiene varias ventajas ya que reduce el uso de fertilizantes químicos, además tiene un bajo costo y los agricultores pueden utilizar nuevas tecnologías en sus fincas. Por lo tanto, mediante la aplicación de biofertilizantes se pueden producir alimentos de calidad, conservar el ambiente, mantener las condiciones edáficas sin alterar el pH e incrementar las poblaciones de inoculantes microbianos. (Llerena, 2009)

### ***Pulpa de café descompuesta***

La pulpa de café es la parte externa del fruto del cafeto. En general, en todos los beneficios cafetaleros no se maneja adecuadamente la pulpa de café, se acumula a plena exposición o se arroja, siendo los ríos el depósito de este subproducto agroindustrial que presenta un alto poder contaminante debido a sus ácidos orgánicos. La parte líquida se puede tratar en lagunas de oxidación, mientras que la pulpa puede procesarse de varias formas dependiendo del productor: puede aplicarse húmeda al suelo tomando algunas precauciones o puede descomponerse aeróbicamente —de 102 a 124 días— para elaborar un compost de buena calidad. (Bertsch, 1998)

## **Estudio del uso de biofertilizante micorrízico y sustratos en el desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en viveros**

Miryan A. Pinoargote Chang.

bitsynana@hotmail.com. Estudiante de Maestría en Sistemas Agrícolas Sostenibles. Escuela de Posgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE 7170 Cartago, Turrialba 30501, Costa Rica.

### **RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivos generar información para contribuir con tecnologías orgánicas (uso de biofertilizantes y sustratos) en el desarrollo adecuado de plántulas de cacao en viveros y analizar económicamente los tratamientos en estudio. Se utilizaron semillas de cacao del material EET-103 y los factores estudiados fueron sustratos elaborados con pulpa de café descompuesta en los porcentajes de 0, 10, 20, 30, 40 y 50, dosis de biofertilizante micorrízico (0, 10, 20, 30, 40 y 50 gramos/funda) y la interacción de estos factores. Se utilizó el diseño parcelas divididas en arreglo bifactorial 6x6. Las variables evaluadas fueron: altura de planta y diámetro del tallo a los 60 y 150 días de crecimiento, incremento en la altura de planta y en el diámetro del tallo, peso fresco y seco de raíces y de biomasa aérea. Los resultados del experimento establecieron que al utilizar un alto porcentaje de pulpa de café descompuesta, se necesita abonar con una menor cantidad de biofertilizante micorrízico y viceversa. Cuando se usa 10 y 20% de pulpa de café descompuesta se debe abonar con 40 y 50 g/funda del biofertilizante micorrízico. Y cuando se emplea 30 y 40% de pulpa de café descompuesta hay que agregar menos biofertilizante micorrízico (20 y 30 g/funda). Existió mayor utilidad económica en los tratamientos de suelo abonado con 10 g/funda del biofertilizante micorrízico y suelo mezclado con 10% de pulpa de café descompuesta.

**PALABRAS CLAVE:** biofertilizante micorrízico, sustratos, pulpa de café descompuesta, cacao.

## **INTRODUCCIÓN**

La producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador es muy importante para la economía nacional, generando divisas por concepto de exportación. El cacao ecuatoriano tiene reconocimiento internacional por su calidad en sabor y aroma florales, situándolo como el primer exportador de cacao fino y de aroma a nivel mundial (Anecacao, 2011). Actualmente se ha generado una diferenciación de mercado con el cacao orgánico, ya que la tendencia mundial está orientada hacia el consumo de productos que permitan conservar salud humana, los recursos naturales y biodiversidad. Esto ha posibilitado a los cacaoteros para que puedan obtener un mejor precio por su producto. (Vera, 2003)

En el cultivo de cacao el periodo de vivero es crucial. Para obtener plántulas de calidad se debe utilizar material de alto valor genético, un buen sustrato y fuentes de nutrientes que suplan las necesidades de las plántulas en crecimiento (Perero, 2002). A nivel comercial se observan individuos de poco desarrollo, influenciado posiblemente por la baja calidad de los sustratos para el llenado de fundas y poca o nula fertilización (Zambrano, 2004). Con estos antecedentes, surge la necesidad de estudiar alternativas de sustratos orgánicos y el uso del biofertilizante micorrízico para la producción de plántulas de cacao en los viveros, los cuales resulten fáciles de aplicar, tengan un bajo costo y sobre todo que favorezcan la nutrición vegetal para obtener plantas sanas y vigorosas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta investigación se realizó entre los meses de agosto de 2010 y febrero de 2011, en la finca “La Herradura”, ubicada en el sitio Estero Seco, parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, en las coordenadas geográficas 01°09' de Latitud Sur y a 80°17' de Longitud Oeste. Los datos climáticos de la zona del estudio fueron 27 °C la temperatura media anual, 741,1 mm de pluviosidad media anual, humedad relativa de 71 % y la heliofanía anual de 1263,1 horas.

*Características de las unidades experimentales.* Consistieron en 144 bolsas plásticas llenadas con los diferentes sustratos (Figura 1), se contó con 4 repeticiones, las cuales estaban formadas por 6 parcelas correspondientes a los porcentajes de pulpa de café descompuesta, dentro de estas se dividían en 5 subparcelas donde se

aplicaron las diferentes dosis de biofertilizante micorrízico. Cada funda se sembró con semillas de cacao del material EET-103 de la EE Portoviejo del INIAP.



**Figura 1. Arreglo de los tratamientos en estudio.**

*Factores en estudio:* pulpa de café descompuesta y dosis de biofertilizante micorrízico. *Tratamientos:* suelo agrícola + 0, 10, 20, 30, 40 y 50 % de pulpa de café descompuesta. Suelo agrícola + 0, 10, 20, 30, 40 y 50 g/ funda de biofertilizante micorrízico. Suelo agrícola + 0, 10, 20, 30, 40 y 50% de pulpa de café descompuesta + 0, 10, 20, 30, 40 y 50 g/ funda de biofertilizante micorrízico, teniendo un total de 36 tratamientos que se aplicaron al momento del llenado de fundas.

Para determinar las diferencias entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza y prueba de Tuckey.

*Variables estudiadas.* Altura de planta y diámetro del tallo de las plántulas a los 60 y 150 días de desarrollo (Figura 2) y su incremento, peso fresco y seco de raíces y biomasa aérea.

*Labores culturales.* El riego y deshierba se realizaron dependiendo de las necesidades del cultivo y fue similar en todas las repeticiones.



**Figura 2. Plántulas a los 150 días de desarrollo.**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 muestra los resultados de las diferencias estadísticas que existieron entre las variables estudiadas.

**Cuadro 1. Cuadros medios, significación estadística y coeficientes de variación.**

Fuente de Variación	GL	AP 60 días (cm)	AP 150 días (cm)	IAP (cm)	DT 60 días (mm)	DT 150 días (mm)	IDT (mm)	PFR (g)	PSR (g)	PFBA (g)	PSBA (g)
Repeticiones	3	60,39 **	421,20**	195,95**	0,43	0,85	0,88	27,46 **	6,37	289,36 **	60,42
Sustratos(S)	5	36,59 *	109,09	33,32	0,14	0,23	0,30	8,44	25,52 **	51,29	278,86 *
Error(a)	15	9,80	135,79	92,38	0,30	0,55	0,77	4,61	3,70	103,94	78,01
BM	5	2,06	59,34 *	56,48 **	0,17	1,04 *	0,50	4,86	4,59	167,7 **	101,12
S X BM	25	3,52	38,44 *	26,00	0,15	0,78 **	0,51	5,70	3,57	85,46	82,30
Error(b))	90	2,78	22,85	16,13	0,17	0,36	0,37	3,49	2,74	50,98	52,01
Coefficiente de variación%		8,6	9,3	12,6	9,9	7,6	16,1	24,4	44,7	20,2	32,7

Dónde: BM = biofertilizante micorrízico; GL = grados de libertad; AP = altura de planta; IAP = incremento en la altura de planta; DT = diámetro del tallo; IDT = incremento del diámetro del tallo; PFR = peso fresco de raíces; PSR = peso seco de raíces; PFBA = peso fresco de biomasa aérea; PSBA = peso seco de biomasa aérea. \*\* Significación al 1% de probabilidades; \*significación al 5% de probabilidades

Respecto a los sustratos probados en todas las variables evaluadas existe la tendencia de que el mejor comportamiento de las plántulas se logró cuando el suelo agrícola se combinó con 40% de la pulpa de café descompuesta. Esto no concuerda con lo expresado por Mite y Motato (1992), Motato, Solórzano y Cedeño (2008) y Motato (2010) en el sentido de utilizar 25% de pulpa de café descompuesta mezclada con suelo agrícola como sustrato para el crecimiento de plántulas de cacao a nivel de viveros. Sin embargo, es innegable que existió un efecto positivo de la mezcla de la pulpa de café descompuesta con el suelo agrícola. Perero (2002) encontró respuestas positivas a la adición de este abono orgánico en viveros del cultivo de cacao. Este aumento en el crecimiento de las plántulas se ha comprobado también en el cultivo de borjón. (Peñarreta, 2007)

Las micorrizas son reconocidas por su gran efecto promotor en el desarrollo radical en las plantas de cacao, contribuyendo al incremento y capacidad de absorción de nutrientes. Además de influir como biocontroladores pues inhiben el ataque de microorganismos patógenos, propician la formación de plantas más vigorosas y de mejor calidad (Palencia, 2009), reducen el porcentaje de mortalidad después del trasplante y disminuyen los requerimientos de fertilización química de origen sintético (Aguilera *et al.*, 2007). En relación a ello, se pudo observar visualmente un excelente vigor de las plántulas que crecieron en los sustratos que recibieron mayor abonamiento con biofertilizante micorrízico (50g/funda). Además presentan mayores valores en las variables en estudio. Este comportamiento corrobora la recomendación de la dosis para el abono de plántulas de cacao en vivero (50g/funda) por parte de los fabricantes del biofertilizante micorrízico. (Lombricorp, 2009)

Los promedios generados por las características evaluadas producto del efecto interactivo entre los factores estudiados, permitieron observar que cuando se utiliza menos pulpa de café descompuesta (10 y 20%) se necesita mayor cantidad del biofertilizante micorrízico (40 y 50 g/funda) y por otro lado que cuando se emplea más pulpa de café descompuesta (30 y 40%) hay que agregar menos biofertilizante micorrízico (20 y 30 g/funda). Esta tendencia se la puede considerar como una propuesta nueva, ya que en nuestro país no existen investigaciones que ayuden a reafirmar estos resultados o desvirtúen la interacción encontrada. Los

tratamientos que presentaron mayor utilidad económica fueron el suelo abonado con 10 g/funda del biofertilizante micorrízico y suelo mezclado con 10% de pulpa de café descompuesta.

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El mejor desarrollo de plantas de cacao a nivel de vivero es directamente proporcional al uso de pulpa de café descompuesta. Se observó mayor vigor en las plántulas que crecieron bajo el efecto del biofertilizante micorrízico.

En zonas cafetaleras, donde el recurso pulpa de café está muy disponible, se recomienda el uso de 30% de pulpa de café descompuesta con 20 gramos/funda de biofertilizante micorrízico. En áreas con limitado acceso a la pulpa y para reducir costos en el transporte del material se recomienda utilizar 10% de pulpa de café descompuesta con 40 gramos/funda del biofertilizante micorrízico.

### 3.5 Protección de cultivos: las plagas y los ecosistemas

La clase insecta o hexápoda contiene la mayor cantidad de especies del reino animal, se calcula que existen más de un millón de especies identificadas en la naturaleza y otra cantidad mayor sin identificar, estos organismos además se consideran cosmopolitas por distribuirse en todos los climas y regiones del planeta. Se menciona que insectos y vegetales han convivido desde que aparecieron sobre la tierra hace millones de años siendo las especies de insectos fitófagos predominantes sobre otras que tienen hábitos alimenticios diferentes como los saprófagos, coprófagos, necrófagos, zoófagos, entre otros. Todos cumplen una importante función trófica entre sí y con otros organismos vivos y muertos; también existen otras especies responsables de la producción de alimentos por medio de la polinización entomófila de muchos vegetales de importancia económica. La armonía y equilibrio entre plantas e insectos se ha ido debilitando a través del tiempo, el hombre ha ido cambiando esta condición por el desarrollo económico en procura de su supervivencia y comodidad. Las modificaciones producidas en los ecosistemas naturales al convertirlos en agroecosistemas han provocado el cambio de estatus de muchas especies para que pasen a considerarse nocivas o plagas. Para que estos organismos adquieran la categoría de plaga existen causas numerosas y complejas muchas de las cuales comenzaron y se intensificaron apenas a mediados del siglo pasado, siendo las más frecuentes e importantes las siguientes:

*Los monocultivos.* Denominados ecosistemas agrícolas en donde se incorporan prácticas con la participación del hombre, estos sistemas de producción reemplazaron a los ecosistemas naturales comprometiendo la simplificación de la biodiversidad. En estas condiciones se produce un hábitat altamente favorable para el desarrollo de las plagas especialmente por disponer de una gran cantidad de alimento y por el contrario en estas situaciones desfavorables para sus enemigos naturales.

*Los plaguicidas sintéticos.* La intervención humana por medio de los cultivos, introdujo sustancias tóxicas conocidas como plaguicidas sintéticos para mitigar el efecto del incremento de los organismos nocivos de las plantas cultivadas. El uso intensivo e indiscriminado de estos productos de origen químico han ido



provocando serios desequilibrios que han dado como resultado la disminución de las poblaciones de los reguladores naturales de las plagas, situación que se incrementa con la eliminación de las plantas arvenses o malezas que en los ecosistemas naturales le sirven de refugio. Por otro lado las plagas se recuperan más fácilmente del efecto de los químicos desarrollando mecanismos de resistencia a los plaguicidas, a diferencia de los controladores biológicos que tardan mucho más en recuperarse.

*Fertilización química*, esta labor casi paralela con la anterior, especialmente con la aplicación masiva e intensiva de los fertilizantes nitrogenados se ha favorecido al crecimiento vegetativo de las plantas y con ello el incremento del volumen de alimento para organismos fitófagos que encuentran condiciones para convertirse en plagas difíciles de regular por medios naturales.

*Introducción de especies exóticas*, de manera deliberada o no y debido al transporte y el comercio cada vez más modernos y rápidos entre regiones, países y continentes o a veces por factores climáticos (huracanes, inundaciones, incremento de la temperatura, entre otros), se ha globalizado la presencia de organismos animales o vegetales convertidos en problemas en algunos casos universales y de difícil solución. Estos organismos nocivos se han establecido rápidamente en lugares distintos, favorecidos también por la ausencia de sus reguladores naturales de origen.

Como resultado de estas experiencias se entiende el interés por comprender el carácter ecológico de los problemas fitosanitarios en la agricultura, llegándose a proponer como solución un nuevo enfoque dentro de la agricultura alternativa como es la sustitución de insumos químicos o plaguicidas por extractos vegetales, productos minerales o la liberación de enemigos naturales de las plagas.

### **3.5.1 Insectos y ecosistemas de cacao (*Theobroma cacao*): Caso Manabí**

Los ecosistemas de cacao en el Ecuador se caracterizan por la diversidad de especies vegetales y animales que proporcionan equilibrio y estabilidad, esta situación provoca que sea considerado como un sistema agrícola de bajo impacto, compatible con los principios de conservación de la naturaleza. Los sistemas agroforestales de cacao brindan condiciones favorables para muchos

depredadores como aves que anidan en los arboles cercanos y se alimentan de insectos considerados plagas potenciales. En el suelo, la hojarasca y materiales orgánicos diversos ofrecen hábitats apropiados para algunos roedores, pequeños reptiles, artrópodos y microorganismos entomopatógenos que depredan insectos potencialmente dañinos. Entre las especies de artrópodos que cumplen su función dentro de la cadena trófica, se encuentran grupos de insectos de diferentes hábitos alimenticios como fitófagos, depredadores, parasitoides y polinizadores.

Esta complejidad biológica generalmente impide que los insectos perjudiciales lleguen a la condición de plaga, por lo tanto se puede decir que en el cacao no se requiere el empleo de productos tóxicos para su manejo, como demuestran sus costos de producción bajo las condiciones de Manabí o el hecho de estar entre los cultivos que menos se someten, según las estadísticas, al uso de dichas sustancias en el país. Estos aspectos favorecen la sanidad del cultivo así como la economía del productor ya que además no interfieren en la polinización entomófila que en el cacao es la principal forma de fecundación de sus flores.

En el desarrollo de la agricultura sustentable, los preceptos del manejo agroecológico de plagas se adaptan fácilmente a las condiciones de los agroecosistemas de cacao, aspectos que están favoreciendo el incremento de áreas dedicadas a la producción orgánica. Actualmente, en el Ecuador, el cacao es el segundo rubro con mayor superficie, existiendo 100 961 ha en Manabí. Por lo tanto conviene insistir en el manejo natural de los insectos dañinos y así evitar que se conviertan en plagas.

Las prácticas agrícolas más recomendables son realizar las podas fitosanitarias, la remoción y eliminación de órganos con presencia o daños de insectos. Proporcionar sombreamiento adecuado para favorecer el desarrollo del cultivo y equilibrar la presencia de los insectos para que no se conviertan en plaga. La siembra dentro del cultivo de plantas repelentes como marigold (*Tagetes* spp.), para alejar a los insectos. Los cebos y trampas (visuales, alimenticios y sexuales), con atrayentes y sustancias pegantes o adherentes, dan buenos resultados en varias especies de insectos dañinos y son de fácil aplicación.

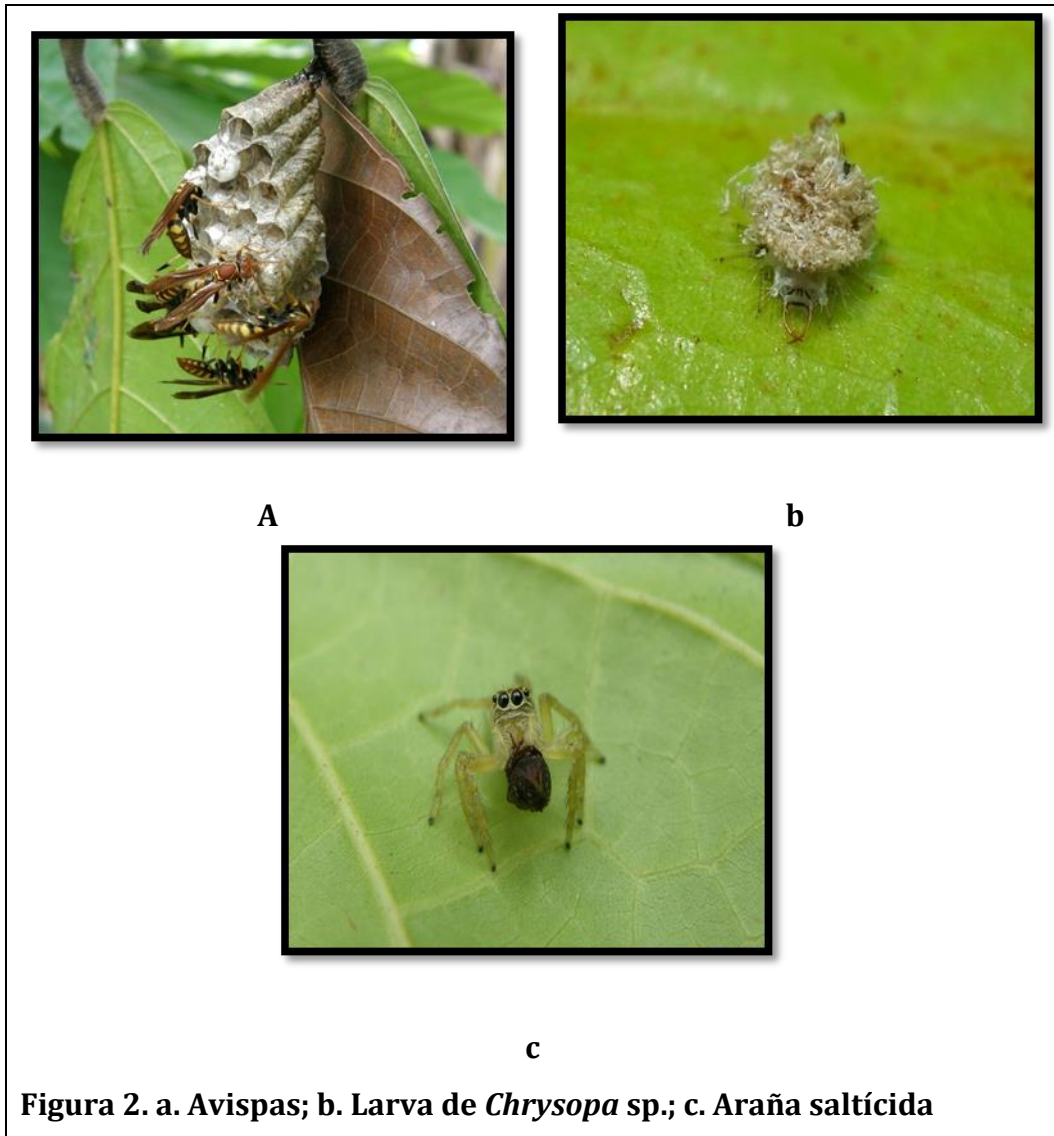
Las aspersiones de sustancias de distinta naturaleza son prácticas sencillas, especialmente cuando se trata de preparados artesanales insecticidas a base de vegetales al alcance de los productores como nim, ajo, ají, piretro, tabaco, etc. Además pueden aplicarse ciertos aceites de origen vegetal y mineral y en ciertos casos soluciones jabonosas de bajo costo.

Como alternativa se dispone en el mercado nacional productos comerciales con certificación orgánica derivados de ciertas plantas con propiedades insecticidas o de mezclas entre ellas, como Nim x<sup>®</sup>, Ecofoliar<sup>®</sup>, Vertigo<sup>®</sup>, Hovi-pest<sup>®</sup>, Neem-nock<sup>®</sup>, Pestone<sup>®</sup>, Garden Plants<sup>®</sup>, Pest ilent<sup>®</sup>, Xtract<sup>®</sup>, Oikonim, o de microorganismos entomopatógenos (bacterias, hongos, nematodos), como Dipel<sup>®</sup>, Xentari<sup>®</sup>, New BT2X<sup>®</sup>, Metanym<sup>®</sup>, Nexos<sup>®</sup> Sanoplant<sup>®</sup>, entre otros, que pueden aplicarse fácilmente en aspersiones con equipo convencional.

El manejo de los artrópodos-plaga con plaguicidas químicos puede justificarse solamente mediante un uso racional, en plantas jóvenes a nivel de vivero, por tratarse de aplicaciones localizadas en pequeñas superficies donde, además, el control biológico no funciona satisfactoriamente, y por la necesidad de llevar al campo definitivo plantas libres de organismos nocivos.

### **3.5.1.1 Artrópodos útiles**

*Biorreguladores.* Entre los artrópodos benéficos que habitan en nuestro medio dentro de los cacaotales, están los enemigos naturales de las plagas o sea, aquellos que se alimentan de insectos fitófagos; algunos como los depredadores, devoran de manera directa a sus presas, entre los más conocidos están avispas, crisopas, moscas sirfidas, coccinélidos y arañas. Otros, como los parasitoides, viven en el cuerpo de los diferentes estados de desarrollo (huevos, ninfas, larvas, pupas, adultos), de sus hospedantes, hasta causarles la muerte. Los insectos benéficos se caracterizan por ser más sensibles que las plagas a factores bióticos y abióticos, pero la composición de los agroecosistemas de cacao bajo sombra les provee de un microclima favorable, abundante fuente alimenticia para los adultos por la diversidad de flores (néctar, polen), además de brindarles refugio y protección.

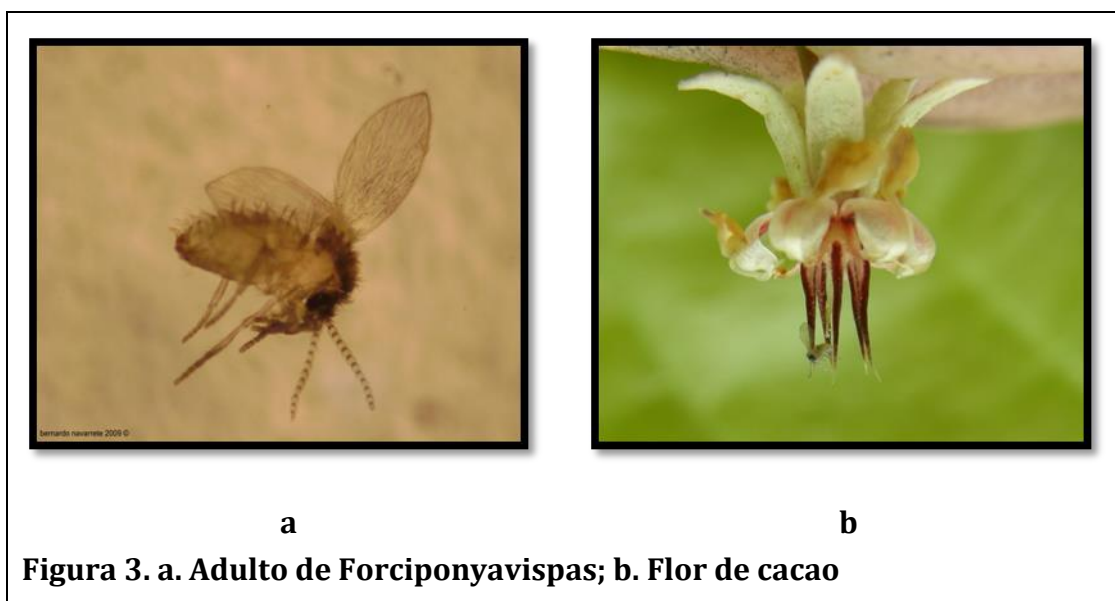


*Polinizadores.* En este grupo podemos incorporar varias especies de insectos, especialmente *Forcipomyia* spp. (Diptera: Ceratopogonidae), asociados a las pequeñas flores del cacao, esta familia es considerada como la responsable del mayor porcentaje de polinización natural del cacao. Sus diminutas “mosquillas” cumplen su importante labor, difícil por otros medios, introduciéndose al interior de las flores, para luego por medio del vuelo trasladar el polen a grandes distancias. Estudios realizados en Ecuador, sobre la dinámica poblacional de *Forcipomyia* indican que la población de estas mosquitas es mayor durante la época lluviosa. Las cascaras de cacao y la hojarasca son los sustratos orgánicos sobre los cuales, preferentemente se desarrollan los instares inmaduros de estos insectos, lo cual se ha confirmado en la zona de Portoviejo, donde se determinó que

la mayor cantidad de “mosquillas” emergen 12 días después de que el sustrato ha empezado su proceso de descomposición.

Para incrementar las poblaciones de este polinizador y por ende aumentar su acción, se recomienda preservar y en lo posible aumentar los sitios de crianza, por lo que es conveniente al momento de la cosecha distribuir los cascarones lo más uniformemente posible en la plantación, o en el caso de hacer montículos, éstos, deberán ubicarse en diferentes sitios dentro de la huerta.

Otras especies encontradas en las flores del cacao son los trips *Frankinielea* sp. (Thysanoptera: Tripidae), afidos *Toxoptera aurantii* (Hemiptera: Aphididae) y hormigas *Selenopsis* sp., *Crematogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae), que tienen un efecto limitado como polinizadores debido a su poca movilidad entre los árboles.



**Figura 3. a. Adulto de Forciponyavispa; b. Flor de cacao**

### 3.5.1.2 Artrópodos perjudiciales

En Manabí se presentan durante todo el año sobre el cultivo, tanto en la etapa de vivero como en plantaciones establecidas, variando sus poblaciones de acuerdo a la especie y la época del año. En el país se han reportado al menos 25 especies de fitófagos, la mayoría pertenecientes al orden Hemiptera, Thysanoptera, Lepidoptera, Coleoptera e Hymenoptera, así como algunas especies de ácaros. El régimen alimenticio de estos organismos depende de sus hábitos de vida y tipo de

aparato bucal, chupador o masticador, para nutrirse de todos los órganos subterráneos y aéreos, que conforman la planta de cacao.

*Chupadores.* Los insectos chupadores succionan la savia en diversas partes de la planta, principalmente follaje, ramillas tiernas, ramas desarrolladas, cojinetes florales y frutos. La mayoría de ellos segregan sustancias azucaradas o mielecilla, cuyo escurrimiento provoca deformaciones de los frutos y formación de la fumagina que interfiere en la fotosíntesis. Adicionalmente los chupadores intervienen en la transmisión de ciertas enfermedades del cacao. Dentro de este grupo están los pulgones o áfidos en brotes y flores, salivazos, chinches y cochinillas en frutos o mazorcas, trips y ácaros en el follaje.

*Barrenadores.* Se reportan en el cacao algunos barrenadores de tronco y ramas, entre ellos termitas que habitan muchas veces en el mismo árbol, coleópteros de las familias Scolytidae y Cerambycidae. Varias especies de barrenadores son importantes, pero quizás, el que ocasiona mayores daños, es la broca o barrenador del tronco, *Xyleborus* spp. Asociados con hongos que son capaces de transmitir enfermedades como la llamada “mal del machete”

*Defoliadores.* Otras plagas de cierta importancia son los defoliadores, es decir aquellos insectos que devoran el follaje con sus mandíbulas masticadoras, entre los cuales se distinguen principalmente varias especies de larvas de lepidópteros. Existen también algunos coleópteros como *Diabrotica* spp., *Omophota* sp., *Epitrix* sp. , entre otros, cuyas larvas consumen el follaje, tanto en el vivero como en la plantación definitiva, mientras que los adultos afectan mayormente a los brotes. Además se encuentran hormigas arrieras, gusanos esqueletizadores que se caracterizan porque su daño reduce el área foliar y dependiendo de su intensidad pueden interferir en el proceso fotosintético.

### **3.5.2 Biocidas botánicos de uso agrícola**

En la actualidad se ha identificado por lo menos 2 mil especies de vegetales con propiedades insecticidas cuya actividad puede ser como tóxicos de contacto e ingestión, repelentes, fago inhibidores, etc, sobre especies de insectos de hábitos alimenticios masticadores y/o chupadores. Esta es la razón para que ahora la industria fitoquímica mundial esté interesada por los vegetales como fuente de

sustancias para los controles fitosanitarios y de esta manera recuperar la importancia de la aplicación de conocimientos ancestrales en pueblos de Sudamérica y Asia, como ha sido el empleo de los derivados de las flores de piretro *Chrysantemun*, la rotenona que se obtiene de las raíces de los géneros *Derris*, *Lonchocarpus*, y *Tephrosia*, la nicotina de varias especies del género *Nicotiana*, la sabadilla *Schoenocaulon officinale* reportada en México en la época de la conquista, las hojas y frutos del nim *Azadirachta indica* empleado milenariamente entre los chinos. Prácticas ecológicas que fueron desplazadas a mitad del siglo pasado por la presencia de los insecticidas químicos de síntesis, pero que de nuevo ocupan un lugar relevante entre las prácticas conservacionistas y ambientalistas del manejo agroecológico de plagas.

### **3.5.2.1 El nim**

El nim o “árbol de la India” *A. indica* A. Juss (Meliaceae), es una especie milenaria que proviene de zonas áridas de Pakistán e India, donde es conocida como la “farmacia del pueblo” por su versatilidad y usos en ese país. Su nombre científico proviene de la expresión nativa “azad-dirackht” que significa “árbol libre”. Fue introducido a Manabí en 1978 en semillas provenientes de Nigeria como especie forestal para emplearse en la reforestación de zonas secas de esta provincia. Cuatro años después ya se dispuso de material para su propagación y distribución. Al cabo de pocos años se convirtió en una alternativa válida para pequeños y medianos productores en el manejo integrado de insectos-plaga de cultivos como: maíz, maní, caupí, arroz, hortalizas, cítricos y granos almacenados. Actualmente sus derivados son utilizados también en cultivos de exportación como flores, banano, café y frutales.

*Distribución geográfica.* Es originario de zonas áridas del sudeste de Asia, donde se calcula existen cerca de 14 millones de árboles; desde donde se ha distribuido a ecosistemas similares en regiones tropicales del mundo. Fue introducido al continente americano en los años 50 en Haití, donde está la mayor población de nim en América (más de tres millones de árboles), seguido de República Dominicana, Nicaragua, Honduras y Ecuador, este último lo introdujo en 1978 a Manabí, que es la única provincia donde se encuentra en cantidades considerables (aprox. 350,000 árboles), ya que a partir de 1982 se establecieron viveros para la

distribución de plantas. Se ha verificado la presencia del nim en las estribaciones occidentales de Los Andes, en la región amazónica, en la isla Sta. Cruz de Galápagos y en ciertos valles interandinos, pero con comportamientos variados por la influencia de los factores climáticos. De aquí se ha enviado semillas a Pto. Maldonado en el sureste peruano y al Valle del Cauca en Colombia.

*Descripción de la planta.* Es una especie de rápido crecimiento, pudiendo alcanzar los 25m de altura. Su tronco es recto, de corteza gris, la copa redonda y densa. Las hojas están compuestas de 9 a 17 folíolos alargados con sus bordes dentados. Su raíz pivotante es bastante profunda, aunque las abundantes ramificaciones laterales que pueden ser superficiales, provocan problemas cuando es sembrado en áreas urbanas. Las inflorescencias se dan en racimos, las flores son pequeñas, blancas y fragantes. Los frutos (bayas), miden entre 1,3 y 2,4cm de largo, inicialmente son verdes, pero cuando llegan a la maduración son alargados y amarillo verdoso, de consistencia blanda pero que en su interior contiene la semilla o almendra recubierta de una capa endurecida.

*El nim en la agricultura.* Los primeros estudios de usos agrícolas del nim se realizaron en la década de los años 20 y 30 del siglo XX. Sin embargo, la presencia del DDT y más sintéticos a partir de los años 40 restó empuje a los insecticidas vegetales. En 1960 se comprobó el efecto antialimentario del nim, y en 1962 se lo confirmó en el campo, cuando una manga de langostas invadió Nueva Delhi (India), observándose que cultivos tratados con nim no mostraron daño. Las sustancias nimbin y nimbidinim fueron las primeras en ser aisladas, seguido de salanina en 1964 y en meliantriol 1967. Posteriormente en 1968 se aisló la sustancia más importante del nim, la azadiractina.

Una de las mayores ventajas del nim como insecticida, es su aporte a una agricultura sana y la seguridad en el consumo de productos agrícolas no contaminados, por cuanto estas sustancias resultan exitosamente complementarias dentro de un programa integrado para control de insectos-plaga, y la maneras más comunes de preparación en nuestro medio se presentan a continuación:



*Extracto acuoso.* Separadamente semillas y hojas se trituran en un molino casero, se macera en agua por 24 horas, luego se filtra y se aplica con equipos convencionales. Las dosis más usuales son 50g/L si se usan semillas y 100g/L si se utilizan hojas. El extracto acuoso no debe guardarse por más de un día ya que se descompone con facilidad.

*Semilla molida.* Las semillas molidas son mezcladas con aserrín en relación 1:2 o con arena en relación 1:3 respectivamente, es aplicado directamente al cogollo de las plantas de maíz y sorgo para el control de *Spodoptera* sp.

*Aceite.* Obtenido de semilla seca de nim, con un contenido de humedad menor de 7%. Para elaborar aceite artesanal se muele finamente la semilla dos veces, obteniendo una masa viscosa, se amasa con las manos, añadiendo agua para facilitar la labor, luego se aprieta fuertemente utilizando un lienzo, obteniendo de 100 a 140mL de aceite por kg de semilla. El aceite formulado se obtiene en forma mecánica, mediante una prensa de tornillo. Para la fabricación del aceite formulado Inbio 75, elaborado y comercializado en el país, se combinan en una licuadora artesanal 75% de aceite de nim; 17.5% de agua destilada; 5.5% de metanol y 2.0% de emulsificantes y estabilizadores.

*Torta.* Es el residuo de la producción del aceite, se puede incorporar al suelo o preparar un extracto acuoso con ella.

*Extracción con solventes orgánicos.* Las semillas molidas son remojadas en etanol o metanol, y la concentración es aproximadamente 50 veces mayor que el extracto acuoso

#### **3.5.2.1.1 El NIM en el Ecuador: resultados de investigaciones**

Se estima que existen por lo menos 200 especies de insectos que son susceptibles a los derivados del nim. En el Ecuador se ha demostrado la eficacia del nim en plagas claves de cultivos de importancia agrícola como maíz, tomate, maní, melón, caupí, café, cítricos y granos almacenados, cuyos resultados se resumen en el siguiente cuadro.

*Persistencia en campo y resistencia en insectos.* La persistencia del nim en campo se ve afectada por el exceso de radiación solar, sin embargo se ha podido comprobar

una persistencia aproximada de nueve días, sin evidenciar toxicidad a los cultivos. Se puede ingresar al cultivo aplicado con nim inmediatamente, sin riesgo de contaminación. Son pocas las probabilidades de que las plagas desarrollen rápidamente resistencia al nim, ya que aceites o extractos son una mezcla de varios compuestos.

**Cuadro 1. Recomendaciones sobre el uso del nim en el control de plagas en el Ecuador.**

Cultivo	Plaga	Uso	Dosis
Maíz	Gusano Cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> ) Gusano de la mazorca ( <i>Heliothis</i> sp.)	Semilla molida + arena o aserrín Ext. acuoso de semilla Extracto acuoso de hoja	Cebo: relación 1:3 ó 1: 2 50g/L agua 100g/L agua
Tomate	Cogollero ( <i>S. sunia</i> ) Minador ( <i>Tuta absoluta</i> ) Mosca blanca ( <i>Bemisia</i> spp.) Negrita ( <i>Prodidiplosis longifila</i> )	Ext. acuoso de semilla Aceite formulado	30-60 g/L agua 5 mL/L agua
Melón	Mosca blanca ( <i>Bemisia</i> sp.)	Aceite formulado	5- 10 mL/L agua
Maní	Cogollero ( <i>Stegasta bosquela</i> )	Ext. acuoso de semilla	50 g/L agua
Soya	Defoliador ( <i>Anticarsia gemmatalis</i> )	Ext. acuoso de semilla	50 g/L agua
Arroz	Cogollero ( <i>Spodoptera</i> sp.; <i>Mocis</i> sp.)	Ext. acuoso de semilla	60 g/ Laguna
Caupí	Mosca blanca ( <i>Bemisia</i> sp.)	Ext. acuoso de semilla	40 g/L agua
Cítricos	Minador ( <i>Phyllocnistis citrella</i> ) Mosca blanca ( <i>Aleurotrixus floccosus</i> )	Aceite formulado	5 - 10 mL/L agua
Café	Broca ( <i>Hypothenemus hampei</i> )	Aceite formulado	2,5 mL/L agua
Granos almacenados	Gorgojos ( <i>Callosobruchus maculatus</i> <i>Sitophilus oryzae</i> )	Aceite artesanal	5 mL/kg de granos

*Efecto sobre los insectos benéficos.* No obstante de su baja toxicidad y de manera general poco efecto negativo sobre la fauna benéfica, investigaciones demuestran que de no ser aplicado oportunamente, puede afectar especies benéficas, inhibiendo la alimentación y oviposición de parasitoides, afectando su capacidad parasítica, longevidad, e incluso matando las larvas de los parasitoides, especialmente cuando éstas absorben una gran cantidad de azadiractina de sus víctimas, o cuando esta sustancia mata a su huésped natural.

### 3.5.2.1.2 Productos disponibles y perspectivas en Ecuador

CEMADEC en Manabí es hasta ahora la única empresa que ha fabricado productos a base de nim, entre ellos un aceite formulado conocido como Inbio 75, que contiene 75% de aceite de nim, siendo su principal ingrediente activo la azadiractina (0.07 %), más otros compuestos secundarios. Este aceite es recomendado para la mayoría de los insectos-plaga reportados en el cuadro anterior. Polnim-Eco 2000, es una torta de nim, también fabricado por la Ong.CEMADEC en Manabí y recomendada por su eficacia para insectos defoliadores, asimismo, se ha observado que repele a nematodos del suelo como *Meloidogyne* y *Radophulus*, elimina algunos patógenos, entre ellos *Fusarium* spp., *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Aspergillus*, *Puccinia*. Su dosis como insecticida es de 3 a 6 kg por 200L de agua; como nematicida en hortalizas entre 5 a 7g por planta y en Musaceae (banano) de 100 a 150g por planta. Debido a la demanda actual de sustancias naturales alternativas en Ecuador se importa y comercializan otros productos que tienen como ingrediente activo la azadiractina, tales como Neem-X, Oikoneem, Bionim, Extraplus, Tribiox, Sukrina, entre otros. Fundas plásticas impregnadas con nim se están usando contra la presencia de trips y otros insectos en los racimos de banano orgánico exportable.

Hace poco tiempo la tecnología generada sobre el nim era sólo utilizada por pequeños y medianos productores. Actualmente existe en el país un número creciente de productores de cultivos hortícolas, frutícolas y florícolas que por razones ecológicas y de comercialización han empezado a utilizar plaguicidas de baja toxicidad, más aún cuando Ecuador compite con productos exportables con “sello verde” (flores, banano, mango, café, cítricos) a los mercados de Europa, Canadá, Japón y EE.UU. En este sentido los derivados del nim brindan a estos productores una alternativa para disminuir los niveles de residualidad de plaguicidas en sus productos, tanto que los rubros de flores y banano, captan gran parte de la producción del aceite formulado de nim (Inbio 75) y la torta de nim (Polnim-Eco).

*Otros usos.* Adicionalmente, la planta tiene una diversidad de usos, como su empleo en programas de reforestación, explotación de su madera y para la fabricación de muebles y viviendas. En países pobres lo aprovechan para

producción de leña y carbón. El aceite de nim es la base para la fabricación de jabones, cera, cosméticos, lubricantes, pasta dental. En la India está muy difundida la fabricación y comercialización de gran variedad de medicamentos y productos farmacéuticos, muchos de los cuales han pasado pruebas de la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos. Sus propiedades curativas también se han experimentado en animales domésticos como perros y aves. En Ecuador no se conocen estudios sobre las bondades medicinales de ésta planta, sin embargo empíricamente en las zonas rurales de Manabí se emplean infusiones de hojas, para diversos problemas de salud.

### **3.5.3 Regulación natural de plagas agrícolas**

La regulación natural de las plagas por parte de sus depredadores, parasitoides, entomopatógenos y antagonistas tiene su base ecológica en la biodiversidad de especies y su relación alimenticia en los ecosistemas naturales y agrícolas lo cual implica una regulación y no necesariamente un control, sin embargo Harry Smith en 1919 definió al control biológico como “el uso de los enemigos naturales, ya sea introducidos a una zona nueva o manipulados con el objetivo de controlar las plagas”. Para aplicar este método es necesario recordar que existe tres formas de hacerlo: por medio de la conservación de la entomofauna benéfica nativa, por la introducción de organismos benéficos exóticos o control biológico clásico, y por los incrementos de las poblaciones de enemigos naturales nativos o introducidos.

En los ecosistemas naturales el factor plaga agrícola no existe, en el caso de los insectos, útiles o perjudiciales a las plantas, se mantienen equilibrados a través de sus hábitos alimenticios, aclarando la inexistencia de la agricultura bajo estas condiciones. Cuando el hombre comenzó a cultivar la tierra empezó a romperse dicho equilibrio y los problemas que se derivaron fueron el desarrollo e incremento de las plagas insectiles y las causantes de los daños a los cultivos. En culturas milenarias como la de los chinos y después los árabes, se comenzaron las prácticas para contrarrestar los ataques de hormigas en sus naranjos y dátiles, respectivamente, llevando hormigas depredadoras a sus plantaciones con el fin de controlarlas. A fines del siglo XIX ocurrió el primero de los casos exitosos de control biológico contemporáneo mediante la manipulación de insectos introduciendo desde Australia la especie *Rodolia cardinalis* para el control de la

cochinilla de los cítricos *Icerya purchasi* que estaba asolando la citricultura de California. En adelante los esfuerzos y éxitos se han repetido en el mundo en diversidad de cultivos y países, aunque también se han presentado fracasos. El impulso de este método natural actualmente debe al deterioro ambiental y efectos en la salud humana provocados por el control químico convencional

### **3.5.3.1 Control biológico clásico de plagas en Ecuador**

En Ecuador esta importante actividad se inicia en 1937 introduciendo desde Chile el insecto *Aphelinus mali* para controlar el pulgón lanígero del manzano *Eriosoma lanigerum*, labor que se le reconoce al entomólogo Luis Rodríguez López. En el cuadro que se incluye, se aprecia que se han registrado documentadamente más de una veintena de casos de introducciones de insectos provenientes de distintos países con la finalidad de controlar problemas ocasionados por insectos plaga en cultivos agrícolas de importancia económica como caña de azúcar, cítricos, café, mango, chirimoya, manzano, maíz, arroz, algodón y flores ornamentales. En la mayoría de los casos ha predominado la acción de parasitoides pero también hubieron algunos predadores muy eficientes. Los países que mayormente han aportado en este proceso de introducciones han sido Colombia, Perú y EE.UU. Entre los insectos plaga que más han demandado el interés durante estas siete décadas están el barrenador de la caña de azúcar y maíz *Diatraea saccharalis*, la broca del café *Hypothenemus hampei* y la cochinilla de los cítricos *Icerya purchasi*.

En 1989 Carlos Klein dijo que gracias a una visionaria labor iniciada hace más de medio siglo, en Ecuador se ha comprobado el control completo mediante el combate biológico clásico de cinco plagas agrícolas de gran importancia económica como ha sucedido en caña de azúcar con las larvas barrenadoras del tallo *Diatraea. saccharalis* controlado por el parasitoide *Paratheresia claripalpis*, las cochinillas de los cítricos *Icerya purchasi* e *I. montserratensis* en la sierra, mediante la acción predatora de *Rodolia cardinalis*, en el mismo cultivo con el “coma” de los citrus *Lepidosaphes beckii* por medio del parasitoide *Aphitis lepidosaphes* y en el manzano al pulgón lanígero *Eriosoma lanigerum* empleando el microhimenoptero parasitoide *Aphelinus mali*. Ahora se puede agregar el control del minador de la hoja de los cítricos *Philocnistis citrella* mediante el parasitoide *Ageniaspis citricota* que fue liberado en los norte peruano en 1999 y que pasó a nuestro país (excepto

Galápagos hasta 2005) de manera exitosa. En otras seis plagas se logró controles substanciales y en el resto se estaba investigando su eficacia. Hasta ahora no se dispone de esos resultados o están incompletos por falta de seguimiento y continuidad, como sucede con la acción de los parasitoides para la broca del café *Hypothenemus hampei*.

Por su parte la Estación Científica Charles Darwin de las islas Galápagos reconoce que los daños de *Icerya purchasi* han provocado graves problemas a la flora del archipiélago, pero la introducción de su enemigo *Rodolia cardinales* mitigó sus efectos nocivos.

La empresa privada se ha hecho presente a través de la industria azucarera con la introducción de la mosca *Paratheresi claripalpis* para combatir al *Diatraea saccharilis* barrenados del tallo de la caña de azúcar que desde 1964 se sigue empleando satisfactoriamente en unas 70 mil ha de este cultivo.

La cooperación internacional se ha destacado por medio de la Misión Técnica Alemana (GTZ) y el Instituto Internacional de Control Biológico (IIBC) entre 1988 y 1999 por su contribución a la lucha biológica de la broca del café *Hypothenemus hampei* luego de que ingresara al país desde Perú en 1981. En cambio con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en 1992 el Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias (INIAP) participó en un proyecto para controlar biológicamente los ácaros de la yuca, capturando fitoseidos nativos de Ecuador, considerado importante reservorio natural, para multiplicarlos en Colombia y enviarlos a África para el control de ácaros fitófagos en ese cultivo.

Las biofábricas o laboratorios dedicados al negocio de la multiplicación y venta de predadores y parasitoides continúan siendo insipientes. El SESA hoy Agrocalidad, sostiene en Loja un laboratorio para la crianza de parasitoides de broca del café pero limitada a esa región. Universidades como la Escuela Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP disponen de instalaciones para la reproducción de organismos entomopatógenos que son distribuidos masivamente para controlar ciertas plagas de importancia agrícola. Con los países vecinos nos podemos considerar en desventaja en cuanto al desarrollo y aplicación de técnicas biológicas, como sucede en Perú y Colombia

donde hasta 1989 se han logrado controles importantes de plagas en diversos cultivos abarcando 218 mil y 151 mil hectáreas, respectivamente con la liberación de una amplia gama de especies de parasitoides de huevos, cifras que hasta la fecha deben haberse incrementado significativamente.

*Perspectivas.* Las tendencias actuales para producir y consumir alimentos sanos y seguros se está incrementando en el mundo cada vez más, favorecida en muchos casos por cambios de hábitos alimenticios de los países desarrollados que pagan mejores precios por esta clase de productos sin contaminación. Esta situación ofrece al control biológico y otras prácticas conservacionistas la oportunidad de posicionarse en nuestra agricultura y de desplazar más que sea gradualmente al uso de los químicos convencionales en nuestra agricultura. En el país existe el marco legal para que esto suceda por medio de regulaciones para producción y certificación de productos agrícolas con sello orgánico, “verde” o ecológico de los cuales el Ecuador produce ahora por lo menos en unas 35 mil ha.

Otro objetivo debe ser implementar un Programa Nacional de Control Biológico a manera de empresa mixta (pública y privada) para administrar la cría, venta y liberación de organismos benéficos a través de una red de laboratorios en todo el país capaces de proveer ágilmente las necesidades de los agricultores. Previamente será necesario realizar un seguimiento a modo de diagnóstico, a los esfuerzos realizados hasta ahora para determinar el estado actual de las plagas a controlarse y el impacto de sus controladores biológicos.

Se espera con estas medidas superar las dificultades ocasionadas por el predominio del control químico en vista de la tendencia al incremento en las importaciones de insecticidas producido desde 1992 en el 121% al rebasar los 31 millones de dólares en el 2011, según cifras oficiales, cuyo volumen también debe estar relacionado con el incremento en más del 500% de intoxicaciones agudas por plaguicidas reportadas por el Ministerio de Salud Pública.

**Cuadro 2. Principales casos de Control Biológico Clásico en el Ecuador**

AÑO	AGENTE DE CONTROL	PLAGA	CULTIVO	PROCEDE
1937	<i>Aphelinus mali</i>	<i>Erisoma lanigerus</i>	Manzano	Chile
1942	<i>Rodolia cardinalis</i>	<i>Icerya montserratensis</i>	Cítricos	EE.UU.
1955	<i>Amitus hesperidium</i>	<i>Aleurocanthus woglumi</i>	Cítricos	México
1958	<i>Aphytis lepidosaphes</i>	<i>Lehpidosaphes beckii</i>	Cítricos	México
1962	<i>Encarcia</i> sp.	<i>Lehpidosaphes beckii</i>	Cítricos	México
1964	<i>Paratheresia claripalpis</i>	<i>Diatraea saccharalis</i>	Caña de azúcar	Perú
1974	<i>Thytus mundulus</i>	<i>Perkinsiella saccharicida</i>	Caña de azúcar	
1978	<i>Rodolia cardinalis</i>	<i>Icerya purchasi</i>	Cítricos	EE.UU.
1978	<i>Apanteles flavipes</i>	<i>Diatraea saccharalis</i>	Caña de azúcar	Colombia
1978	<i>Hippodamia convergens</i>	<i>Icerya purchasi</i>	Cítricos	EE.UU.
1983	<i>Telenomus</i> sp.	<i>Rupella albinella</i>	Arroz	Colombia
1983	<i>Cotesia falvipes</i>	<i>Diatraea saccharalis</i>	Maíz	Colombia
1983	<i>Tricjogramma semifutam</i> , <i>T. minum</i> , <i>T. pretiosum</i>	<i>Diatraea saccharalis</i>	Maíz	Colombia
1983	<i>Metagostilum mínense</i>	<i>Diatraea saccharalis</i>	Maíz	Venezuela
1985	<i>Cales noacki</i> <i>Amitus spiniphera</i>	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	Cítricos	Perú
1988	<i>Bracon kirkpatricki</i>	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Algodón	Colombia
1988	<i>Prorops nasuta</i> <i>Cephalonomia stephanoderis</i>	<i>Hypothenemis hampei</i>	Café	Togo, Kenia, Tanzania
1988	<i>Biosteres longicaudatus</i>	<i>Anastrepha</i> spp.	Chirimoya	EE.UU.
1989	<i>Trybliographa daci</i>			
1999	<i>Phymastichus coffea</i>	<i>Hypothenemis hampei</i>	Café	Colombia
1999	<i>Diglyphus begini</i>	<i>Liriomyza trifolii</i> <i>L. huidobrensis</i>	Flores	
2000	<i>Ageniaspis citrícola</i>	<i>Philocnistis citrella</i>	Cítricos	Perú
2002	<i>Rodolia cardinalis</i>	<i>Icerya purchasi</i>	Flora nativa y endémica de Galápagos	Australia
2004	<i>Cybocephalus nipponicus</i>	<i>Aulacaspis tubercularis</i>	Mango	EE.UU.
2005	<i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	<i>Anastrepha</i> sp. <i>Ceratitis capitata</i>	Frutales	Perú
2007	<i>Fopius arisanus</i>	<i>Anastrepha</i> sp. <i>Ceratitis capitata</i>	Frutales	México



### 3.5.3.2 Biorreguladores: minador de la hoja de los cítricos - Ecuador

El “minador” de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella*, mundialmente es reconocido como una de las plagas insectiles más importantes en estos cultivos. Esta especie es originaria del Asia Tropical y fue descrita en la India en 1856, después de medio siglo apareció en África y Oceanía y tardó más de 80 años en reportarse en los cítricos de España, lamentablemente para nuestro continente, sólo se demoró un año en llegar a la Florida y cinco años más tarde estaba ya al sur, en Chile, Paraguay y Argentina. En Ecuador fue reportado en 1995 en la provincia de Manabí dispersándose rápidamente a las cuatro regiones en donde se cultivan cítricos.

Los daños son ocasionados por su estado larval que construye minas en forma sinuosa a lo largo del nervio central de la hoja, las perforaciones se inician en los brotes tiernos y blandos del haz y envés de las hojas, dándole un aspecto plateado o brillante característico en la epidermis de las mismas, y a lo largo de las minas se observa un delgado hilo de color café formado por excrementos de la larva. Sus daños provocan interferencias en la fotosíntesis, altera la emisión de flores y la futura producción de los frutos. Experiencias locales han demostrado reducciones en los rendimientos de limón de 45% y 48% en el número y peso de los frutos, respectivamente. En un estudio realizado por INIAP en el valle del río Portoviejo se determinó que las poblaciones de la plaga se mantienen durante todo el año pero que las mayores infestaciones ocurren en los meses de abril y mayo.

Ante la presencia de este nuevo problema fitosanitario los citricultores mostraron justificada preocupación al no disponer de medidas para su combate y control, recurriendo a los insecticidas convencionales que más bien complicaron la situación por sus efectos contaminantes e incremento de los costos de producción. Entre las primeras recomendaciones que se ofrecieron dentro del marco del Manejo Integrado de Plagas fue el empleo de prácticas culturales, la aspersión de sustancias biológicas o naturales, seleccionar sustancias en cuanto a su modo de acción sobre la plaga o su toxicidad, todo con la intención de contribuir a la preservación de la entomofauna benéfica compuesta por parasitoides y depredadores nativos...

Un reconocimiento de los principales enemigos naturales del “minador” en nuestro medio, permitió conocer de la existencia de un importante grupo de depredadores y parasitoides existentes en los ecosistemas citrícolas del país, destacándose entre los últimos de los nombrados un grupo de doce especies diferentes realizando un promisorio control biológico natural, favorecido quizá, porque algunos de dichos parasitoides fueron encontrados años antes en plantaciones de café (cultivo estrechamente relacionado con varias especies citrícolas) ejerciendo una actividad similar contra *Perileuoptera coffeella* conocido como el “minador” de la hoja del café.

*La introducción del parasitoide Ageniaspis citrícola.* Al ser el “minador” de los cítricos una especie exótica, una estrategia recomendable para complementar la acción de los reguladores naturales nativos es la introducción de parasitoides de similar lugar de origen que la plaga, o lo que se denomina como el control biológico clásico. Este fue el criterio que adoptaron en el Perú en 1996, país que casi al mismo tiempo que el nuestro fue invadido por la plaga. Provenientes de Florida se iniciaron en los Departamentos de Tumbes y Piura, limítrofes con Ecuador, liberaciones de *Ageniaspis citricola*, una pequeña avispa que se alimenta de las larvas del “minador” y que está reconocido como su más eficiente controlador biológico en vista de los éxitos alcanzados en varios países productores de cítricos como Australia, Israel, USA (Florida), Honduras, aunque también se conoce de otros países en donde no se ha conseguido los mismos resultados.

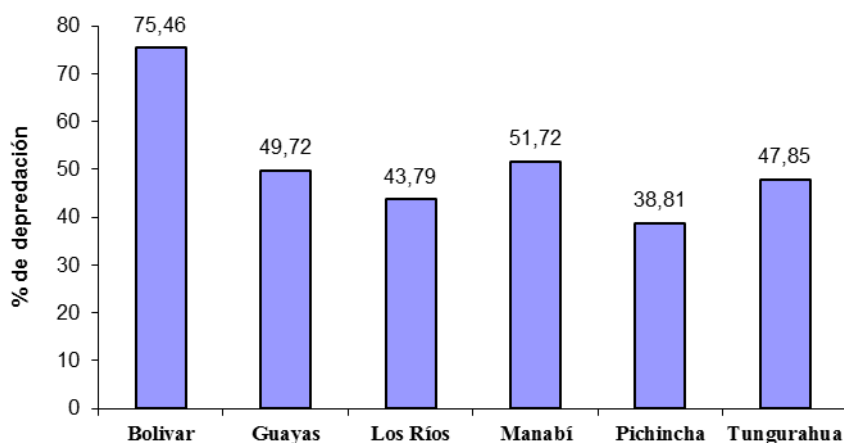
Las liberaciones de *Ageniaspis citricola* realizadas en el norte peruano sirvieron para que rápidamente este parasitoide ingrese a nuestro territorio y se disemine en todas las plantaciones citrícolas del país con excepción, hasta ahora, de las Islas Galápagos. Con estos antecedentes el INIAP realizó un estudio en las principales provincias productoras de cítricos en el Ecuador para determinar la eficiencia del control biológico del “minador” de los cítricos en las épocas seca del 2002 y lluviosa del 2003

De acuerdo a la información obtenida, se desprende que los parasitoides juegan un rol preponderante en el control natural de esta plaga, especialmente en la época lluviosa en la que a nivel nacional se alcanzó en promedio el 54,71% de parasitismo en contraste con el 28,90% de la época seca, destacando el caso de

Collaqui (Pichincha) y Patate Viejo (Tungurahua) con parasitismos del 81,81 % y 59,14%, respectivamente., algo similar a lo ocurrido en Juive Chico y Lligñay (Tungurahua).

En este mismo proyecto merece destacar que el parasitoide *Ageniaspis citricola* fue la especie más abundante en todas las provincias del estudio alcanzando en Manabí el 85% del total de especies recuperadas, en Guayas 85%, Los Ríos 83%, Bolívar 72%, Pichincha 79% y Tungurahua 59%, información que la confirma como la especie dominante sobre las demás y demuestra su capacidad de desplazar a las especies nativas.

Los depredadores constituyen un destacado componente en el control biológico del “minador” en el Ecuador, así se lo determino en la misma investigación, encontrando que esta comunidad insectil compuesta por mariquitas, chinches, crisopas, avispas, entre otros, es capaz de alcanzar importantes porcentajes de control de la plaga como sucedió en la provincia de Bolívar en donde se llegó al 75%, en las demás provincias los valores fueron de 51% en Manabí, 49% en Guayas, 47% en Tungurahua, 43% en Los Ríos y 38% en Pichincha, con lo que se demuestra que su acción se complementa satisfactoriamente con la de los parasitoides.



**Figura 4. Porcentaje de depredación del minador de la hoja de los cítricos encontrado en seis provincias del Ecuador en la época seca del 2002.**

Esta experiencia exitosa permite demostrar nuevamente la eficiencia del control biológico como herramienta para el manejo de las plagas insectiles en nuestra agricultura y por lo tanto brindarles protección para ser menos dependientes del uso de sustancias químicas que en muchos casos han complicado la producción agrícola y comprometido la salud del hombre y el ambiente.

#### **3.5.4 Caso *Meloidogyne incognita* en el género *Capsicum***

##### ***El género Meloidogyne***

El primer reporte ilustrado sobre el nematodo del nódulo fue en 1855 por Joseph Berkeley, citado por Moens *et al.* (2009), encontrando agallas en pepinillos cultivados en protectores de cultivos. La primer descripción del nematodo del nódulo según Moens *et al.* (2009), fue hecha por Cornu en 1879 basándose en nemátodos encontrados en agallas de *Onobrychis sativus*, en el valle de Loire en Francia.

En América del Sur, en agosto de 1877, citado por Taylor y Sasser (1983), Jobert en Río de Janeiro, Brasil, al observar cafetos enfermos, encontró raíces fibrosas con numerosas agallas, algunas de las cuales eran terminales, otras a lo largo de la raíz y otras más escasas en las raíces laterales. Las agallas terminales eran piriformes, puntiagudas y frecuentemente encorvadas. Las más grandes eran del tamaño de una arveja pequeña y contenían quistes de paredes hialinas, también tenían huevos elípticos encerrados en membranas hialinas que contenían pequeños animales vermiformes. El notó que los “gusanos” emergían de los huevos, salían de las raíces y se encontraban en grandes cantidades en el suelo. Aparentemente Jobert no tuvo tiempo de realizar estudios más amplios antes de escribir su informe. (Taylor y Sasser, 1983)

Goldi, citado por (Moens *et al.* 2009, Taylor y Sasser, 1983), investigó el mismo problema y publicó un documento en el cual a tribuía a *Meloidogyne exigua*, como causante de la enfermedad.

Los anteriores fueron los primeros trabajos referentes a nematodos del nódulo. Posteriormente, la especie y el género fueron sinonimizados primero con *Heterodera radicícola* y después con *Heterodera marioni*, hasta que según, Moens *et al.* 2009, Taylor y Sasser 1983, mencionan que estos fueron restablecidos por Chitwood en 1949, al género *Meloidogyne*, debido a que estos difieren del nematodo quiste y a partir del primer nombre propuesto por Goldi (*Meloidogyne*), Chitwood reescribió las cuatro especies más comunes y ampliamente distribuidas: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* y *M. hapla*.

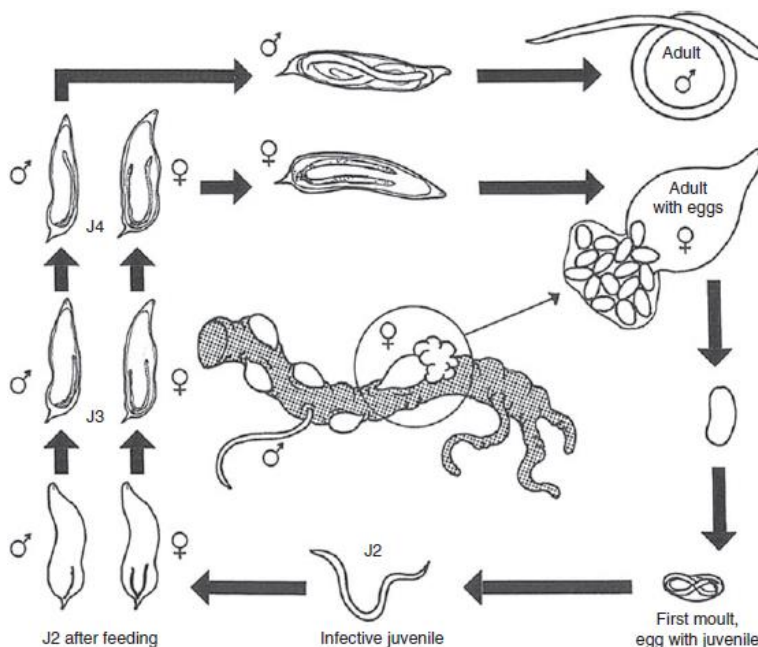
El informe que presentó Chitwood, fue publicado cuando los nematocidas estaban siendo desarrollados y probados. Los experimentos con nematocidas comprobaron que *Meloidogyne spp.*, y otros nematodos eran fitoparásitos económicamente importantes y que su control era frecuentemente seguido por un gran incremento de producción del cultivo. (Taylor y Sasser, 1983).

### ***Ciclo de vida***

Las hembras colocan los huevos en el interior de una masa gelatinosa compuesta de una matriz de glicoproteínas, la cual es producida por las glándulas rectales en la hembra, esta matriz mantiene los huevos juntos y los protege de las condiciones ambientales extremas y de depredadores. Las masas de huevos usualmente se encuentran sobre la superficie de las agallas en la raíz, aunque también pueden encontrarse en el interior de la agalla. Las masas de huevos son inicialmente suaves, pegajosas y hialinas, pero con el tiempo se hacen firmes y marrón oscuro. Dentro del huevo, se realiza la embriogénesis, que origina el primer estadio juvenil, el cuál muda para dar origen al estado infectivo J2, la eclosión del estadio J2 depende principalmente de la temperatura y de una suficiente humedad, aunque, otros factores, como el crecimiento y aparición de nuevas raíces, modifican la respuesta de la eclosión de los huevos. La habilidad de sobrevivencia de *Meloidogyne* es amplia, debido a varias adaptaciones fisiológicas y bioquímicas, que incluye, retraso en la embriogénesis, quiescencia, diapausa y la reserva de lípidos, que prolonga la viabilidad hasta la eclosión del J2 e invasión al hospedante. En el suelo, el J2 es vulnerable y necesita localizar un hospedante lo más pronto posible, el J2 se adhiere a las raíces, esto es evidente de que cuando raíces de

plantas susceptibles y tolerantes, las susceptibles son las más atractivas. (Moens *et al.*, 2009)

El J2 comienza a alimentarse inmediatamente invade la raíz, la cual usualmente penetra por la punta y se mueve a través de la raíz e iniciar su crecimiento en un sitio permanente de alimentación. El J2 se alimenta de las células del protoxilema y del profloema, en estas células se diferencian dentro de células nodrizas especializadas, las cuales son llamadas células gigantes. En cada célula gigante se encuentra el nematodo sedentario, que crece hasta llegar a tener la forma de pera. Bajo condiciones favorables el J2 muda a J3 después de 14 días, luego a J4 y finalmente el estado adulto. El tiempo combinado del J3 y J4 usualmente de 4 – 6 días, es mucho más corto que el del J2. El J3 y el J4 carecen de un estilete funcional y no se alimentan. Los machos cuando están presentes son vermiformes y no hay evidencia de que ellos se alimenten, en los machos se pueden encontrar poblaciones partenogenéticas cuando las condiciones para el desarrollo de la hembra son desfavorables, como la falta de alimento que hace que haya altas poblaciones de machos (Moens *et al.*, 2009). En la Figura 1 se muestra un diagrama del ciclo de vida de *Meloidogyne*.



**Figura 4.** Ciclo de vida de *Meloidogyne*.

Fuente: (Moens *et al.*, 2009)

### ***Diversidad biológica del género Meloidogyne***

Hasta fines de 1976, por lo menos 36 especies del género *Meloidogyne* habían sido nominadas y descritas lo suficientemente bien de acuerdo a las reglas internacionales de nomenclatura zoológica (Taylor y Sasser 1983). A la fecha se registran cerca de 100 especies del género *Meloidogyne*. (Moens *et al.*, 2009)

Las especies del nematodo del nódulo, han demostrado una gran diversidad en varios aspectos en su ciclo de vida, con respecto a sus requerimientos de temperatura, debido a los cuales, los nematodos del nódulo se dividen en dos grupos: los termófilos y los criófilos, los cuales pueden ser separados por la habilidad de sobrevivir la transición de la fase lipídica que ocurre a 10°C. *M. chitwoodi*, *M. hapla* y probablemente *M. naasi* son criófilos y pueden sobrevivir a una temperatura cerca de 10°C. *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. exigua* son termófilos y no pueden vivir por periodos extendidos y temperaturas cercanas a 10°C. Los nemátodos del nódulo también difieren en el número de generaciones que pueden producir por año, esto varía de acuerdo a la especie y a la disponibilidad de alimento. Usualmente tienen muchas generaciones por año, pero algunas especies como: *M. naasi*, solo tiene una por año. Los nematodos del nódulo han demostrado varios grados de especialización con respecto a su hospedante, usualmente las plantas cultivadas son mejor hospedantes que las malezas, esto es debido a que el hombre a través del tiempo ha venido seleccionando inadvertidamente especies que se han tornado susceptibles o a su vez, los nematodos del nódulo se han venido seleccionando por la repetida exposición de un mismo cultivo al nematodo (Moens *et al.* 2009).

### ***Interacción de Meloidogyne spp., con otros fitopatógenos***

A finales del siglo IXX, se observó que la incidencia y severidad de *Fusarium sp.*, en algodón es mayor en campos infestados con nematodos del nódulo, desde esta primera observación, a la fecha se han realizado un sinnúmero de reportes sobre complejos de enfermedades. (Manzanilla-López y Starr, 2009)

Es bien conocida la interacción de *Meloidogyne spp.*, con los patógenos vasculares tales, tales como, *Fusarium oxysporum* y *Ralstonia solanacearum* en cultivos de

solanáceas, pero es interesante que no haya reportes convincentes a cerca de la interacción entre *Meloidogyne* y la marchites por *Verticillium*, esto se lo confirma mediante experimentos realizados en campos infestados con *M. incognita* y *Verticillium dahliae*, la reducción de la densidad poblacional en lotes fumigados, no reduce la incidencia de la marchites, en relación a la los lotes no fumigados, mientras que para el caso de *Pratylenchus spp.*, si es bien conocida tal interacción con *Verticillium*. (Manzanilla-López y Starr, 2009)

Además, también se conoce la asociación de *Meloidogyne spp.*, con otros nematodos fitoparásitos, es muy común en forma natural en el campo, como por ejemplo: *Helicotylenchus multicinctus*, *Pratylenchus coffeae* y *Radopholus similis*, que frecuentemente son encontrados en asociación con *Meloidogyne spp.*, en raíces de banano. También se pueden encontrar mezclas de poblaciones de: *M. incognita*, *M. hapla* en tabaco y *Pratylenchus brachyurus* en maní. Se ha encontrado también, que *Meloidogyne spp.*, se encuentra coinfectado raíces de soya conjuntamente con *Heterodera glycines* y *M. javanica*. Los anteriores son los casos más conocidos. (Manzanilla-López y Starr, 2009)

### **Manejo y control de *Meloidogyne spp.***

Existen en la actualidad varias técnicas de manejo y control de *Meloidogyne spp.*, tales como, el control cuarentenario, el cual reduce el riesgo de dispersión a través del mercado internacional, pero en la práctica, tal estrategia, no es tan viable, debido a que las especies de *Meloidogyne* se encuentran dispersas alrededor del mundo, salvo una excepción, *M. chitwoodi*, que debido a su importancia económica en papa y zanahoria, se encuentra en la lista de plagas cuarentenarias en USA, Canadá, México y otros países de Latinoamérica. Los métodos de control cultural y físico, han sido utilizados con distintos resultados, pero, a menudo este método solo es de relevancia local o regional, por ejemplo, la solarización del suelo, es solo usada en regiones donde se dispone de la suficiente energía solar por largos periodos de tiempo. (Moens *et al.*, 2009)

En algunos casos, donde existe bastante incidencia de radiación solar, se puede realizar arados a un intervalo de dos a cuatro semanas, con la finalidad de exponer directamente los huevos y J2, produciendo su disecación y matando aquellos que



se encuentren en la capa más superficial del suelo. A demás, las densidades poblacionales se pueden reducir por medio de la incorporación de materia orgánica, la inundación del suelo a una profundidad de 10 cm o más por varios meses es una práctica efectiva. Los efectos adversos que produce *Tagetes spp.*, es muy variable, su efecto depende de la especie de tagetes que se use y de la población de *Meloidigyne*, por ejemplo: al parecer la reducción de la densidad poblacional de *M. incognita* por marigol (*Tagetes patula*), es en primer lugar por el efecto antagonista o efecto de planta trampa, es decir, el J2 ingresa a la raíz, pero no hay formación de células gigantes ni tampoco una respuesta de hipersensibilidad. (Moens *et al.*, 2009)

La era de los nematicidas fue desde los años 50 hasta los 80, en la que fue muy dominante, debido a que no se prestaba atención a otros sistemas de manejo durante esos años. En los años 70 se inició el uso de los fumigantes como el 1,2-dibromo-3-cloropropano, el cual fue enormemente restringido o prohibido completamente. Actualmente, la lista de nematicidas y la efectividad de los mismos es muy corta, esto se debe en parte al pequeño mercado en relación al de los herbicidas o insecticidas y se tiene pocas perspectivas de nuevos compuestos eficaces en un futuro cercano. (Moens *et al.*, 2009)

## **Reacción de 34 cultivares de *Capsicum sp.*, a *Meloidogyne incognita* (Kofoit & White, 1919) Chitwood, 1949 en invernadero**

Jefferson Bertín Vélez Olmedo<sup>1</sup>; Manuel Canto-Saenz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>jbvelez@utm.edu.ec Facultad de Ingeniería Agronómica - Universidad Técnica de Manabí Laboratorio de Fitopatología. Vía Portoviejo-Santa Ana, Km 15 Lodana-Santa Ana.

<sup>2</sup>mcanto@lamolina.edu.pe Departamento de Fitopatología. Universidad Agraria La Molina. Lima Perú.

### **RESUMEN**

Los 18 cultivares comerciales mostraron ser susceptibles en la primera fase del experimento, solo tres PX 1142-2363, PS 9927141 y PX 1144-6351, mostraron tolerancia frente al nematodo del nódulo. Los tres cultivares seleccionados obtuvieron menores valores de: Índice de nodulación y una tasa de reproducción (Tr) menor a 1,2; los tres cultivares se consideran hospedantes no eficientes. Además, obtuvieron, los mayores registros de peso fresco y seco del follaje y mayor rendimiento de producción, en relación a los testigos comerciales. En las 16 entradas silvestres probadas no se encontró resistencia al nematodo del nódulo, puesto que, todas demostraron ser susceptibles en la primera fase del experimento. En el análisis estadístico de los tratamientos se observaron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y sin inocular, donde se observó la formación de tres grupos, los tratamientos 3 y 8 (inoculado y sin inocular respectivamente) no se observaron diferencias estadísticas entre ellos, pero sí, con los demás tratamientos, corresponden al grupo I, los tratamientos 1 y 6 (inoculado y sin inocular respectivamente), 2 y 7 (inoculado y sin inocular respectivamente), 5 y 10 (inoculado y sin inocular respectivamente) y el tratamiento 9 (Tomate sin inocular) no hubo diferencia estadística entre ellos, pero si, con los demás tratamientos del ensayo y se agruparon en el grupo II. El tratamiento 4 (Tomate inoculado), se ubicó en el grupo III, fue diferente al resto de los tratamientos y significativamente diferente a su par no inoculado el tratamiento 9.

**PALABRAS CLAVE:** Nemátodo del nódulo, Resistencia, Tolerancia.

## **INTRODUCCIÓN**

Los nematodos del nódulo miembros del género *Meloidogyne*, están presentes a través de todo el mundo, especialmente en áreas de climas cálidos y de inviernos cortos o suaves, atacan a más de 2000 especies de plantas incluyendo a la mayoría de todas las plantas cultivadas, reduciendo la producción de los cultivos en el mundo (Agrios 2005, Moens *et al.* 2009). Cuando las plantas susceptibles son infectadas en estados tempranos, las pérdidas son grandes y pueden causar la destrucción total del cultivo, mientras que infecciones tardías pueden causar efectos ligeros o reducir considerablemente las cosechas (Agrios 2005). *Meloidogyne* es sedentario (Agrios, 2005, Karssen and Moens 2006, Moens *et al.*, 2009), se reproduce y se alimenta de células modificadas de la planta en el interior de las raíces, induciendo pequeños o grandes nódulos de donde se deriva su nombre vulgar (Moens *et al.* 2009). Varios nematodos pueden atacar a las especies de *Capsicum sp.*, pero, *Meloidogyne*, es el que produce más severos daños en el pimiento (*Capsicum sp.*). (Nuez *et al.*, 1996)

El presente trabajo de investigación tiene como objetivos. a) Determinar la resistencia de cultivares comerciales a *Meloidogyne incognita*, bajo condiciones de invernadero y b) Buscar resistencia en las entradas colectadas de especies de *Capsicum sp.*, no comerciales.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Obtención del inóculo**

Se extrajeron los huevos de *Meloidogyne incognita*, de las raíces de tomate por el método de hipoclorito de sodio. (Canto, 2008)

### **Incremento del inóculo**

Utilizando plántulas de tomate de 5 cm de altura plantadas en macetas de 2 kg, se procedió a inocular 10 huevos/g de suelo lo que es igual a 20.000 huevos/maceta. El inóculo se extrajo después de 30 días realizando en procedimiento de obtención de inóculo.

### **Desarrollo del trabajo de investigación**

El trabajo de investigación constó de dos partes, una fase preliminar y una final, el sustrato a usarse en ambos casos fue de 2:1 suelo y arena de río respectivamente.

En este trabajo se probaron 18 cultivares comerciales y 16 entradas silvestres colectadas.

### **Fase preliminar**

En esta fase evaluó y seleccionó a partir de macetas con capacidad de 0,5kg de sustrato en las cuales se trasplantó plántulas de 5 cm de altura. Al día siguiente del trasplante se procedió a inocular 5000 huevos/maceta por cinco repeticiones, en esta fase se trabajó con todos los materiales a ser probados, esta fase duró 30 días, al final de la misma se evaluó el índice de nodulación y seleccionó solo aquellos materiales que alcanzaron hasta grado 2 (3-10 nódulos o masas de huevos) según la escala del proyecto internacional de *Meloidogyne* (PIM) y también aquellos materiales que tuvieron un mayor peso radicular. Como testigo susceptibles se usaron los cultivares paprika (King) y tomate (Rio grande estándar), inoculado con *Meloidogyne* y sin inocular.

### **Fase final**

Con los materiales seleccionados en la primera fase, se estableció un experimento, 8 repeticiones de cada tratamiento inoculado con el nematodo y 8 repeticiones de cada tratamiento sin inocular. Cuatro semanas después de la inoculación, se evaluó el índice de nodulación usando la escala del (PIM), utilizando 2 repeticiones por cada mes. Al final del experimento con las repeticiones restantes, se calculó la tasa de reproducción del nematodo, la cantidad de individuos/g de raíz y análisis estadístico de la producción. El modelo completamente al azar (DCA), fue utilizado como diseño experimental para la realización del análisis estadístico de la producción.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De la fase preliminar solo se seleccionaron tres cultivares comerciales, mientras que de las entradas silvestres no se seleccionó ninguna, debido a que todas fueron susceptibles.

### **Fase final**

Debido que ningún cultivar comercial mostró resistencia a *M. incognita*, los parámetros de cantidad de nódulos y peso promedio de raíz, se utilizaron en forma alternativa, para seleccionar los cultivares y determinar nivel de tolerancia.

El índice de nodulación mensual de los cultivares seleccionados de cada tratamiento se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Índice mensual de nodulación causado por *Meloidogyne incognita*.

Tratamiento	Nodulación			
	30 días	60 días	90 días	120 días
PX 1142-2363	12	22	34	50
PX 1144-6351	24	28	37	40
PS 9927141	31	67	75	91
Tomate cv. Rio grande	-	-	-	-
Papriking	35	61	79	93

El cultivar PX 1144-6351 fue el que obtuvo menor índice de nodulación con 40 nódulos al final de la prueba, seguido por el cultivar PX 1142-2363 con 50, luego el cultivar PS 9927141 con 91 nódulos. Los testigos comerciales, en el caso del Papriking, ocuparon el penúltimo lugar, debido a la presencia de 93 nódulos, El Tomate Río Grande estándar inoculado murió antes del primer mes posterior a la inoculación, por tal motivo, no se pudo realizar ninguna evaluación.

**Cuadro 2.** Tasa de reproducción de *Meloidogyne incognita* vs los cultivares de cada tratamiento a los 120 días.

Tratamiento	Pf	Pi	Tr*	N° de individuos	Raíz peso total (g)	N° indiv/g raíz
PX 1142-2363	7200	20000	<b>0.36</b>	7200	6	<b>1200</b>
PX 1144-6351	7600	20000	<b>0.38</b>	7600	11.9	<b>638</b>
PS 9927141	9400	20000	<b>0.47</b>	9400	10	<b>940</b>
Papriking	13520	20000	<b>0.68</b>	13520	5	<b>2704</b>
Tomate cv. Rio grande	-	20000	-	-	-	-
<b>*0 - 1.2 = hospedante no eficiente.</b>						
<b>Mayor a 1.2 = hospedante eficiente.</b>						

Dónde: Tr = Tasa de reproducción

### **Tasa de reproducción del nematodo a los 120 días**

La tasa de reproducción de cada tratamiento se muestra en detalle en el Cuadro 2.

Para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:  $Tr = Pf/Pi$

La tasa de reproducción más baja la obtuvo el cultivar PX 1142-2363 con un valor de 0,36 seguido por el cultivar PX 1144-6351 con un valor de 0,38 seguido del cultivar PS 9927141 con un valor de 0,47 y por último el cultivar Papriking, con un valor de 0,68; según la fórmula para el cálculo de la tasa de reproducción ( $Pr = Pf/Pi$ ).

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se logró determinar que 34 cultivares comerciales de *Capsicum spp.* Comercializados en Perú y las entradas silvestres fueron susceptibles al nematodo del nódulo *Meloidogyne incognita*, debido a que en todos tratamientos inoculados se pudo observar la presencia de nódulos característicos a los causados por *Meloidogyne spp.*

Solo tres comerciales, fueron tolerantes al nematodo del nódulo. Las variedades PX 1144-6351, PS 9927141, PX 1142-2363, fueron las que mostraron menor tasa de reproducción del nematodo y menor cantidad de nematodos por gramo de raíz respecto al testigo comercial Papriking.

De las tres variedades seleccionadas, la variedad PX 1142-2363 fue la que alcanzó los mejores valores de los parámetros evaluados en el ensayo, el cual fue estadísticamente diferente a los valores de parámetros obtenidos por las variedades PX 1144-6351, PS 9927141 en segundo y tercer lugar respectivamente.

Se recomienda realizar el experimento en campo abierto con la finalidad de obtener resultados definitivos y complementarios al trabajo en invernadero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. Fifth edition. Elsevier Academic Press. California, EE.UU.
- Aguilar, J.; Baixauli, C. (2002). *Cultivos sin suelo de hortalizas: Aspectos prácticos y Experiencias*. Generalitat valenciana. Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació. Serie divulgativa técnica no 53. Valencia, España. p. 110
- Aguilera, L.; Olalde, V; Arriaga, R; Contreras, R. (2007). *Micorrizas*. *Ciencia Ergo* Sum año/vol. 14, nº 003. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. p. 300 - 306
- Alarcon, A. (2000). *Los cultivos hidropónicos de hortalizas extratemperadas*. Dto de Producción agraria. Área de edafología y química agrícola. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Colombia.
- Alvim P.T. (1973). *Factors affecting flowering of coffee*. In: SRB, A.M. (ed), *Genes, enzymes and population*. New York, EE.UU. Plenum Press.p. 193-202
- Anecacao, (2011). *Cacao en Ecuador* (en línea). Consultado el 8 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.anecacao.com/index.php/es/cacao-en-ecuador.html>
- Aranda, J. (2010). *Estudio del Drenaje en el cultivo sin suelo de fresa*. Trabajo final para optar por el título de Master en tecnología Ambiental y Gestión del Agua. UNIA (Universidad Internacional de Andalucía) y UHU (Universidad de Huelva). Heulva, España. p. 83
- Artetxe, A.; Beunza, A. y Terres, V. (1997). *Caracterización física de los sustratos de cultivo*. *Horticultura: Revista de hortalizas, flores, plantas ornamentales y vivero*. Nº 125. p. 38-41.
- Azofeifa, A.; Moreira, M. (2004). *Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum*. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica*. *Agronomía Costarricense* 28 (1): 61-62.

- Barbosa, R.; Herrera, J. (1990). El vigor en la semilla de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. *Agronomía Costarricense* 14 (1): 1 – 8.
- Barcelló, J. (1980). Fisiología vegetal. Madrid, España. Piramide S.A. p. 750
- Barcelló, J.; Nicolas, R.; Sabater, G. y Sanders, T. (1981). Fisiología vegetal. Madrid, España. Pirámide S.A.
- Baudry, J. (2003). Agricultura, paisaje y conectividad. *In* Conectividad Ambiental: Las áreas protegidas en la cuenca mediterránea. Editorial Sevilla. Consejería de Medio Ambiente, Dirección General de la RENP y Servicios Ambientales. Junta de Andalucía. Málaga, España. p. 71 – 82
- Benzing, A. (2001). Agricultura orgánica \_ fundamentos para la región andina. Editorial: Neckar –Verlag. Villingen \_Schuewnigen. Alemania. 682 p.
- Berthaud J., Charrier A. (1988). Genetic resources of *Coffea*. In: Clarke RJ, Macrae R (eds) Coffee, vol. 4, Agronomy. pp.1–42. Elsevier Applied Science, London.
- Bertsch, F. (1998). La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. 157 p.
- Bidwell, R. (1979). Fisiología Vegetal. Madrid, España. p. 485
- Brust, G.; Egel, D.S.; Maynard, E.T. (2003). Organic vegetable production. Purdue University. Cooperative extensión service. Indiana, EE.UU. 19 p.
- Cañarte, E.; Valarezo, O.; Navarrete, B.; Bautista, N. (2005). Control biológico del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella*: Estudio del caso *Ageneaspis citrícola* en Ecuador. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Manual nº 64. Portoviejo, EC. 58p.
- Canto, M. (2008). Manual de Nematología. Separata del curso de Nematología Agrícola. UNALM, EPG, Especialidad de Fitopatología. Lima, Perú. p. 11
- Carrillo, C. (1989). Curvas de extracción y concentración de Macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg), en Cebolla (*Allium cepa* L.) Cv. “Texas Early Grano 502”. Tesis Univ. Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 75



- Champan, H.; Pratt, P. (1979). Método de análisis para suelos. Plantas y aguas. México. Editorial Trillas. p. 195.
- Chapman, H.; Pratt, P. (1973). Método de análisis para suelos. Plantas y aguas. Centro regional de ayuda técnica A. I. D. México. Editorial Trillas. p. 193
- Chen, J.H. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizer and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. In international workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use. Bangkok, Tailandia. 11p.
- Cook, R. and Starr, J. L. (2006). Resistant Cultivars. In: Perry, N. R., and M. Moens. eds. Plant Nematology. Cabi. Wallingford, UK. p. 370-391
- Coyne, D. L.; Nicol, J. M. and B, Claudius-Cole. (2007). Practical Plant Nematology: a field and laboratory guide. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin. p. 82
- Dedecca, D.M. (1957). Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. Typica Cramer. Bragantia 16: 315-355.
- Dias, M.C.L.L, Barros A.S.R. (1993). Conservação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) em diferentes embalagens. Rev. Bras. Sem. 15:197-202.
- Duicela, L.; Corral, R. (2004). Caficultura Orgánica: Alternativa de Desarrollo Sostenible. Cofenac – PROMSA, EC. 110 p.
- Dussert, S.; Chabrillange, N.; Engelmann, F.; Anthony, F.; Hamon, S. (1997). Cryopreservation of coffee (*Coffea arabica* L.) seeds: importance of the precooling temperature. CryoLetter 18:269–276.
- Eira, M.T.S. (1999). Estudos biofísicos da tolerância à desidratação e baixa temperatura em sementes e embriões de *Coffea*. Brasília, Universidade de Brasília. PhD thesis.
- Ellis, R.H., Hong, T.D., Roberts E.H. (1990). An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. J. Exp. Bot. 41:1167–1174.

- Ellis, R.H; Hong T.D; Roberts E.H. (1991). An intermediate category of seed storage behaviour? II. Effects of provenance, immaturity and imbibition on desiccation tolerance in coffee. *J. Exp. Bot.* 42:653-657.
- Estanislau, W.T. (2002). Modelo funcional de desenvolvimiento de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*). Lavras, Universidade Federal de Lavras. MSc Thesis.
- Estrada, J. (2011). NIM: Agroindustria, Salud y Medio Ambiente. La Habana, CU 198 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). (1991). Anuario de producción. Plan de acción mundial para la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Roma, Italia. p. 70.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). (2003). La huerta hidopónica popular, Curso audiovisual. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Manual técnico. 3ra Edición ampliada y revisada. Santiago, Chile. p. 131
- Giorgini J.F.; Campos C.A.S.P. (1992). Changes in the content of soluble sugars and starch synthesis and degradation during germination and seedling growth of *Coffea arabica* L. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 4:11-15.
- Giraldo, L. A. (1996). El papel de la Agroforestería en la Producción Animal y el Medio Ambiente. IN: Memorias Primer Seminario Nacional Agroambiental. El manejo ecológico de la producción y la sanidad agropecuaria. Mederllin, Colombia. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. p. 51-67.
- Guerreiro Filho O. (1992). *Coffea racemosa* Lour. Une revue. *Café Cacao Thé* XXXVI:171-186.
- Guevara, E.; Herrera, J.; Alizaga, R. (1997). Efecto del sustrato y su condición hídrica sobre la germinación de semilla de café Caturra. *Agronomía Costarricense* 21 (2): 207 – 216. Costa Rica.
- Hernández, S.; Dávila, P.; Oyama. K. (1999). Síntesis del conocimiento taxonómico origen y domesticación del género *Capsicum*. *Bol. Soc. Bol. México.* 64: 65-84.

- Hong T.D.; Ellis R.H. (1995). Interspecific variation in seed storage behaviour within two genera – *Coffea* and *Citrus*. *Seed Sci. Technol.* 23:165-181.
- Huxley, P.A. (1964). Some factors which can regulate germination and influence viability of coffee seeds. *Proc. Intern. Seed Test Assoc.* 29:33-60.
- IFOM (International Federation of Organic Agriculture Movements, Alemania). 2005. The IFOAM norms for organic production and processing. Bonn, Alemania. p. 127
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador). (2009). Informe Técnico 2008: Departamento Nacional de Protección Vegetal, Estación Experimental del Litoral Sur “Enrique Ampuero Pareja”. INIAP. Guayaquil. EC. 141 p.
- Karssen, G. and M, Moens. (2006). Root-Knot Nematodes. In: Perry, N. R., and M, Moens. eds. *Plant Nematology*. Cabi. Wallingford, UK. p. 59-90
- King M.W.; Roberts E.H. (1979). The storage of recalcitrant seeds - achievements and possible approaches. Rome, IBPGR.
- Krug, C.A.; Carvalho, A. (1939). Genetical proof of the existence of coffee endosperm. *Nature* 144:515.
- Lara, H.A. (1999). Nutrient Solution Management in the Hydroponic Production of Tomato. *Terra*. 17: 221- 229.
- Llerena, A. (2009). Efecto de la simbiosis entre *Bradyrhizobium japonicum* con micorrizas arbustulares para mejorar la producción de soya en el litoral ecuatoriano. UCSG – SENACYT. Guayaquil, Ecuador. p. 55
- Lombricorp. (2009). Biofertilizante micorrízico para obtener cultivos más sanos y productivos. Guayaquil, EC. Boletín divulgativo. p. 2
- Manzanilla-López, R. and J. L. Starr. Interactions with Other Pathogens. In: Perry, R. N., M, Moens. and J. L, Starr. eds. (2009). *Root-Knot Nematodes*. Cabi. Wallingford, UK. p. 488

- Maroto, J. (1995). Horticultura herbácea especial. Madrid, España. Mundi-Prensa. p. 400, 402- 407.
- Mendes, A.J.T. (1941). Cytological observations in *Coffea*. VI. Embryo and endosperm development in *Coffea arabica* L. Am. J. Bot. 28:784-789.
- Mendoza, J. (1980). Comparación de Diferentes Sitios de Crianza para Insectos Polinizadores del Cacao. Tesis Ingeniero Agrónomo. Portoviejo, EC. Universidad Técnica de Manabí, 69 p.
- Mengel, K.; Kirkby, E. (1978). Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Wonblaufen- Bern. Switzerland. p. 594.
- Mengel, K.; Kirkby, E. (2000). Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Berna, Suiza. p. 692
- Miller, C.; Mc Collum, R.; Claimon, S. (1979). Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) and accumulation during ontogeny in field environments. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 104 (6):852-857.
- Miranda J.M.; Carvalho M.M.; Carvalho, M.L.; Vieira MG. (1993). Estudos de alguns fatores que influenciam a viabilidade de sementes de café. Rev. Bras. Sem. 15:215-220.
- Mite, F.; Motato, N. (1992). Suelos y fertilizantes. In. Manual del cacao. Segunda edición. Estación Experimental Tropical Pichilingue, INIAP. INIAP – PROTECA. Quevedo, Ecuador. Manual N° 25. p. 70 - 88
- Moens, M.; Perry, R. N. And Starr, J. L. 2009. *Meloidogyne* Species – a Diverse Group of Novel and Important Plant Parasites. In: Perry, R. N., M, Moens. and J. L, Starr. eds. 2009. Root-Knot Nematodes. Cabi. Wallingford, UK. p. 488
- Motato, N. (2010). Abonamiento y riego. Guía para el manejo del cultivo de cacao en Manabí. INIAP – SENACYT. Estación Experimental Portoviejo. Manabí, Ecuador. (Manual N°75). p. 41 – 63
- Motato, N.; Cedeño, J.; Solórzano, G. (2008). Elaboración y uso de abonos orgánicos para el cacao que se cultiva en Manabí. INIAP- GTZ. Estación Experimental Portoviejo. Manabí, Ecuador. (Boletín divulgativo N° 334). p. 20

- Nuez, F.; Gil, R. y Costa, J. (1996). El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Mundi Prensa. Madrid, España. p. 607
- Nugent, R. (2000). The impact of urban agriculture on the household and local economies. In *Growing Cities, Growing Food: Urban Agriculture on the Policy Agenda. A Reader on Urban Agriculture* (Eds N. Bakker, M. Dubbeling, S. Gündel, U. Sabel-Koschella & H. De Zeeuw), pp. 67-97. Feldafing, Germany: DSE/ETC.
- Olvera, G.; Sánchez, R.; Ochoa, R.; Rodríguez, F. (1998). Una hortaliza de México para el mundo. *Claridades Agropecuarias*. 56: 3-5.
- Orellana, F. 2000. El cultivo de chile dulce. Guía técnica. San Salvador, el Salvador. Centro Nacional de tecnología agropecuaria y forestal. p. 9 -19.
- Ortega, H. y Terrazas, M. (2000). Efecto de microconcentraciones de nutrientes de plantas de chile jalapeño, pimiento morrón y tomate bajo técnicas de hidroponía en invernadero. Tesis de Licenciatura de ciencias químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. p. 30 - 34.
- Palacios, J. (1995). Absorción periódica de nutrientes por el cultivo de Cebolla (*Allium cepa* L.) Cv. "Roja Arequipeña", bajo diferentes sistemas de fertilización en Paramonga. Tesis Univ. Nac. Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 76
- Palencia, G; Gómez, R; Guiza, O. (2009). Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L) (en línea). Consultado el 13 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/CartillaCacao.UT3.pdf>
- Pari, D. (1996). Absorción de nutrientes en camote variedad futura bajo diferentes condiciones de fertilización. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima, Perú, p.130.
- Peñarreta, P. (2007). Estudio comparativo de varios sustratos en la germinación y crecimiento de plántulas de borjój (*Borojoa patinoi Cuatrec*) en vivero en el cantón Quinindé. Tesis Ing. Agro. Portoviejo, Ecuador. UTM. p. 60.

- Perero, G. (2002). Efecto de seis sustratos orgánicos en vivero de dos clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) Tesis Ing. Agro. Portoviejo, Ecuador. UTM. p. 91
- Pérez C, N. (2005) Manejo Ecológico de Plagas. CEDAR. La Habana. CU. 296 p.
- Pilatti, R. (1997). Cultivo bajo invernaderos. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur, p. 15- 27, 36.
- Quiroz, C. (1988). Determinación de las curvas de Macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en Melón (*Cucumis melo L*) Cv. "Honey Dew Green Flesh". Bajo diferentes dosis de fertilización. Tesis Univ. Nac. Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 100
- Rena, A.B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T. (1986). Cultura do cafeeiro - fatores que afetam a produtividade. Potafos, Piracicaba.
- Resh, H. M. (1992). Cultivos hidropónicos. 3th edición. Madrid, España. Mundi-Prensa.p. 429
- Rincón, L.; Saez, J.; Balsalobre, E.; Pellicer, M. (1993). Nutrición del pimiento ancho. Hortofruticultura 5: 37-41.
- Roberts E.H. (1973). Predicting the storage life of seeds. Seed Sci. Technol. 1:499-514.
- Rodríguez, M.; Motato, N.; Zambrano, O.; Carvajal, T. 2010. Manejo Técnico del Cultivo de Cacao en Manabí. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Manual nº 75. Portoviejo, EC. 140 p.
- Salas, C.; García, D. (2004). Comportamiento del pimiento (*Capsicum annum L.*) y tomate (*Lycopersicon sculentum M.*) cultivados en varios sustratos semi-hidropónicos. Tesis Ing. Agrop. Manta, Ecuador. p. 75
- Sevilla P. R. y Holle, S. M. (2004). Recursos Genéticos Vegetales. Perú. Ediciones Torre Azul SAC.p. 445
- Smith, P. (1966). Los ajíes cultivados del Perú. N. C. Bulletin nº 306.

- Soto, G.; Meléndez, G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. In Manejo integrado de plagas y agroecología N° 72. CATIE. Turrialba. CR. p. 91-97.
- Steiner, A. 1968. Soilless culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italia. p. 325-341.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (1991). Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, inc. Redwood City, California, EE.UU. p. 556.
- Taylor D.R.; Fahrig L.; Henein K. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. OIKOS 1993; 68:571-3.
- Taylor, A y Sasser, J. (1983). Biología, Identificación y Control de los Nemátodos de Nódulo de la Raíz. Artes Gráficas de la Universidad del Estado de Carolina del Norte, Raleigh, EE.UU. p. 111
- Taylor, P.D.; Fahrig, L.; Henein, K. y Merriam, G., (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. Oikos 68: 571-573.
- USDA. (2012). United States Department of Agriculture. Revisado el 25 de Febrero del 2013. Disponible: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=CAAN4>.
- Valarezo, O.; Cañarte, E.; Navarrete, B. (2004). Distribución, Bioecología y Manejo de *Phyllocnistis citrella* Stainton en Ecuador. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Manual n° 62. Portoviejo, EC. 47p.
- Valarezo, O.; Cañarte, E. Navarrete, B. (2008). El Nim: Insecticida botánico para el manejo de plagas agrícolas.. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Boletín divulgativo n° 465 Portoviejo, EC. 14p.
- Valio, IFM. (1980). Inhibition of germination of coffee seeds (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo) by the endocarp. J. Seed Technol. 5:32-39.
- Vásquez, L.L. (2003) Manejo integrado de plagas. Preguntas y respuestas para extensionistas y agricultores/./L.Vásquez\_La Habana. CU:INISAV. 566 p.
- Vera, J. (2003). Tecnologías para la producción de café arábigo orgánico. COFENAC – PROMSA. Ecuador. p. 346

Viets, F. (1965). The plants need for and use of nitrogen. In: Bartholomew Soil Nitrogen. Series Agronomy 10: 503- 549. Madison Wisconsin, EE.UU.

Wormer, T. (1964). The growth of the coffee berry. Ann. Bot. 28:47-55.

Zambrano, E. (2004). Evaluación de varias dosis y frecuencias de aplicación de microorganismos efectivos (E.M) en vivero de cacao (*Theobroma cacao L.*) Tesis Ing. Agr. Portoviejo, Ecuador. UTM. p. 69



**CAP**

**04**



## **GESTIÓN**

**Edison Cuenca Cuenca**

**Juan Ramón Flor**

**Mariel Yglesias González**

#### **4.1 Metales pesados en suelos agrícolas**

El término metal pesado se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una densidad relativamente alta, sea tóxico y/o venenoso en concentraciones incluso muy bajas (Lucho *et al.*, 2005); tienen una densidad igual o superior a  $6 \text{ g/cm}^3$  cuando se encuentra en forma elemental y en número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos o alcalinotérreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%. (Kabata-Pendias y Pendias, 1992)

Algunos autores consideran esta definición un tanto ambigua y prefieren utilizar la denominación de metales traza (Ward, 1995). Bajo esta denominación se engloban todos los elementos presentes a concentraciones no detectables mediante técnicas de análisis clásicas, de forma que se considera elemento traza a los elementos detectables en un rango de concentración de 100 a  $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$  y se reserva el término ultratrazo a niveles comprendidos entre  $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$  y  $10 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$ .

#### ***Factores que afectan la Disponibilidad de los Metales Pesados en los Suelos***

Los factores que afectan la disponibilidad de los metales están relacionados con la meteorización química de la roca madre (Ross, 1994). La solubilidad de los elementos pesados puede estar afectada por las características presentadas por estos, pues existe una interacción entre ellos.

#### ***El pH***

El pH del suelo es el principal factor que condiciona los procesos de adsorción en el suelo y la actividad de los metales (Houba *et al.*, 1996). Es la característica edáfica que más afecta a la adsorción de cadmio, cobre y plomo (Basta *et al.*, 1993). La forma en que el pH afecta a la adsorción de los metales en el suelo ha sido explicada por diversos mecanismos. Algunos de estos mecanismos son la precipitación, la hidrólisis metálica seguida de la adsorción de las especies de metales y la competencia de los cationes metálicos por los sitios de intercambio (Basta y Tabatabai, 1992) o la ionización de grupos superficiales, el desplazamiento del equilibrio en las reacciones de complejación superficiales, la competencia con  $\text{H}_3\text{O}^+$  y  $\text{Al}^{3+}$  por los sitios negativos y los cambios en la especiación metálica (Msaky y Calvet 1990). Además, generalmente, los metales

quedan retenidos en el suelo a pH básicos, mientras que a pH ácidos los metales están más solubles siendo, por lo tanto, mayor su disponibilidad para las plantas. (Ross, 1994). No obstante, existen excepciones, pudiendo estar algunos metales, como el arsénico, selenio y cromo hexavalente, más biodisponibles a pH básicos. (McLean y Bledsoe, 1992)

### ***Materia orgánica***

Los constituyentes de la materia orgánica le proporcionan sitios para la adsorción de metales (grupos funcionales con comportamiento ácido, tales como carboxílicos, fenólicos, alcohólicos, enólicos-OH y grupos aminos), pudiendo ser la principal fuente de la capacidad de intercambio catiónico en las capas superficiales del suelo (McLean y Bledsoe, 1992). Incluso en suelos agrícolas, generalmente con bajas concentraciones de materia orgánica, la contribución de la materia orgánica a la capacidad de intercambio catiónico es significativa, aunque varía en función del tipo de suelo (Kabata-Pendias, 2004). Además, la materia orgánica puede retener a los metales tanto por su capacidad de intercambio catiónico como por su capacidad quelante. (Adriano, 2001)

La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales, como es el caso del Cu, que puede quedar en posición no disponible para las plantas. Es por ello que algunas plantas, de suelos orgánicos, presentan carencia de ciertos elementos como el Cu. Por otra parte el Pb y el Zn forman quelatos solubles muy estables. La complejación por la materia orgánica del suelo es una de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bioasimilación de metales pesados. La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión. La estabilidad de muchos de estos complejos frente a la degradación por los organismos del suelo es una causa muy importante de la persistencia de la toxicidad. Pero también la presencia de abundantes quelatos puede reducir la concentración de otros iones tóxicos en la solución del suelo. (García y Dorronsoro, 2011)

### **Calcio**

La presencia de altas concentraciones de calcio en los suelos puede reducir la absorción de metales pesados como el cadmio y el cobre por parte de las plantas, debido a que existe una competencia iónica entre ellos, de la misma manera las altas concentraciones de estos metales pesados puede reducir la absorción de calcio y bajar la concentración de este elemento a nivel de raíces, hojas y frutos de las plantas. (Österas y Greger, 2006)

En la mayoría de suelos donde se evidencia la presencia de calcio, no únicamente se lo encuentra como calcio libre, sino que puede presentarse como carbonato y fosfato de calcio, en esta situación el cadmio puede ser controlado por la alcalinización del suelo y precipitar al metal pesado, además el efecto competitivo del calcio y las consecuencias fisiológicas y químicas de un incremento del pH del suelo disminuyen la absorción de cadmio por las raíces del cultivo. (Contreras *et al.*, 2002)

### **Composición granulométrica de los suelos**

La composición granulométrica de los suelos tiene una gran importancia en la retención de los metales debido, fundamentalmente, a la capacidad de adsorción de las arcillas. Esta situación provoca que una mayor o menor concentración de arcilla condicione, en gran medida, el contenido de metales en los suelos, pudiendo incluso relacionarse los contenidos medios de metales pesados agrupándolos en función de las texturas de los suelos analizados. (Assadian *et al.*, 1998)

### **Carbonatos**

En suelos mediterráneos, los carbonatos también pueden tener un papel importante en la retención o solubilidad de los metales en el suelo, al proporcionar sitios superficiales para las interacciones con los metales pesados, adsorción o reacciones de precipitación y, de manera indirecta, por el efecto que los cambios de pH tienen en otros constituyentes del suelo (Martínez y Motto, 2000). La correlación positiva que se establece entre la concentración de cadmio y el contenido de carbonatos en suelos carbonatados naturales sin cultivar ni contaminar, confirma la importancia de los carbonatos en la acumulación de

metales. Esta correlación puede ser debida a la gran afinidad del cadmio por los carbonatos, debido a su adsorción al carbonato de calcio o a la formación de precipitados de carbonatos de cadmio (Stalikas *et al.*, 1999). La precipitación de carbonatos de cadmio predomina cuando hay elevadas concentraciones de cadmio, mientras que a bajas concentraciones de cadmio la adsorción química conlleva la formación de complejos de superficie (Papadopoulos y Rowell, 1988). Por otro lado, el cobre y el zinc, aunque con menor fuerza que el cadmio, también son adsorbidos por los carbonatos. (Papadopoulos y Rowell, 1989)

## **Toxicidad de cadmio en maíz (*Zea mays* L.) en un suelo arenoso bajo invernadero en Lima - Perú**

Edisson Cuenca Cuenca<sup>1</sup>; Oscar Loli Figueroa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ecuenca@utm.edu.ec. Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Técnica de Manabí. Vía a Santa Ana, km 15, cantón Santa Ana, Manabí (Ecuador).

<sup>2</sup>Ololi@lamolina.edu.ec Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú

### **RESUMEN**

El presente trabajo fue conducido bajo condiciones de invernadero, en el laboratorio de Fertilidad del Suelo de la UNALM. Macetas conteniendo 4 kg de arena fina fueron empleadas como unidades experimentales. El cadmio fue aplicado en forma de cloruro de cadmio. Los niveles críticos del cadmio que afectan el desarrollo de las plantas de maíz fueron previamente determinados mediante un ensayo preliminar en el cual se efectuaron tres siembras en diferentes épocas (01, 30 y 90 días después de la contaminación). Los niveles de cadmio aplicados al sustrato fueron 0, 50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg Cd kg<sup>-1</sup>. A medida que se aumentó la concentración de cadmio en el suelo las plantas de maíz redujeron su producción de materia seca, hasta la concentración de 100 mg Cd kg<sup>-1</sup> se vieron menos afectadas, y conforme se realizaron las repeticiones a través del tiempo el efecto del cadmio se vio reducido.

**PALABRAS CLAVE:** Macetas, nivel crítico, materia seca, metales pesados.

### **INTRODUCCIÓN**

La contaminación del suelo por metales pesados es uno de los problemas ambientales más severos en la agricultura, pues además de ser muy difícil de resolver, también se encuentran ampliamente difundido en muchas actividades relacionadas tales como, la minería, la fundición, la galvanoplastia y el refinado del oro (Acosta *et al.*, 2007). De acuerdo con Wagner (1993), la concentración de Cd en la solución del suelo no contaminado está en un rango de 0,04 - 0,32 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que moderadamente suelos contaminados contienen 0,32 - 1,00 mg kg<sup>-1</sup> de Cd. En las plantas el Cd es uno de los metales pesados que más se absorbe fácilmente y se traslada rápidamente, lo que explica que ejerce toxicidad tan fuerte, incluso en concentraciones relativamente bajas (Seregin y Ivanov, 1998). Los

principales peligros ambientales de la transferencia de metales pesados desde el suelo a las plantas son; la entrada de los metales en la cadena trófica, la pérdida de cobertura vegetal o cosecha por su fitotoxicidad y la absorción de metales desde el suelo por plantas tolerantes que pueden producir efectos tóxicos en la flora y la fauna. (Kabata- Pendias, 2004)

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se efectuó en el Laboratorio de Fertilidad de Suelo de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

El análisis del respectivo suelo muestran las siguientes características: una clase textural arenosa, pH (8,12) moderadamente alcalino, contenido bajo de materia orgánica (0,02 %), nivel de P (1,3 mg kg<sup>-1</sup>) y K (56 mg kg<sup>-1</sup>) disponible bajo, CIC (1,92) baja, y la presencia de cadmio (0,02) no es significativa para causar efecto a las plantas.

**Cuadro 1:** Características físicas y químicas.

pH	C.E.	CaCO <sub>3</sub>	M.O.	P	K	Análisis mecánico			Clase textural
						Arena	Limo	Arcilla	
1:1	1:1	%	%	ppm	ppm	%	%	%	
	Ds/m								
8,12	1,52	0,7	0,02	1,3	56	100	0	0	A.
CIC	Cationes cambiables					Suma	Suma de	% de Saturación	Cd ppm
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	de	bases	de bases	
	meq/100g								
1,92	1,4	0,24	0,06	0,22	0,00	1,92	1,92	100	0,02

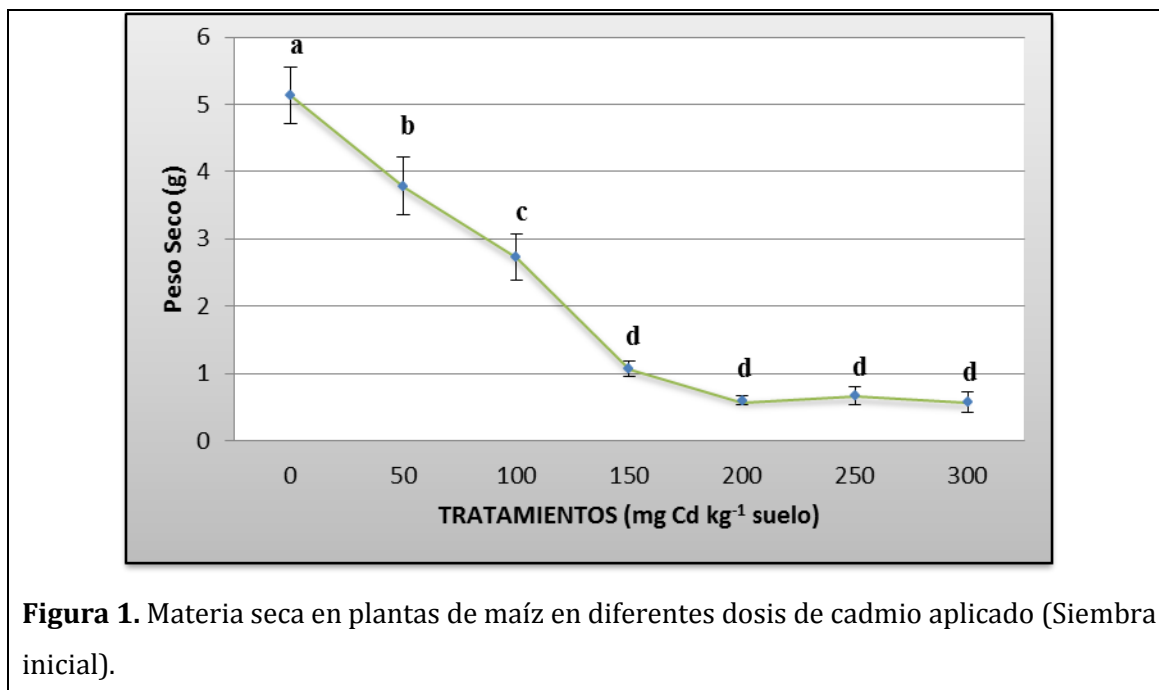
**Fuente:** Laboratorio de Análisis de suelos. Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

La investigación se realizó con el fin de determinar el nivel crítico del cadmio en el suelo (aplicando cloruro de cadmio) y la residualidad que hay a través del tiempo, sembrando en tres oportunidades en el mismo suelo contaminado. Fueron colocados 4 kilos de arena por cada maceta, la contaminación fue efectuada con cloruro de cadmio 1 día antes de realizar la siembra de maíz, fue utilizada una dosis de fertilización similar para todos los tratamientos, (100 N - 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 100 K<sub>2</sub>O mg kg<sup>-1</sup>). Las plantas estuvieron por un periodo de 22 días en las macetas por

cada oportunidad de siembra (Primer siembra: un día después de la contaminación con cadmio. Segunda siembra: 30 días después de la contaminación. Tercera siembra: 90 días después de la contaminación). Para el presente trabajo de investigación se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA). Las variables evaluadas de cada uno de los componentes fueron sometidas a la prueba de Duncan con un nivel de significancia de 0,05 de probabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos de materia seca en plantas de maíz durante la siembra inicial que se realizó el 25 de febrero del 2011, se puede observar que la producción de biomasa seca aumenta en forma significativa en los tratamientos que tienen menor concentración de cadmio (0,50 y 100 mg Cd/kg suelo) e inversamente disminuye su producción donde se aplicó una mayor concentración (150, 200, 250 y 300 mg Cd kg<sup>-1</sup> suelo). Se observó que las dosis igual o mayor, de concentración de cadmio, afectaron el crecimiento de las plantas, es así que se diferenciaron las dosis de cadmio. El crecimiento de maíz fue afectado en forma negativa con diferencias que alcanzaron la significancia (Figura 1).



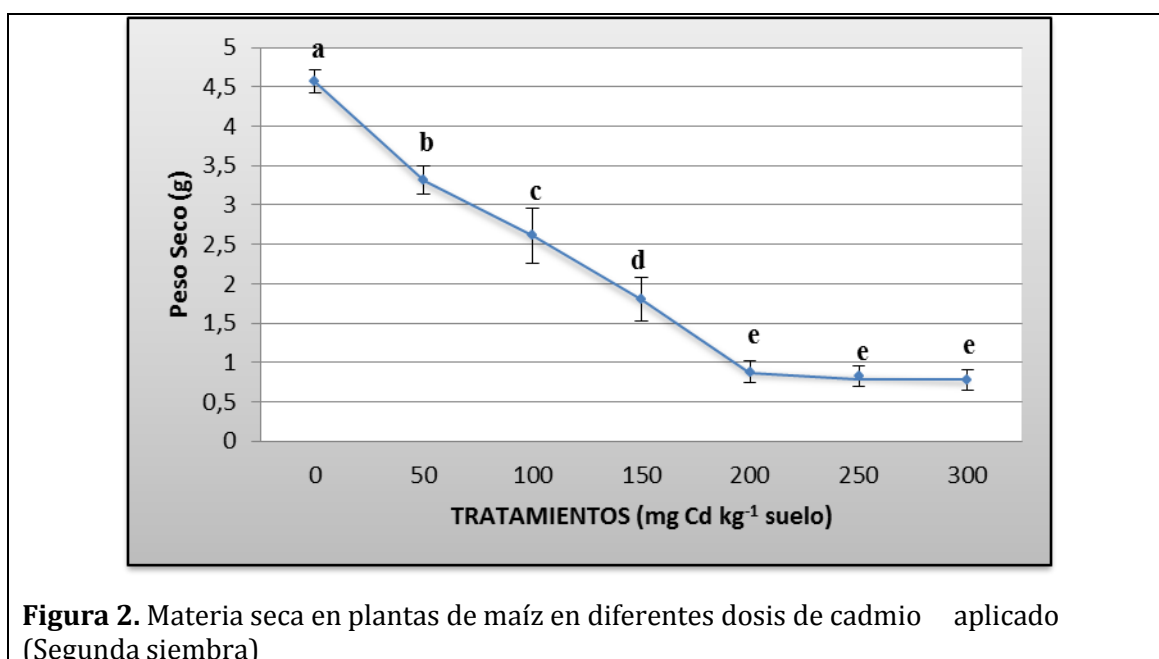
**Figura 1.** Materia seca en plantas de maíz en diferentes dosis de cadmio aplicado (Siembra inicial).

Estos resultados pueden explicarse si consideramos que la siembra se efectuó luego de la aplicación de la fuente de cadmio, es decir que el elemento se



encontraba en alta concentración en la solución, posiblemente no había entrado en reaccionar con las características del suelo. La reducción de la materia seca se produce porque las plantas con presencia de cadmio en el suelo, lo van a absorber y este va a inhibir la apertura estomática y se reducen los procesos de fotosíntesis y respiración. (Pernia *et al.*, 2008)

La segunda siembra se realizó 30 días después (28/marzo/2011) de la contaminación con cadmio al suelo en las mismas macetas contaminadas. Los resultados de producción de biomasa seca de la segunda siembra (Figura 2), muestran su menor rendimiento a medida que se fue incrementando la dosis de cadmio aplicado.

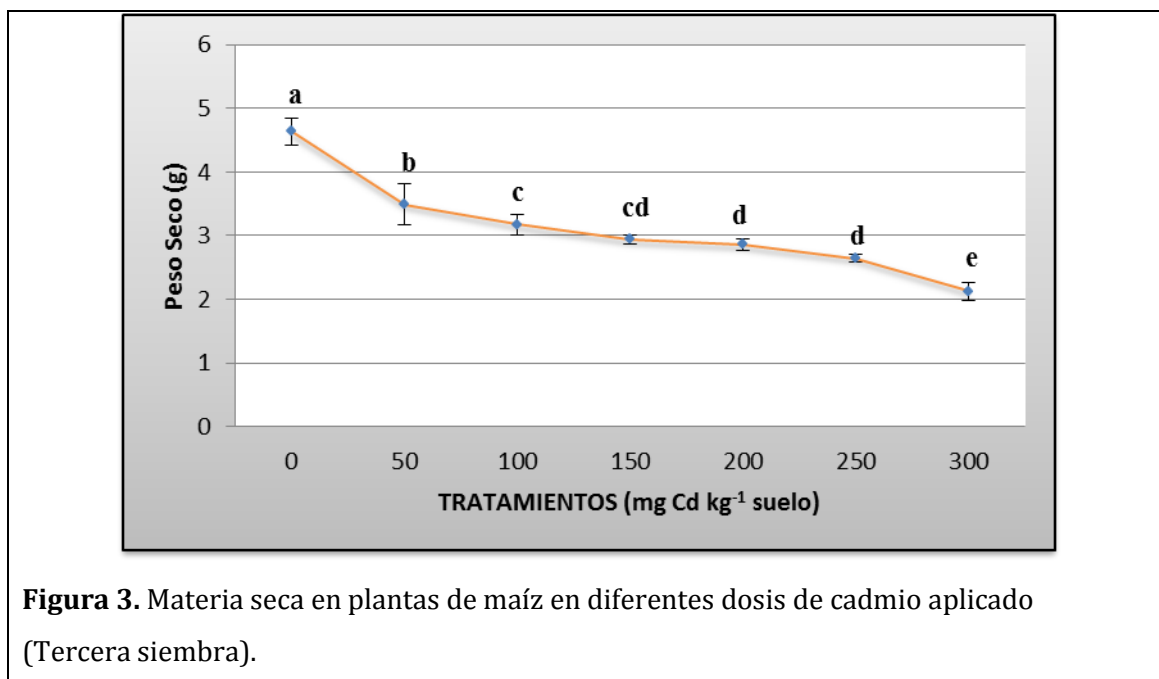


**Figura 2.** Materia seca en plantas de maíz en diferentes dosis de cadmio aplicado (Segunda siembra)

El crecimiento del maíz en esta segunda siembra se sigue viendo afectado significativamente por los niveles de cadmio, pero su efecto tóxico se redujo en el cuarto tratamiento donde las plantas llegaron a tener una mayor producción de materia seca, lo que no ocurrió en la primera siembra. Esto puede deberse a que el cadmio reacciona con las características del suelo y forma compuestos de menor solubilidad con el pasar del tiempo (Figura 2).

La tercera siembra fue realizada 90 días después (26/mayo/2011) de la contaminación con cadmio al suelo. Se muestra que a mayor dosis de cadmio aplicado al suelo la producción de materia seca disminuye por el efecto tóxico del

cadmio (Figura 3). En esta última siembra de maíz el crecimiento se vio menos afectado ya que en todos los tratamientos que se les aplico cadmio el peso seco se incrementó, pero esto no quiere decir que no hayan sido afectadas, porque no llegaron a la misma producción que una planta normal que no se encuentre en estas condiciones. Estos resultados se pueden explicar por las características del suelo que van a influenciar en la disponibilidad del cadmio para las plantas.



**Figura 3.** Materia seca en plantas de maíz en diferentes dosis de cadmio aplicado (Tercera siembra).

La comparación de las tres épocas de siembras nos permiten observar que a una mayor concentración de cadmio aplicado al suelo disminuye la producción de materia seca en las plantas de maíz, así mismo a mayor tiempo que el cadmio este en el suelo va a reducir su efecto toxico debido a las reacciones que tiene con las características del suelo (Cuadro 2). En la siembra inicial las plantas de los tratamientos 150, 200, 250 y 300 mg de Cd kg<sup>-1</sup> de suelo, llegaron a morir, en la segunda siembra ya el efecto del cadmio fue menor y las plantas del tratamiento de 150 mg de Cd/kg de suelo no murieron, solo murieron los últimos tratamientos restantes, mientras que en la última siembra no murió ninguna planta.

El mayor promedio de cada época de siembra la obtuvo la tercera siembra mostrándonos que se cumple lo expuesto por McLaughlin y Singh (1999) que a mayor tiempo el cadmio en un suelo básico tiende a formar compuestos de menor solubilidad para la planta como lo es la Octavita (Carbonato de Cadmio), que se

forma a partir de la presencia de carbonatos, reduciendo así el efecto tóxico para las plantas. Henson y Chedrese (2004) citan que el cadmio puede combinarse con otros elementos y formar compuestos tales como sulfuros, los cuales se unen fuertemente a las partículas del suelo siendo difícil su disponibilidad para las plantas.

Según Pernia *et al.* (2008) la reducción del crecimiento de las plantas en medios contaminados con cadmio se debe, sobre todo, a la disminución del crecimiento radicular, al no haber tejidos jóvenes para que la planta absorba los nutrientes. De igual manera una vez que el cadmio está dentro de la planta reduce la actividad fotosintética y minimiza la producción de la planta pero todo esto está en relación con la concentración que se encuentre en el suelo.

**Cuadro 2.** Comparación de la producción de materia seca en las diferentes épocas de siembras.

Tratamientos (mg Cd kg <sup>-1</sup> suelo)	Tiempo de siembra. Peso seco (gramos)			Promedio por niveles
	Inicial	30 días	90 días	
0	5,13 a	4,57 a	4,64 a	4,78
50	3,78 b	3,32 b	3,5 b	3,43
100	2,73 c	2,61 c	3,18 c	2,84
150	1,07 d	1,8 d	2,94 dc	1,93
200	0,6 d	0,88 e	2,86 d	1,44
250	0,66 d	0,83 e	2,65 d	1,38
300	0,57 d	0,78 e	2,13 e	1,16
<b>Promedio por tiempo</b>	2,07	2,11	3,11	

Es ampliamente aceptado que los metales pesados como el cadmio pueden sustituir al ion magnesio en la molécula de clorofila, lo que imposibilita la captación de fotones, generando como consecuencia una disminución de la actividad fotosintética, Singh y Tewari (2003) consideran que el cadmio interfiere en la entrada, transporte y utilización de elementos esenciales (Ca, Mg, P y K) y del agua, provocando desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta. El cadmio

también reduce la absorción de nitratos y el transporte de los mismos de la raíz al tallo, además de inhibir la actividad nitrato reductasa en tallos. (Gouia *et al.*, 2000)

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A mayor concentración de cadmio aplicado al suelo se reduce el crecimiento vegetativo del maíz y disminuye la producción de materia seca. El cultivo de maíz puede soportar niveles de cadmio de 100 mg kg<sup>-1</sup> sin llegar a la muerte pero causando reducción en su peso seco. A mayor tiempo de reacción del cadmio aplicado al suelo menor efecto toxico causara a la planta de maíz.

## **4.2 La capacitación como puntal del desarrollo: Escuelas de campo**

La metodología de las Escuelas de Campo de Agricultores –ECA- fue desarrollada por la FAO como un instrumento de capacitación para productores en el manejo de diferentes cultivos. Fue adaptada en Latinoamérica, por diversas entidades y programas de desarrollo rural, con un enfoque fundamentalmente técnico en las estrategias de capacitación en torno a la producción agrícola.

“La Escuela de Campo (ECA) es conocida en inglés como "Farmer Field School" o FFS. La ECA fue desarrollada como una respuesta a pérdidas graves en el cultivo de arroz ocasionadas por *Nilaparvata lugens* Stal (saltapuntas café de arroz). (Conway y McCauley, 1983)

La base de la metodología de FAO, tiene como esencia el aprendizaje a través de la experiencia. “*aprender haciendo*” es una de las premisas que rigen al concepto ECA, esta filosofía se basa en el autor, el educador brasileño Paulo Freyre, quien anunciaba una “educación problematizadora” que le daba la posibilidad a las personas de analizar y cuestionar su realidad. (CIP-CARE, 2002)

Se considera a una ECA como un instrumento de extensión y un medio de educación, dirigido a desarrollar las capacidades y destrezas de los productores(as) en el manejo de sus cultivos en relación a los conocimientos adquiridos y mejor comprensión del agroecosistema. (David *et al.*, 2006)

Las ECA o escuelas de campo, son un conjunto de lineamientos de educación no formal, que se ha utilizado en algunos países con efectividad, se describe como una escuela al aire libre, donde los involucrados aprenden mediante la observación y la práctica en sus propias fincas, aplicando varios conceptos agropecuarios. (Groeneweg *et al.*, 2006)

### ***Escuelas de campo en el mundo***

La Global IPM Facility (GIF) de la FAO ha jugado un papel catalizador al introducir la metodología de ECA a través de Asia, África y América Latina. En 1999, el Centro Internacional de la Papa (CIP) se unió a esta iniciativa en los Andes, con sus colaboradores nacionales en la región, en particular PROINPA en Bolivia, CARE en Perú, INIAP en Ecuador y numerosas otras agencias de desarrollo. En

Centroamérica, la GIF unió esfuerzos con PROMIPAC de Zamorano para introducir la metodología en El Salvador, Nicaragua y Honduras. Últimamente, la región está estableciendo los cimientos de redes andinas y centroamericanas de facilitadores. (Pumisacho y Sherwood, 2005)

Se han implementado más de 200 ECA y se ha capacitado casi a 3000 agricultores, los impactos son múltiples: se han promovido nuevas variedades en Perú, se han reducido costos de producción entre los agricultores que hacen uso más intensivo de pesticidas en Ecuador; y se han aumentado los rendimientos gracias a un mayor control del tizón tardío en Bolivia. (Thieli *et al.*, 2001)

“Indonesia inauguró su programa nacional de (MIP) Manejo Integrado de Plagas basado en las ECA en 1989 con financiación para 3 años de USAID y la asistencia técnica de la FAO. Este programa nacional de MIP se basó en un decreto presidencial, el cual formalizó la adopción de MIP como estrategia nacional de protección de cultivos, prohibiendo el uso de 57 pesticidas de amplio espectro en arroz, y eliminando los subsidios. Comenzando en 1994 y hasta el final de 1998 un préstamo del Banco Mundial con contrapartida nacional sostuvo el programa nacional de MIP”. (Braun, 1997)

### ***Escuelas de campo del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC)***

“El CATIE a través del Proyecto Cacao Centroamérica trabaja con diez organizaciones productivas cacaoteras de Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá que representan unas 6000 familias productoras, en su mayoría campesinas e indígenas de las etnias Ngobe, Bribri, Maya Kiche, Maya Q'eqchi y Maya Mopan. El PCC se propone impulsar al mejoramiento de la producción de los cacaotales, poniendo a disposición nuevas variedades de cacao con buena producción y calidad, más tolerantes a plagas y enfermedades”. Además en las ECA de CATIE-PCC tiene como finalidad fortalecer la relación familiar, fortalecer la relación entre familias y también fortalecer la relación de estas familias con organizaciones productivas (PCC 2009).

El PCC inició con el programa de escuelas de campo en el año 2008 en los países ya mencionados, con la finalidad de fortalecer el manejo agroecológico del cultivo del cacao, las ECA tratan de ir más allá de la asistencia técnica convencional, ya que los

promotores son productores de la misma zona que pueden explicar mejor los problemas y soluciones en el manejo del cacao.

Dentro de estos rubros busca promover el enriquecimiento de las fincas con maderables y frutales, para el uso de las familias ya sea en el consumo y venta, para elevar el valor ambiental de sus cacaotales en riqueza botánica y biodiversidad. También fortalecer la relación de la familia en la producción de cacao, fortalecer relación de familias entre familias, y de familias con organizaciones productivas.

### ***Condiciones y procesos de apropiación de nuevas tecnologías***

La experimentación a nivel mundial adoptado por varios proyectos está dando resultados muy buenos en capacitaciones en productores y familias rurales. *“Muchos estudios han reportado que los agricultores experimentan. Sin embargo, la experimentación de los agricultores difiere de la experimentación en la investigación agrícola formal en varios aspectos”.* (Rhoades y Bebbington, 1991)

Existe todo un proceso para que un individuo o un grupo tomen la decisión de adoptar una tecnología en donde el primer paso es la apropiación del concepto o la nueva idea (Cáceres 1995). Rogers (1995) argumenta que existen cinco pasos principales (para un individuo) en el proceso decisión-innovación: conocimiento, persuasión, decisión, implementación y confirmación.

Los productores al incorporar estas innovaciones tecnológicas piensan y deciden a través de sus múltiples objetivos entre los que se incluyen; la seguridad alimentaria, adecuados ingresos en efectivo, un activo seguro o un recurso de base y seguridad social. Las decisiones reales pueden depender de un complejo proceso de negociación entre los miembros de la familia y más allá del hogar influyen los procesos del grupo y la capacidad de aprovecharlos pueden desempeñar una función crucial para las decisiones de adopción. (Cramp, 2005)

La agricultura experimental de los agricultores, está limitada por vacíos en sus conocimientos. Los agricultores al no conocer los aspectos fundamentales de la biología y ecología de las plagas y enfermedades no llegan a comprenderlas, delimitando su potencial para experimentar. (Bentley *et al.*, 1994)

## ***Papel y perfil de los actores de las ECA del PCC en Panamá***

### *Familias de los productores*

Son los estudiantes a capacitarse, es el objetivo principal de las ECA, al hablar de las familias se involucra no solo al productor como cabeza de hogar si no a la esposa, hijo e hija ellos juegan un papel muy importante en la participación y equidad de género dentro de la toma de decisiones dentro de la finca, éste sería el actor principal de las escuelas de campo sin ella no existiría la escuelas de campo. (Flor, 2011)

### *Facilitadores*

Los facilitadores de las ECA son los promotores (as) contratados por cada cooperativa, los cuales son productores de cacao originarios de las mismas comunidades; son personas que conocen el área, tienen facilidad para leer y escribir y la mayoría de ellos son líderes en sus comunidades y hablan el lenguaje local. Por tanto, son personas adecuadas para dar seguimiento y facilitar las actividades de las ECA. (Flor, 2011)

### *Técnicos de Cocabo*

Como tercer actor están técnicos de COCABO, que también juegan un papel muy importante dentro de la cadena de capacitación, son los encargados de realizar los contactos con sus socios, o sea los productores, para coordinar la participación en las escuelas de campo, además de llevar la capacitación e información didáctica para que sea transmitida a los promotores y ellos a su vez a las familias productoras. COCABO cuenta con colaborados técnicos del MIDA y miembros del Cuerpo de Paz. (Flor, 2011)

### *Técnicos de PCC*

El cuarto actor está representado por los técnicos del PCC, es donde inicia toda la cadena, es el responsable de capacitar a los técnicos de COCABO, coordinar acciones conjuntas con las cooperativas para el buen desarrollo de las escuelas de campo. (Flor, 2011)



## **Escuelas de campo como propuesta para el desarrollo sostenible: Caso Panamá**

Juan Ramón Flor Vinces

jflor@utm.edu.ec. Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Técnica de Manabí. Vía a Santa Ana, km 15, cantón Santa Ana, Manabí (Ecuador)

### **RESUMEN**

El presente estudio tuvo la finalidad de evaluar la apropiación y aplicación de conocimientos y habilidades de las familias cacaoteras participantes del proyecto como manera de valorar los efectos de las ECA sobre cambios tanto en los cacaotales como en las familias involucradas. El estudio fue realizado en la provincia Bocas del Toro, Panamá. Se trabajó con 40 familias en 10 comunidades; la información fue recolectada mediante entrevistas semiestructuradas a informantes clave, grupos focales y análisis de información secundaria para triangular los resultados. En cinco de las 14 variables de conocimiento abordadas (concepto de árbol superior, clase de injertos, ventajas del injerto, siembra de árboles de sombra y servicios ambientales) hubo diferencias significativas ( $p < 0,1$ ) entre grupos de graduados y no graduados en escuelas de campo. En relación a las habilidades de ambos grupos hubo diferencias significativas en las variables: ramas entrecruzadas en cacao, técnicas de poda, número de injertos de cuña vivos, número de árboles superiores identificados, número de plantas maderables nuevas y frecuencia de control de enfermedades. Se validó la pertinencia de la participación de la familia y no solo la del jefe del hogar en las ECA, ya que se evidenció su efecto positivo sobre la calidad del trabajo, la igualdad de información y la comunicación entre los familiares. La aplicación de conocimientos en las fincas aún no refleja al máximo los niveles de conocimiento alcanzados. Un aumento en las horas de práctica dentro de las escuelas de campo y un seguimiento cercano a los temas innovadores podría ampliar los impactos positivos de las ECA. Asimismo hay que tomar más en cuenta el interés económico como factor de motivación del

aprendizaje, ya que en el grupo de los graduados el cacao pesa más en su economía que en el grupo de los no graduados.

## **INTRODUCCIÓN**

El cultivo de cacao constituye un rubro de gran importancia social y económica en Centroamérica. A pesar de representar menos del 0,1% de la producción mundial el cacao es una fuente de ingreso para más de 15.000 familias centroamericanas; ocho asociaciones y dos cooperativas cacaoteras que trabajan con el Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) cultivan aproximadamente 8000 ha, las cuales producen 1600 toneladas de cacao seco por año, con un valor de 2,65 millones de dólares. (PCC, 2010)

### **Importancia del sistema productivo**

El cultivo del cacao involucra picos de mano de obra durante el año, generación de empleos e ingresos a los productores y familias. El cacao centroamericano es valorado en todo el mundo por su calidad y se utiliza para la fabricación de chocolates finos. Es producido de forma ecológica y amigable con el medio ambiente, siendo una de las fuentes de ingresos más importantes para las familias cacaoteras centroamericanas. Por ser un producto poco perecedero, se puede almacenar por un tiempo determinado hasta su comercialización facilitando las labores de transporte y venta de las familias.

Generalmente el cacao se cultiva en asocio con especies agroforestales que conforman un dosel superior y permiten generar bienes como el cacao y otros frutos, madera para diferentes usos dentro de la finca o para la venta, lo cual mejora los ingresos familiares y servicios ambientales como sombra y refugio para la avifauna, mamíferos, reptiles, anfibios e insectos, fijación de carbono, protección del suelo y del recurso hídrico.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La población del presente estudio estuvo compuesta por una muestra de 40 familias de productores de cacao, estos productores son de diez ECA de diez comunidades, que corresponden al 25% de las ECA realizadas en Panamá, quienes han participado en la Fase I de las escuelas de campo en el 2010. Esta muestra se dividió en dos grupos: familias que tuvieron una asistencia mayor del 50% (los

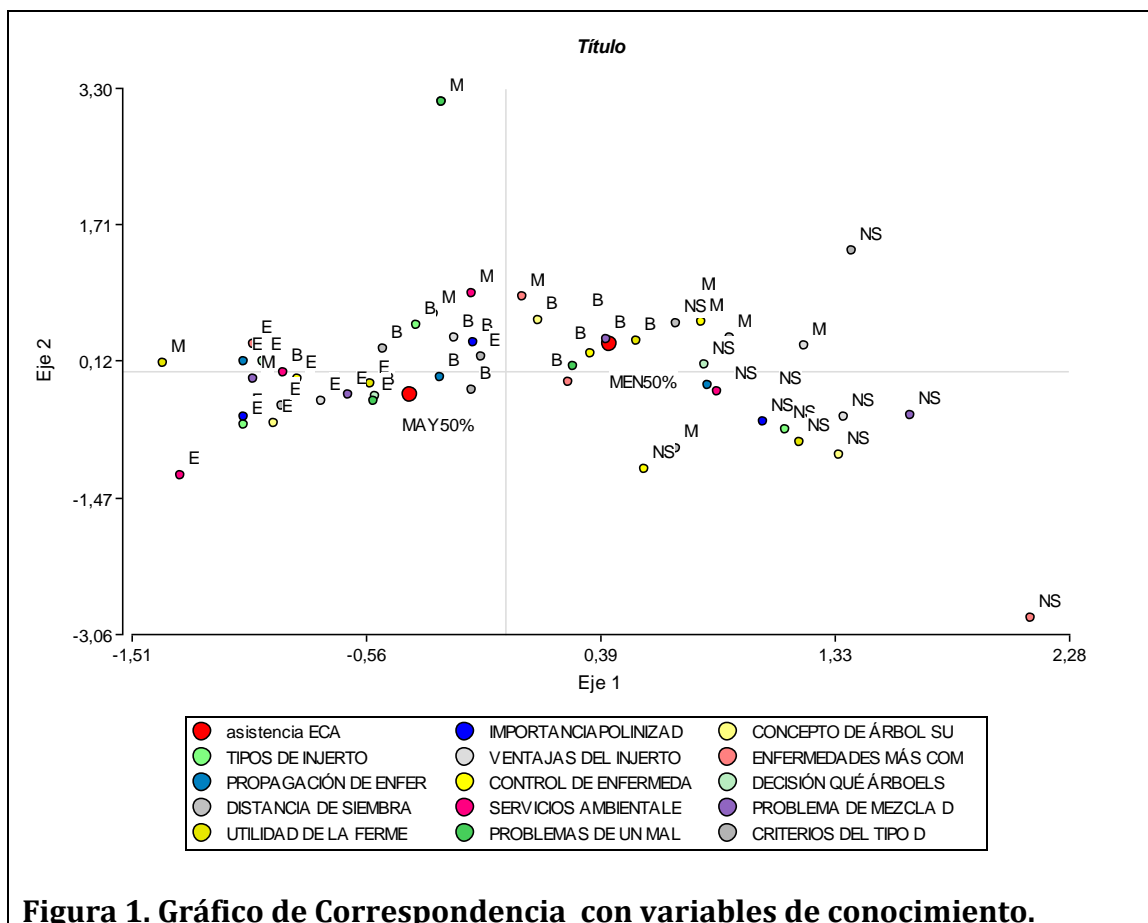
graduados) y familias que asistieron del 0% al 50% y que no llegaron a graduarse en las ECA.

Como se indicó anteriormente, la muestra fue relativamente pequeña. Lo que interesó más fue asegurar la calidad, precisión y profundidad de la información y comprensión del impacto de las ECA sobre las fincas y familias a través de la aplicación de una gran variedad de técnicas, fuentes de información y procedimientos.

Por otra parte, por razones metodológicas y logísticas, se escogió a las familias entre una cantidad limitada de ECA: se seleccionaron 10 ECA bajo el supuesto de que cada una contenía unas 7 familias.

Este procedimiento tuvo grandes ventajas: se estudia no solo la familia, sino también la ECA en la que participó; las cuatro familias viven relativamente cerca una de otra, lo que hizo posible conocer la comunicación entre ellas entre los diversos módulos, pues después de una sesión de una ECA, no solo se platica dentro de una familia, sino también entre familias, lo que ayuda a la apropiación y aplicación de lo aprendido. Además, este procedimiento hizo posible sacar provecho del tiempo, ganar la confianza necesaria y aplicar la observación participante (se puede convivir por más tiempo en una comunidad y se evita gastar tiempo innecesario en viajar de un sitio a otro para entrevistarse con una u otra familia).

Además de estas 40 familias, se entrevistó a 10 promotores, técnicos de COCABO y de PCC. En estas entrevistas se puso mayor énfasis en la pedagogía y en los métodos didácticos aplicados y los cambios introducidos en el 2011 como efecto de la sesiones de reflexión. De igual manera en estas entrevistas y en el grupo focal posterior se enfocó en la comunicación y eslabonamiento de los actores en el proceso y el sistema de aprendizaje de las ECA.



**Figura 1. Gráfico de Correspondencia con variables de conocimiento.**

Al analizar el gráfico de correspondencia (Figura 1) pudo observarse que el eje 1 separa las familias que asistieron a más del 50% de las clases hacia el lado izquierdo y al derecho las que asistieron a menos del 50%. Para casi todas las variables, niveles de conocimiento bueno o excelente están relacionados con la asistencia a más del 50% de las ECA, mientras que los casos cuando las familias no saben la respuesta a las preguntas formuladas o sus intervenciones demuestran poco entendimiento sobre los temas tratados quedan ubicados a la derecha del eje, relacionándose con la poca asistencia a las ECA.

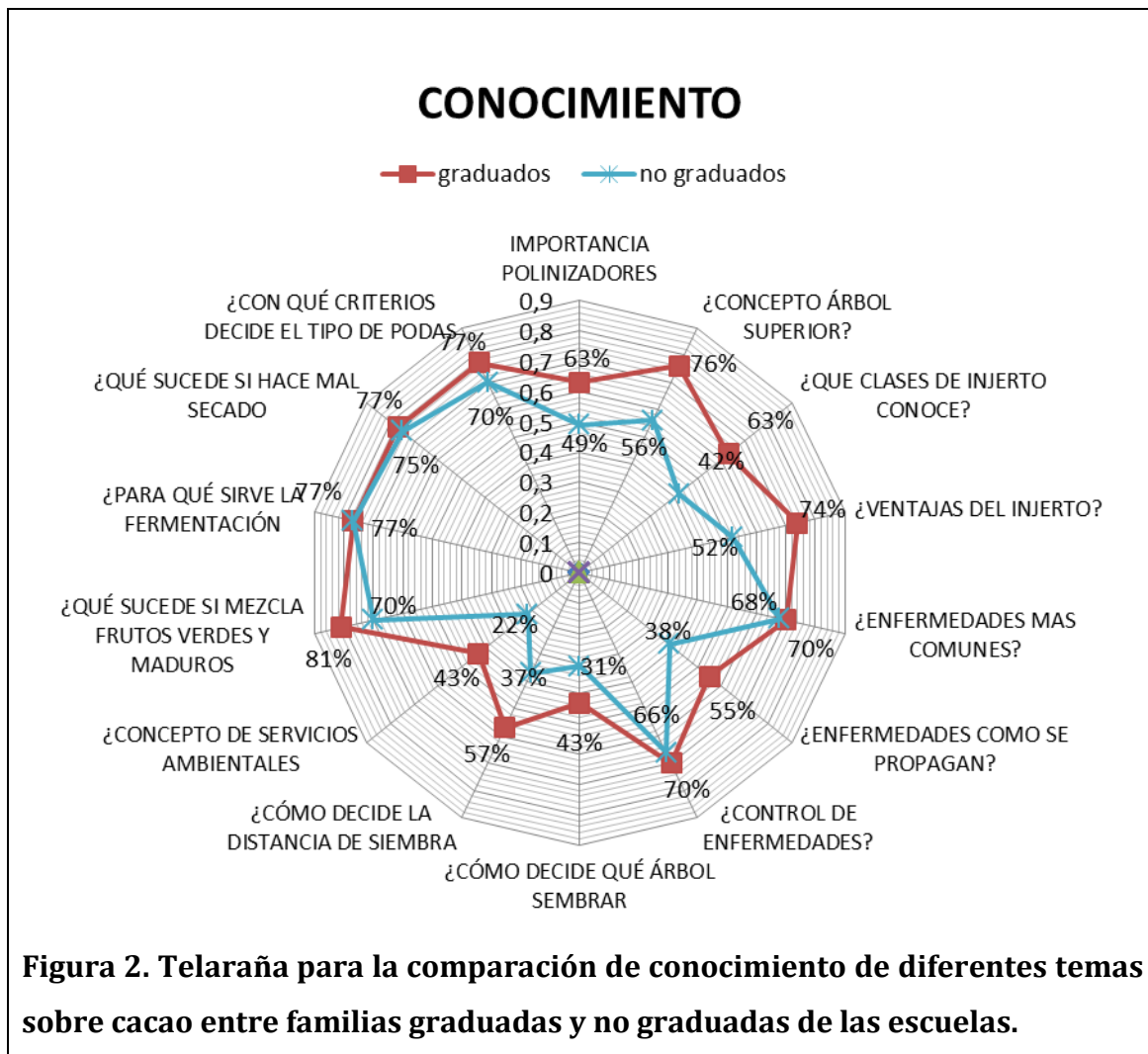
**Cuadro 2.** Pruebas de T para la comparación de conocimiento de diferentes temas sobre cacao entre familias según participación en escuelas de campo

No	Variable	MAYOR 50%	MENOR 50%	p- valor
1	Importancia polinización	1,90±0,8 9	1,47±1,07	0,1731
2	¿Qué es un árbol superior?	2,29±0,9 0	1,68±0,95	0,0465
3	¿Qué clases de injerto conoce?	1,90±1,0 0	1,26±1,15	0,0658
4	¿Cuáles son las ventajas del injerto?	2,24±0,7 7	1,58±1,17	0,0401
5	¿Cuáles son las enfermedades d cacao?	2,1±0,77	2,05±0,52	0,8405
6	¿Cómo se propagan las enfermedades?	1,67±1,1 5	1,16±1,07	0,1575
7	¿Cómo se controlan las enfermedades?	2,1±1,04	2,00±0,82	0,7516
8	¿Cómo decide qué árbol sembrar?	1,29±0,9 0	0,95±1,03	0,2741
9	¿Cómo decide la distancia de siembra?	1,71±0,7 8	1,11±1,05	0,043
10	¿Cuáles son los servicios ambientales?	1,29±1,1 9	0,68±0,75	0,0664
11	¿Qué sucede si mezcla frutos enfermos?	2,43±0,8 1	2,11±0,88	0,2327
12	¿Para qué sirve la fermentación?	2,33±0,9 7	2,32±0,75	0,9496
13	¿Qué sucede si hace un mal secado grano?	2,33±0,4 8	2,26±0,56	0,6735
14	¿Con qué criterios decide qué tipo de podas?	2,33±0,5 8	2,11±0,81	0,3079
	<b>CONOCIMIENTO</b>	<b>27,9±7,6 0</b>	<b>22,74±7,7 2</b>	<b>0,0395</b>

El conocimiento general sobre los temas enseñados en las ECA fue mejor en las personas que asistieron a la mayor parte de sesiones, especialmente en cuanto a temas nuevos (Figura 2). El haber calificado el conocimiento de las familias cualitativamente permitió visualizar que la mayoría de las respuestas de las familias graduadas fueron etiquetadas como excelentes y buenas, mientras que en las familias no graduadas se dieron más respuestas de conocimiento regular o desconocimiento (Figura 1).

En general, la calificación cuantitativa general de los conocimientos fue estadísticamente diferente entre graduados y no graduados, lo que evidencia un impacto positivo sobre el conocimiento el haber participado en más sesiones. Sin embargo, no todas las respuestas fueron estadísticamente diferentes:

En cinco de los módulos y temas, hubo diferencias significativas en cuanto a conocimiento entre graduados y no graduados: *árboles superiores, conceptos y tipos de injertos, distancia de siembra de maderables y servicios ambientales*. Las respuestas en los otros 9 temas (Figura 2) fueron estadísticamente similares (cuadro 1). La diferencia *promedio* fue significativamente mayor entre los graduados.



Como puede observarse en la Figura 2, las familias graduadas presentaron mejores niveles de entendimiento sobre la mayoría de los temas, de manera especial sobre aspectos relacionados con técnicas de injerto, polinización y poda, así como los criterios para la toma de decisiones en la finca y los conceptos de servicios ambientales y árbol superior. Es importante destacar que no hubo temas en los cuales las personas no graduadas tuvieran mayor entendimiento aunque hubo otros para los cuales se presentaron similitudes. Esto permite deducir la existencia de una base común de conocimiento en temas fundamentales como el manejo de enfermedades y postcosecha, en los cuales no hubo diferencia entre los grupos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hubo diferencias significativas en *conocimientos adquiridos* entre graduados y no-graduados en general, y en especial en lo que respecta los temas: concepto de injerto, clases de injerto, manejo de sombra, servicios ambientales

No obstante, aún en estos temas, se notó que *la calidad y cuidado* de aplicaciones fueron algo mejor entre los graduados que la de no-graduados.

De modo que el supuesto de que a mayor asistencia en las ECA, habrá mayor grado de apropiación y aplicación de conocimientos y habilidades, fue validado por los resultados del estudio (aunque no en todos los temas).

En términos generales, el nivel de conocimientos adquiridos en las ECA aún excede el nivel de sus aplicaciones en finca, tanto entre graduados como no graduados, lo que expresa que aún queda una brecha por acortar entre el saber y el saber-hacer mediante prácticas repetidas, un mayor y regular seguimiento, y la continua incorporación de nuevas ideas y buenas prácticas en la cultura Ngobe y los hábitos de los productores y productoras (que, por cierto, no son estáticos).

Quedó plenamente validada la pertinencia de la filosofía del PCC de incorporar a la familia y no sólo al jefe de hogar en las capacitaciones: así se nota la mejor calidad en el trabajo de los diversos miembros de la familia según las tareas que les compete en la división de trabajo; mejor manejo agronómico del cacao y finca; mayor sociabilidad y discusión dentro de la familia por los conocimientos y habilidades niveladas, y algo más de equidad en la toma de decisiones y uso de los excedentes, por el manejo mejorado.

La sociabilidad *entre* las familias y *dentro* de la comunidad se evidenció en el regular intercambio de información entre las familias estudiantes de la ECA y la divulgación espontánea de lo aprendido hacia otros miembros de la comunidad, lo que contiene un potencial didáctico y divulgativo importante a ser capitalizado por el PCC.

Hace falta analizar más, en el PCC, la incidencia del interés económico y del peso del cacao en la economía de las familias, sobre la motivación de participar en todo



el ciclo de la ECA y sobre la adopción diferenciada de las buenas prácticas que el proyecto busca estimular.

En concordancia con la metodología ya en proceso de reforma, se recomienda más práctica y seguimiento en los temas más nuevos, ya que se necesita demostrar en el campo con parcelas demostrativas, si fuera posible trabajadas por los propios productores, para que sean ellos los testigos fehacientes de que las prácticas nuevas sí funcionan.

Es fundamental una fluida y regular retroalimentación desde el campo hacia el proyecto, además de una repetición de prácticas de un módulo, en la finca y el mismo mes que se implementa el módulo. Esto se precisa, más que todo, cuando se trata de conocimientos y prácticas con que las familias aún no se sienten muy identificadas y que requieren mayores destrezas.

Seguir invitando al productor con su familia, involucrar más a las esposas e hijas mayores a que intervengan dentro de las escuelas de campo y den sus opiniones sobre las mismas. También darles más seguimiento a las familias y motivarlas, seguir promoviendo la inclusión de género y generación en los proyectos sociales para que sigan trabajando y aprendiendo juntos, por medio de reuniones, talleres, días de campo, etc.

Se recomienda potenciar la capacidad de los estudiantes más idóneos y comunicativos de las ECA para que se hagan divulgadores y profesores en su propia comunidad, junto con el promotor de COCABO, para, de este modo, contribuir a la masificación de los resultados de las ECA.

Vale incluir, en el proceso de selección de los estudiantes y el diseño e implementación del currículo, mayores consideraciones económicas tales como costo-beneficio, costo de oportunidad y peso relativo del cacao en los medios de vida de las familias, ya que esto incide en la motivación de cumplir todo el ciclo de la ECA, el tipo de inversiones en la finca y el grado de apropiación y aplicación del aprendizaje mediante la ECA.

Sería importante replicar en otros países lo iniciado y aprendido en esta tesis sobre la temática en estudio, mejorándolo y profundizando en los aspectos relevantes que no fueron enfatizados en este documento.

### **4.3 Restauración ecológica**

**Restauración ecológica** es el término utilizado para referirse a la acción de recuperar ecosistemas que han sido dañados o destruidos (SER, 2002). En los últimos años este campo se ha desarrollado hasta estudiar estos ecosistemas dentro de los paisajes que los comprenden, una disciplina conocida como **restauración a escala de paisaje**. Esta rama pretende ser una construcción multidimensional de elementos en la que el paisaje se comprende como una construcción histórica, social y humana, así como un producto de la constante modificación que los humanos ejercemos sobre el paisaje (Bell *et al.*, 1997, Subirós *et al.* 2006, Buxó 2006). Asimismo se comprende la importancia de procesos ecológicos que se dan a escala de paisaje, los cuales han sido abordados por estudios que se enfocan en la dinámica de poblaciones vegetales y animales, la restauración con fuego, la dispersión de animales y plantas, flujo de nutrientes, entre otros. (Baker, 1993, Palmer *et al.* 1997, Holl *et al.* 2000, Taylor y Skinner 2003, Montalvo *et al.* 2008)

La *restauración a escala de paisaje* puede ser comprendida como una humanización del paisaje (Buxó, 2006). Por lo tanto, se discute la importancia de factores de naturaleza social, económica y política, como lo son tenencia de la tierra, la influencia de los mercados, la composición cultural y social, la presencia de áreas protegidas y la existencia políticas que enmarquen el tema de la restauración (Nagendra, 2007). A partir de criterios como estos se ha sugerido que es posible identificar áreas con potencial para la restauración ecológica (Pfund y Stadmuller, 2005). Asimismo, es de importancia identificar los servicios del ecosistema que se buscan recuperar a través de los esfuerzos de restauración (Kazoori 2001, Chazon 2008). En este sentido, la exploración de las funciones que se busca recuperar en un paisaje a través de la restauración del mosaico de usos de la tierra, puede relacionarse con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, una iniciativa que estudia los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, culturales y de soporte. (MA, 2005)

#### ***La restauración de paisaje. Caso Costa Rica***

Tras un patrón de cambio de uso de suelo que incentivaba el reemplazo del bosque por pasturas para ganado en las décadas del 60 y 70, el cual ocasionó la

degradación de la tierra y altos porcentajes de deforestación, la recuperación de cobertura boscosa ha sido el resultado de diferentes iniciativas de conservación (Kaimowitz 1996, Sanchez-Azofeifa *et al.* 2001) En Costa Rica la restauración de paisaje ha ocurrido, en parte, gracias a los cambios en materia política a nivel nacional. Estos cambios ocurrieron en dos ejes: la creación del sistema de áreas protegidas y el establecimiento de una serie de medidas fuera de las áreas protegidas.

Con respecto al primer eje, se creó el SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación), una estrategia que protege al 25% del país de los rápidos cambios de uso de la tierra. Dentro de este modelo, el país está dividido en 11 áreas de conservación, las cuales fueron creadas en 1998 (Barrantes 2000, Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2003). Sin embargo, el impacto real de estas áreas ha sido cuestionado por Pffaf *et al.* 2009, quienes argumentan que para Costa Rica, la deforestación en áreas protegidas varía según las características del área.

Con respecto al segundo eje, éste se basa en fomentar la actividad forestal como un uso forestal dentro de las áreas protegidas. Al respecto, se generaron herramientas legales e incentivos fiscales durante los años setentas y ochentas, cuyo objetivo era la restricción de la deforestación (Barrantes, 2000). Sin embargo, es hasta los noventas que las tasas de deforestación decaen y se implementa el programa Pago de Servicios Ambientales. Este programa pretende presentar al bosque como un proveedor de servicios ambientales, además de ser un mecanismo financiero en el que se compensa directamente la protección del bosque, la reforestación y el establecimiento de plantaciones, a través del dinero recaudado por un impuesto al combustible. (SINAC 2000, Pffaf *et al.* 2008, Camacho *et al.*, 2000)

## **Restauración a escala de paisaje: el caso del cambio de uso de la tierra en el cantón Hojancha, Costa Rica**

Mariel Yglesias<sup>1</sup>, Bastiaan Louman<sup>2</sup>, Christian Brenes-Pérez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE 7170 Cartago, Turrialba 30501, Costa Rica

<sup>2</sup>Programa de Cambio Climático y Cuencas, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE 7170 Cartago, Turrialba 30501, Costa Rica.

### **RESUMEN**

Se seleccionó una muestra de 60 fincas para estudiar la relación entre la dinámica de cambio de uso de la tierra y un contexto de variables de orden social, humano, cultural, político, financiero, natural y físico que caracterizaron al productor. La identificación de variables asociadas a una dinámica de cambios permitió determinar a los factores sociales de importancia que se relacionaron con el proceso de restauración a nivel del paisaje del cantón durante el periodo 1981-2005. Factores sociales como la educación y la asistencia técnica fueron claves para la conservación y recuperación de hectáreas de bosque en fincas grandes en el paisaje estudiado.

**PALABRAS CLAVE:** Análisis multitemporal de cambio de uso de la tierra, educación, asistencia técnica.

### **INTRODUCCION**

*Paisaje* es un término que se comprende como un arreglo de ecosistemas que interactúan en un espacio heterogéneo (Bell *et al.* 1997). Actualmente, se vea al concepto más como una construcción multidimensional donde los aspectos biofísicos se conjugan con una combinación de dinámicas históricas, sociales, económicas y humanas (Buxó, 2006). El estudio de esta rama se ha ampliado en los últimos años al promover la investigación transdisciplinaria de procesos que se dan a escala de paisaje, como lo son los procesos de restauración ecológica. (Bell *et al.* 1997, Subirós *et al.* 2002)

La restauración ecológica a escala de paisaje es un campo que ha evolucionado de un enfoque meramente ambientalista de recuperación de cobertura, dinámicas de poblaciones, dispersión y flujos de nutrientes (Baker 1993, Baker 1994, Bakker *et al.* 1996, Palmer *et al.* 1997, Wunderle 1997, Holl *et al.* 2000, Lindenmayer *et al.* 2002, Brown *et al.* 2003, Taylor y Skinner 2003, Holl y Crone 2004, Montalvo *et al.* 2008) a un nuevo paradigma en que se enmarcan estos procesos dentro de una línea de transformaciones históricas de las interacciones entre los ambientes naturales y humanos (Naveh 1998, Holl *et al.*, 2003, Glaser 2006). Este nuevo abordaje reconoce la importancia de variables de orden social, económico y político que acompañan estas transformaciones. Variables como la composición cultural, la institucionalidad, las relaciones de poder, la tenencia de la tierra y la creación de áreas protegidas empiezan a considerarse en relación con la recuperación del recurso forestal y la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes del mosaico de usos de la tierra (Berkes y Folke 2000, Nightingale 2003, Naveh 2005, Nagendra 2007).

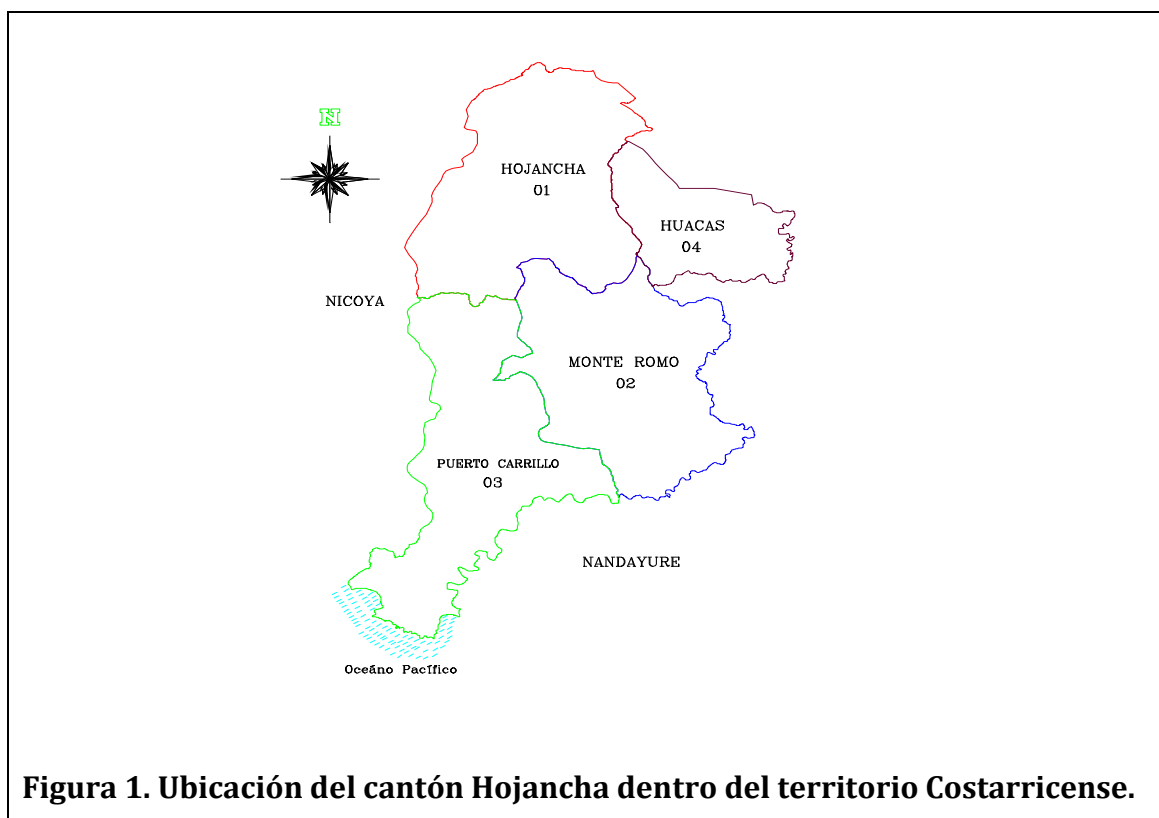
En el caso particular de Costa Rica, el proceso de restauración de paisaje se debe en parte a reformas en materia política adoptadas por el país en los últimos 30 años, tras décadas previas de deforestación ligadas a la expansión de la frontera agrícola y de pasturas para el establecimiento de ganado (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2001, Rodríguez, 2002). Dentro de este contexto nacional de cambios y recuperación de cobertura forestal se inserta el presente caso de estudio, el cantón de Hojancha, localizado en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Esta zona de estudio se caracteriza por haberse alineado con las fuertes tendencias de deforestación asociadas a la ganadería extensiva de los 70s, al perfilarse como un cantón ganadero. Sin embargo, la degradación provocada por esta actividad fue revertida gracias a un conjunto de factores y condiciones que tuvieron un impacto a nivel de paisaje y resultaron en un proceso de restauración ecológica. (Salazar *et al.*, 2007)

Para entender mejor la experiencia de Hojancha y poder identificar factores de relevancia para facilitar procesos de restauración ecológica en otras áreas, se realizó una investigación cuyo enfoque fue identificar y analizar la dinámica de cambio de uso de la tierra y su relación con variables de orden humano, social, político, cultural, natural, financiero y físico durante el periodo 1981-2005.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**HOJANCHA.** Hojancha es un cantón que se ubica en la provincia de Guanacaste, Costa Rica (Figura 1). Es un territorio ondulado de cerros y montañas hasta 900 msnm de altura, con una red fluvial que desemboca en el Pacífico. (Comunidad de Hojancha *et al.*, 2008)

Sus actividades económicas se caracterizan por ser agropecuarias. Sin embargo, desde 1950, con la apertura del mercado de carne en EE.UU. Hojancha empieza a perfilarse como un cantón ganadero. Tras un aumento de 235 cabezas de ganado en 1935 a 101.421 en 1963, y el reemplazo de bosques por pasturas extensivas, en la década del 70 el cantón sufre una crisis ambiental que se traduce en la erosión del recurso hídrico y fuertes sequías (CATIE, 1982). Aunado a la crisis ambiental, asimismo en la década del 70, caen los precios de la carne, lo que provoca una crisis económica y la emigración del 57% de la población. (Valverde *et al.*, 1995)



**Figura 1. Ubicación del cantón Hojancha dentro del territorio Costarricense.**

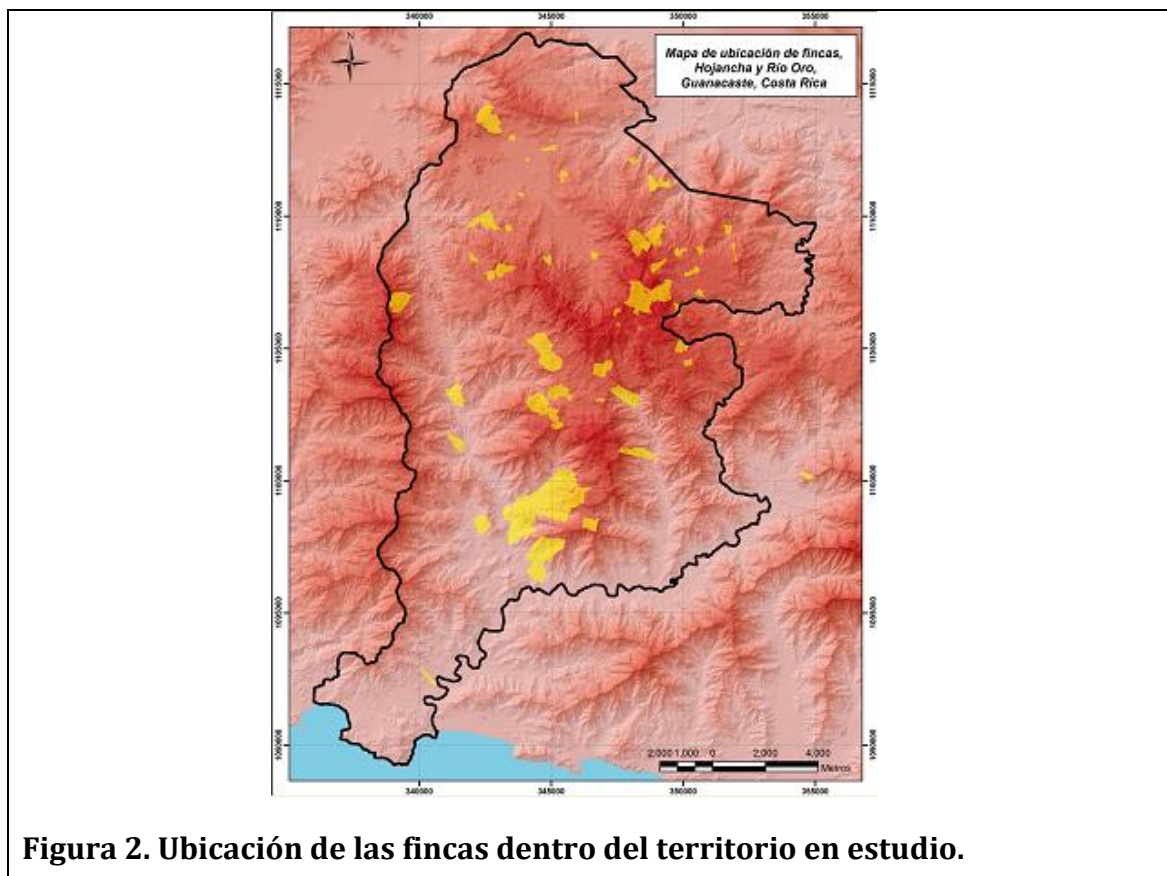
Sin embargo, en las décadas siguientes tras una serie de esfuerzos originados desde el tejido social de Hojancha se incentiva un redireccionamiento del aparato productivo y se logra un recuperación de la cobertura forestal, reportando una predominancia de coberturas boscosas (40%) sobre pastos (29,9%) para el 2005. Asimismo, el surgimiento de plantaciones forestales (7,9%) y sistemas

agroforestales (2%) dentro del arreglo de usos de la tierra del paisaje. (Salazar *et al.*, 2007)

## FASES METODOLÓGICAS

El estudio se llevó a cabo a nivel de finca, con el objetivo de identificar la dinámica de cambios y su relación con las variables del contexto a nivel de propietario. Se seleccionaron 60 propietarios distribuidos al azar en el territorio (Figura 2). El análisis se llevó a cabo en el periodo 1981-2005, el cual corresponde con el proceso de restauración del paisaje.

Se llevaron a cabo dos fases metodológicas. En la primera, con base en fotografías aéreas del cantón para el periodo estudiado, se realizó un análisis multitemporal del cambio de uso de la tierra en las fincas seleccionadas, con el fin de identificar la dinámica de cambios de cada propietario. En la segunda fase, se realizaron talleres con los propietarios seleccionados, grupos focales y entrevistas semi-estructuradas, con el objetivo de identificar las variables humanas, sociales, políticas, culturales, naturales, financieras y físicas que se relacionaron con el cambio de uso de la tierra de cada propietario en el periodo de estudio.

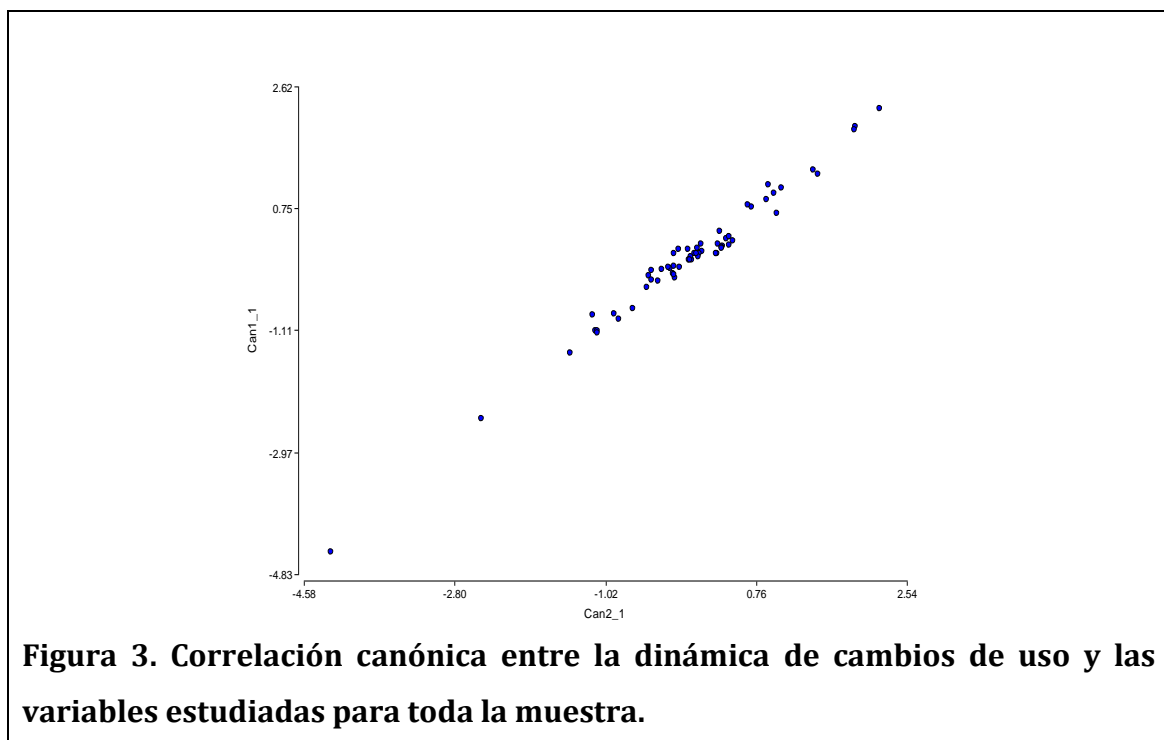


**Figura 2. Ubicación de las fincas dentro del territorio en estudio.**



Se aplicó una multiplicidad de análisis estadísticos para identificar la relación entre la dinámica de cambio de uso de la tierra y las variables estudiadas. (I) Inicialmente se aplicó un análisis de correlaciones canónicas, el cual permite estudiar la relación general entre la dinámica espacial y las variables de interés. Es decir comprobar si en efecto existe una relación entre ambos aspectos. (II) Seguidamente se realizaron agrupaciones de productores con el fin de estudiar la dinámica de cambios y sus variables asociadas por agrupación. En este caso se utilizó el tamaño como criterio de clasificación para establecer 3 grupos: fincas pequeñas (0-20 ha), fincas medianas (20-60 ha) y fincas grandes (más de 60 ha). A partir de esta clasificación se realizó un análisis de coordenadas principales con el objetivo de explorar las dinámicas de cambio de uso de la tierra que se asocian a estas agrupaciones. (III) Finalmente se aplicó un análisis de Kruskal Wallis para confirmar las asociaciones arrojadas por el análisis de coordenadas principales con respecto a la dinámica de cambios de uso de la tierra según el grupo. Además este análisis permitió caracterizar a las 3 agrupaciones de productores según las variables estudiadas. Adicionalmente se aplicaron correlaciones simples de Spearman para estudiar la relación directa entre estas variables y la dinámica de cambios que caracterizaron a los grupos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN



A nivel general existe una alta correlación (Figura 3) entre la dinámica de cambio de uso de la tierra a nivel de finca y las variables que caracterizaron al productor y su contexto. Este resultado sugiere que existe un entramado de variables y actores del tejido social del cantón que se relacionan con la dinámica de cambios del paisaje.

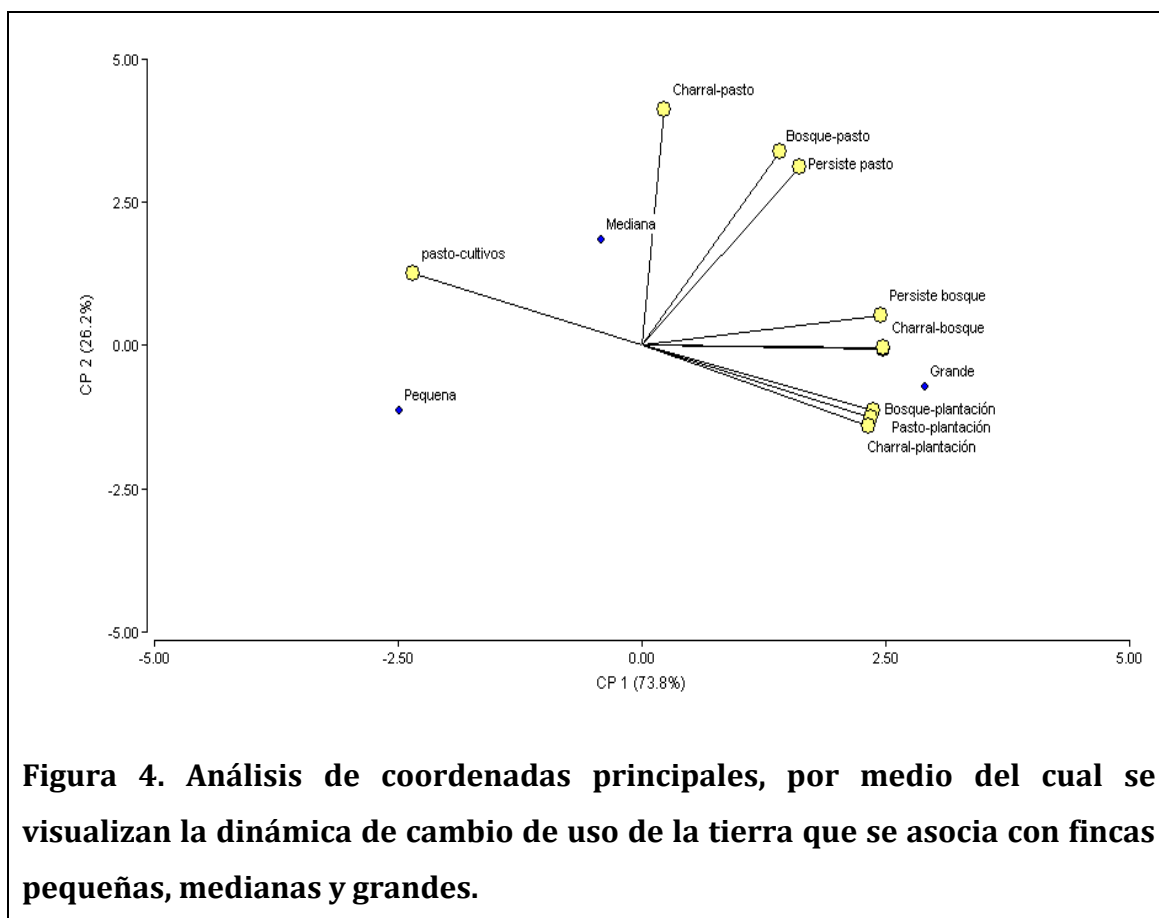
**Cuadro 1.** Valores de R, R2 y P para la correlación canónica.

	<b>EJE 1</b>	<b>EJE 2</b>
R	0,98	0,98
R2	0,97	0,96
P-VALUE	0,000249	0,04

Estudiando más de cerca este entramado se logró establecer, por medio del análisis de coordenadas principales (Figura 4) y el subsecuente análisis Kruskal Wallis, que los tres grupos diferenciados por su tamaño de finca, también difieren en su dinámica de cambio de uso de la tierra y las variables del contexto: fincas pequeñas de subsistencia que no mostraron cambios significativos en su cobertura forestal, fincas medianas asociadas al gremio ganadero y la extensión del área de pastos, y finalmente fincas grandes asociadas a dinámicas de recuperación de bosques y aparición de plantaciones forestales. Estos últimos son también las fincas que representan el principal uso de la tierra en el cantón. (Serrano, 2008)

Por medio del análisis de correlaciones simples, se logró identificar a la asistencia técnica y la cobertura de educación como los factores sociales del paisaje que se relacionaron con las dinámicas de cambio de uso de la tierra para las fincas medianas y grandes en este estudio. Particularmente la asistencia técnica está asociada tanto a la expansión de áreas de pasto ( $r: 0,31$ ;  $p: 0,03$ ) en fincas medianas como a la expansión de áreas de bosque en fincas grandes ( $r: 0,24$ ;  $p: 0,07$ ). Por otro lado, la cobertura de educación está correlacionada con la expansión del bosque en fincas grandes ( $r: 0,32$ ;  $p: 0,03$ ). A continuación se abordan ambos factores claves para la dinámica de este paisaje:

**La Asistencia técnica** ha sido un factor clave históricamente con respecto al cambio de uso de la tierra en el cantón. Inicialmente había estado ligado a las actividades del gremio ganadero, siendo una parte indispensable del paquete de insumos para las fincas de este gremio. Las agrupaciones que brindan asistencia técnica ganadera se han caracterizado por buscar fortalecer esta actividad a través de capacitaciones, acceso a crédito y la búsqueda de mercados fijos. Por lo tanto, ha sido un factor influyente para la expansión de las áreas de pasto, en este caso en las fincas medianas.



**Figura 4. Análisis de coordenadas principales, por medio del cual se visualizan la dinámica de cambio de uso de la tierra que se asocia con fincas pequeñas, medianas y grandes.**

Sin embargo, a partir de la crisis de los años 70, el cantón replantea su aparato productivo con el fin de buscar el bienestar de una manera sostenible. Tras la elaboración de un Plan de Desarrollo Rural Integral que buscaba redireccionar el desarrollo del cantón, se plantea la promoción del sector forestal como una actividad que permitiría la creación de fuentes de bienestar sostenibles, así como una regularización del régimen hídrico. Por tanto la asistencia técnica debió transformarse con el fin de respaldo a una nueva línea de desarrollo. La evolución

de la asistencia técnica fue clave para el establecimiento de viveros comunales, convenios de siembra, certificados de abono forestal y la creación de conciencia sobre la importancia de los recursos forestales (Flores, 1997). Es decir que se convirtió en un factor social clave para el proceso de restauración de paisaje, apoyando a los propietarios con suficientes recursos naturales (tierra) en la recuperación de su cobertura forestal.

**Cobertura de educación.** En Costa Rica, la recuperación de cobertura boscosa a lo largo del territorio nacional fue un proceso que ocurrió de forma paralela a la expansión de las plataformas de educación, lo que podría explicar la correlación entre ambas ( $r: 0,26$ ;  $p: 0,04$ ). Sin embargo, no es posible establecer una relación causal entre ambas variables.

A pesar de esto, la educación ha sido clave en el cantón, ya que durante la transformación del aparato productivo y la asistencia técnica, la educación también da un giro. El Colegio Agropecuario, principal plataforma educativa durante el periodo estudiado fue un complemento para la nueva asistencia técnica de corte forestal, al convertirse en un laboratorio en el que la nueva asistencia técnica realizaba experimentación con especies forestales y contribuyó a la toma de conciencia en relación al recurso. A través de la reestructuración de esta institución, se educó a una generación de jóvenes a la nueva visión de desarrollo, quienes al salir del colegio aplicaron sus nuevos conocimientos y promovieron un cambio de mentalidad que tuvo un impacto en la “forma de hacer las cosas” a nivel de cantón. (Jorge Vásquez com. pers. FUNDECODES)

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La restauración de paisaje es un proceso que se inserta que el contexto de la región y que se relaciona con complejas variables y procesos de orden social. En este caso, a pesar de que se apunta a variables específicas relacionadas a la dinámica de cambio como la educación y la asistencia técnica, existe un complejo entramado de variables que se relaciona con los cambios a nivel de paisaje.

El tamaño de finca es un criterio apropiado para estudiar la dinámica de cambio de uso de la tierra en regiones de tradición ganadera. A medida que las fincas aumentaron su tamaño, aumentó la tendencia hacia un aumento en su cobertura

arbórea. La asistencia técnica influye la dinámica de cambio y es imprescindible trabajar con las agencias que proveen la asistencia técnica en una zona, para que ellas apoyen los procesos de restauración ecológica. Puede ser por medio de la reforestación en fincas grandes, pero para fincas medianas y pequeñas claramente debe buscar un abordaje diferente, posiblemente en la agroforestería o en sistemas agrosilvopastoriles, ya que en estas fincas la tendencia es apearse a sus tradiciones ganaderas como fuente principal de sus ingresos. En la zona de estudio, las redes sociales han estado enfocadas al bienestar humano y el desarrollo sostenible y han tenido un papel importante en fortalecer tanto la educación como la asistencia técnica, contribuyendo así en forma indirecta a la restauración del paisaje.

Se recomienda que los proyectos y políticas enfocados a la restauración de paisajes tomen en cuenta el contexto, la interacción de las variables de interés y la participación de actores claves que de manera participativa desarrollen objetivos consensuados hacia la restauración.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al convenio CONICIT-MICIT (Costa Rica) y al proyecto MIA (CATIE-CIFOR-INIA-España) por haber apoyado con sus recursos la realización de este proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, I.; Moctezuma-Zárate, M.; Cárdenas, J.; Gutiérrez, C. (2007). Bioadsorción de cadmio en solución acuosa por biomasa fúngica. *Rev. Información Tecnológica*. 18: 9-14.
- Adriano, D. (2001). Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, Nueva York, EE.UU.
- Aizen, H. (1998). El Comité de Investigación Agrícola Local de San Bosco. Estudio de caso. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 32
- Ashby, J.A.; Braun, A.; Brekelbaun, T.; Gracia, T.; Guerrero, M.P.; Quiroz, C.A.; Roa, I.J. (1999). Investing in Farmer Researchers: Experience in Latin America. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, s.p.
- Assadian, N.; Esparza, L.; Fenn, L.; Ali, A.; Miyamoto, S.; Figueroa, U.; Warrick, A. (1998). Spatial variability of heavy metals in irrigated alfalfa fields in the upper Rio Grande river basin. *Agricultural Water Management*. 36: 141-156
- Baker, W. (1993). Spatially heterogeneous multi-scale response of landscapes to fire suppression. *Oikos*. Vol 66: 66-71.
- Baker, W. (1994). Restoration of landscape structure altered by fire suppression. *Conservation Biology*. Vol 8(3): 763-769.
- Bakker, J.; Poschlod, P.; Strykstra, R.; Bekker, R.; Thompson, K. (1996). Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Bot Neerl*. Vol 45(4): 461-490.
- Barrantes, J. (2000). Aplicación de incentivos para la conservación de la biodiversidad en Costa Rica. Costa Rica. Minae, Sinac, InBio, IPS. Consultado 25 de abril, 2011. Disponible en: <https://www.inbio.ac.cr/EN/es/biod/estrategia/Paginas/PDF/Pago%20de%20Servicios%20Ambientales/PSA%20Estudio%20Caso%20CR.pdf>.
- Basta, N.; Pantone, D.J.; Tabatabai, M.A. (1993). Path analysis of heavy metal adsorption by soil. *Agronomy Journal*. 85: 1054-1057.

- Basta, N.T.; Tabatabai, M.A. (1992). Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils: II. Effect of pH. *Soil Science*. 153: 195-204.
- Bell, S.; Fonseca, M.; Motten, L. (1997). Linking restoration and landscape ecology. *Restoration Ecology* 5(4): 318-324.
- Bentley, J. W. (1994) b. Stimulating peasant farmer experiments in non-chemical pest control in Central America. Pp. 147-150 IN: Scoones, Ian and John Thompson. (Eds.) *Beyond Farmer First*. Intermediate Technology Publications. International Institute for Environment and Development. London, UK.
- Berkes, F.; Folke, C. (2000). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. United Kingdom Cambridge Press University. p. 458
- Braun, A.R. and E. Van De Fliert (1997). The Farmer Field School Approach to IPM and ICM in Indonesia: User participation. In: UPWARD. *Proceedings of Fifth Review and Planning Conference: Institutionalising Innovations in Rootcrops R&D*, Clark, Pampanga, Philippines, 8-12 December 1996. UPWARD, Los Baños, Philippines.
- Brown, R.; Agee, J.; Franklin, J. (2003). Forest restoration and fire: principles in the context of place. *Conservation biology*. Vol 18(4): 903-912.
- Buxó, R. (2006). Paisajes culturales y reconstrucción histórica de la vegetación. *Ecosistemas*. Vol XV (001):1-5.
- Cáceres, D. (1995). Pequeños productores e innovación tecnológica: un abordaje metodológico. *Agrosur (Chile)*, 23(2), p. 127-139
- Camacho, M.; Segura, O.; Reyes, V.; Aguilar, A. (2000). *Pago por Servicios Ambientales en Costa Rica*. Programa Salvadoreño de investigación sobre el desarrollo y el medio ambiente. Consultado el 25 de abril, 2011. Disponible en:<http://infoagro.net/shared/docs/a6/servambcr.pdf>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). (1982). *Caracterización de sistemas agrícolas de Hojanca, Guanacaste, Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica. CATIE 75 pp (serie materiales de enseñanza no 14).

- Chazdon, R. (2008). Beyond Deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*. Vol 320: 1458-1460.
- CIP (Centro Internacional de la Papa, Perú), CARE (Cooperative American Remittances Everywhere, EE.UU). (2002). Guía para facilitar el desarrollo de Escuelas de Campo de Agricultores. Manejo Integrado de las principales Enfermedades e Insectos de la papa Caso San Miguel, Cajamarca, Perú. p. 264
- Comunidad de Hojancha, Equipo de Gestión del Plan de Desarrollo Cantonal, Municipalidad de Hojancha, Proyecto FOMUDE-IFAM. (2008). Plan de Desarrollo Cantonal de Hojancha 2009-2012. Hojancha, Costa Rica. p. 130
- Contreras, F.; Herrera, T.; Izquierdo, A. (2002). Efecto de dos fuentes de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) sobre la disponibilidad de cadmio para plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en suelos de Barlovento, estado Miranda. *Venezuelos*. 13:52-63
- Conway, G.R.; McCauley, D.S. (1983). Intensifying tropical agriculture: The Indonesian experience: *Nature*: 302: 288-9.
- Cramb. (2005). Replanteando el Desarrollo, la Difusión y Adopción de Tecnologías Agrícolas. In *Investigación y desarrollo participativo para la agricultura y el manejo sostenible de recursos naturales: Volumen 1: Comprendiendo Investigación y Desarrollo Participativo*. Eds. Gonzalves, J, Becker, T; Braun, A; Campilan, D; Chavez, Hidelisa; Fajber, E; Kapiriri, M; Rivaca-Caminade, J; Verno
- David, S.; Agordorku, S.; Bassanaga, S.; Yves Couloud, J.; Adu Kumi, M.; Okuku, I.; ne dort Wandji, D. (2006). A guide for conducting farmer field schools on cocoa integrated crop and pest management. Sustainable Tree Crops Program. International Institute of Tropical Agriculture. UK. 94 p.
- Floors, A. (1997). Forestry plantation in Guanacaste. CATIE, AUW, MAG. Research program in agriculture sustainability. Phase 2. Report 21. p. 2-28
- Flor, J. (2011). Apropiación y Aplicación de conocimientos y habilidades por familias cacaoteras en Bocas del Toro, Panamá. Resultados de las Escuelas de



campo del proyecto Cacao Centroamérica. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 17-18

García, I.; Dorronsoro, C. (2011). Contaminación de los suelos: Tema 15. Contaminación por metales pesados. Disponibles en <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm>.

Glaser, M. (2006). The social dimension in ecosystem management: strengths and weaknesses of human-nature mind maps. *Human ecology review*. Vol 13(2): 122-142.

Goodland, E.M.; Sadoulet, E.; Murgai, R.; Ortiz, O. (2004). The Impact of Farmer Field Schools on Knowledge and Productivity: A Study of Potato farmers in the Peruvian Andes. *Economic Development And Cultural Change*. 0013-0079/5301-0003. p. 63-92.

Gouia, H.; Ghorbal, M.H.; Meyer, C. (2000). Effects of cadmium on activity of nitrate reductase and on other enzymes of nitrate assimilation pathway in bean. *Plant Physiology and Biochemistry*. 38:629-638

Groeneweg, K.; Buyu, G.; Romney, D.; Minjauw, B. (2006). *Livestock Farmer Field Schools: Guidelines for Facilitation and Technical Manual*. International Livestock Research Centre: Nairobi, Kenya. p. 90

Henson M.C.; Chedrese P.J. (2004). Endocrine Disruption by Cadmium, a Common Environmental Toxicant with Paradoxical Effects on Reproduction. *Exp. Biol. Med.* 229: 383-392.

Holl, K.; Crone, E (2004). Applicability of landscape and island biogeography theory to restoration of riparian understory plants. *Ecology*. Vol 41: 922-933.

Holl, K.; Crone, E.; Schultz, C. (2003). Landscape restoration: moving from generalities to methodologies. Vol 53(5): 491-502.

Holl, K.; Loik, M.; Lin, E. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration ecology*. Vol 8(4): 339-349.

- Houba, V.; Lexmond, T.; Novozamsky, I; Van der Lee, J. (1996). State of the art and future developments in soil analysis for bioavailability assessment. *The Science of the Total Environment*. 178: 21-28.
- Kabata-Pendias, A. (2004). Soil-plant transfer of trace elements-an environmental issue. *Geoderma*. 122: 143-149.
- Kabata-Pendias; Pendias, H. (1992). *Trace Elements in Soils and Plants*. (2nd Edition. Ed.), CRC Press, Boca Raton, EE.UU.
- Kaimowitz, D. (1996). Livestock and deforestation, Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. CIFOR Special Publication (International Policy Research Institute).1-88.
- Kaimowitz, D. (1996). Livestock and deforestation, Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. CIFOR Special Publication (International Policy Research Institute).1-88.
- Kazoora, C. (2001). *Forest Landscape Restoration: Uganda Country Report*. UICN-WWF. 48pp.
- Lindenmayer, D.; Manning, A.; Smith, P.; Possingham, H.; Fischer, J.; Oliver, I.; McCarthy, M. (2002). The focal-species approach and landscape restoration: a critique. *Conservation biology*. Vol 16(2): 338-345.
- Lucho, C.A.; Álvarez, M.; Beltrán, R.I.; Prieto, F.; Poggi, H. (2005). A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater. *Environmental International*, On Line: 0160- 4120-D 2004 doi:10.1016/j.envint.2004.08.002
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: synthesis*. Washington DC, USA Island Press. 155pp.
- Martínez, C.; Motto, H. (2000). Solubility of lead, zinc and copper added to mineral soils. *Environmental Pollution*. 107: 153-158.

- McLaughlin, M.J.; Singh, B.R. (1999). Cadmium in soils and plants: a global perspective. In: McLAUGHLIN, M. J.; SINGH, B. R. (Ed.). Cadmium in soils and plants. Dordrecht: Kluwer Academic, EE.UU. p. 1-19.
- McLean, J.; Bledsoe, B. (1992). Behavior of metals in soils. Environmental Protection Agency. 18: 1-25.
- Montalvo, A.; Williams, S.; Rice, K.; Buchmann, S.; Cory, C.; Handel, S.; Nabhan, G.; Primack, R.; Robichaux, R. (2008). Restoration biology: a population biology perspective. Restoration ecology. Vol 5(4): 277-290.
- Msaky, J.; Calvet, R. (1990). Adsorption behavior of copper and zinc in soils: influence of pH on adsorption characteristics. Soil Science. 150: 513-522.
- Nagendra, H. (2007). Drivers of reforestation in human-dominated forests. Proc natl Acad Sci USA. Vol 104: 15218-15223.
- Naveh, Z. (1998). Ecological and cultural landscape restoration and the cultural revolution towards a post-industrial symbiosis between human society and nature. Restoration ecology. Vol 6(2): 135-143.
- Naveh, Z. (2005). Epilogue: Towards a transdisciplinary science of ecological and cultural landscape restoration. Restoration ecology. Vol 13(1): 228-234.
- Nightingale, A. (2003). Nature-society and development: social, cultural and ecological change in Nepal. Geoforum. Vol 34(4): 525-540.
- Österas, A.; Greger, M. (2006). Interactions between calcium and copper or cadmium in Norway spruce. Biologia Plantarum 50: 647-652.
- Palmer, M.; Ambrose, R.; LeRoy, N. (1997). Ecological theory and community restoration ecology. Restoration Ecology. Vol 5(4): 291-300.
- Papadopoulos, P.; Rowell, D. (1988). The reaction of cadmium with calcium carbonate surfaces. Journal of Soil Science. 39: 23-36.
- Papadopoulos, P.; Rowell, D. (1989). The reactions of copper and zinc with calcium carbonate surfaces. Journal of Soil Science. 40: 39-48.

- PCC (Proyecto Cacao Centroamérica, Costa Rica). (2009). Estrategias para el Programa de Educación de Familias del PCC mediante Escuelas de Campo.
- PCC (Proyecto Cacao Centroamérica, Costa Rica). (2010). El programa de las Escuelas de Campo para las Familias Cacaoteras de Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Belice y Guatemala del Proyecto Cacao Centroamérica.
- Pernia, B.; De Sousa, A.; Reyes, R.; Castrillo, M. (2008). Biomarcadores de contaminación por cadmio en las plantas. Caracas, Venezuela. Asociación Interciencia. 33: 112-119.
- Pfaff, A.; Robalino, J.; Sánchez-Azofeifa, A.; Andam, K.; Ferraro, P. (2009). Park location affects forest protection: Land characteristics cause differences in park impacts across Costa Rica. *The B.E. Journal of Economic Analysis and Policy*. Vol 9(2): 1-24.
- Pffaf, A.; Robalino, J.; Sanchez-Azofeifa, A. (2008). Payments for environmental services: empirical analysis for Costa Rica. Working papers series (Terry Sanford Institute for Public Policy). SAN08-05. 1-26 pp.
- Pfund, J.; Statmuller, T. (2005). Restauración de paisajes forestales (FLR). *Inforesources*. N2/05: 3-16.
- Pumisacho, M.; Sherwood, S (eds). (2005). Guía metodológica sobre Escuelas de Campo de Agricultores. CIP-INIAP-World Neighbors. Quito, Ecuador. p. 185
- Rhoades, R. and Bebbintong A. (1991) Farmers as experimenters. Pp. 251-253 IN: Haverkort, B. J. van der Kamp and A. Waters-Bayer. *Joining Farmers Experiments. ILEIA Readings in Sustainable Agriculture*. Intermediate Technology Publications. London, UK.
- Rodríguez, J. (2002). Los servicios ambientales del bosque: el ejemplo de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. Vol 37: 47-53.
- Rogers, M.E. (1995). *Difussion of innovations*. Cuarta edición. New York, US, The Free Press. p. 519

- Ross, S. (1994). Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. En: Toxic metals in soil-plant systems (ed S.M. Ross). p. 63-152.
- Salazar, M.; Campos J.J.; Prins, K.; Villalobos, R. (2007). Restauración del paisaje de Hojancha, Costa Rica. Gestión Integrada de Recursos Naturales a escala de paisaje. Informe técnico 357. Publicación no 4. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 1-59
- Sanchez-Azofeifa, G.; Harriss, R.; Skole, D. (2001). Deforestation in Costa Rica: A quantitative analysis using remote sensing imagery. *Biotropica* 33(3): 378-384.
- Sánchez-Azofeifa, G.; Daily, G.; Pfaff, A.; Busch, C. (2003). Integrity and isolation of Costa Rica's National Parks and biological reserves: examining the dynamics of land-cover change. *Biological Conservation* 109: 123–135.
- SER (Society for Ecological Restoration Science and Policy Working Group). (2002). The SER primer on ecological restoration. Consultado: 25 de abril, 2011. Disponible en: [http://www.ser.org/content/ecological\\_restoration\\_primer.asp](http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp)
- Seregin, I. V.; Ivanov, V. B. (1998). The transport of cadmium and lead ions through root tissues. *Russ. J. Plant Physiol.* 45: 780–785.
- Serrano, M.; Campos, J.; Villalobos, R.; Galloway, G.; Herrera, B. (2008). Evaluación y planificación del manejo forestal sostenible a escala de paisaje en Hojancha, Costa Rica. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Informe técnico 363. Publicación No 33. Turrialba, Costa Rica. CATIE.p. 1-34.
- Settle, W.H; Whitten, M.; Dilts, R.; OOI, P.A. (1998). Developments in community IPM for irrigated rice in Asia. Proceedings Sixth Australasian Applied Entomological Research Conference. Brisbane, Australia.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica). (2000). El pago de servicios ambientales en Costa Rica. Información general. Costa Rica.InBio. Consulta: 25 de abril, 2011. Disponible en:

[http://www.inbio.ac.cr/estrategia/Estudio\\_2004/Paginas/PDF/Pago%20de%20Servicios%20Ambientales/PSAFolleto.pdf](http://www.inbio.ac.cr/estrategia/Estudio_2004/Paginas/PDF/Pago%20de%20Servicios%20Ambientales/PSAFolleto.pdf)

- Singh, P.; Tewari, R. (2003). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of *Brassica juncea* L. plants. *Journal of Environmental Biology* 24:107-112.
- Stalikas, C.; Pilidis, G.; Tzouwara-Karayanni, S. (1999). Use of a sequential extraction scheme with data normalisation to assess the metal distribution in agricultural soils irrigated by lake water. *The Science of the Total Environment*. 236: 7-18.
- Subirós, J.; Linde, D.; Pascual, A.; Palom, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en la ecología de paisajes (landscape ecology), una interpretación desde la geografía. *Doc. Anál. Geogr.* Vol 48:151-166
- Taylor, A.; Skinner, C. (2003). Spatial patterns and controls on historical fire regimes and forest structure in the Klamath mountain. *Ecological applications*. Vol 13(3): 704-719.
- Thieli, G.; Nelson, R.; Ortiz, O. & Sherwood, S. (2001). Participatory Research and Training: Ten Lessons from the Farmer Field Schools (FFS) in the Andes''*Currents* 27:4-11.
- Valverde, J.; R. Vieto y Pacheco, A. (1995). Informe final. Programa Bosques, Arboles y Comunidades - Fase II. Documento de trabajo. Roma, Italia, FAO. Consultado el 25 de abril de 2011. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/x5601s/x5601s00.htm#Contents>
- Wagner, G. J. (1993). Accumulation of cadmium in crop plants and its consequences to human health. *Adv. Agron.* 51: 173-212.
- Ward, N.I. (1995). Trace elements. *Environmental Analytical Chemistry*. Ed. By FW Fifield and P.J. Haines. Capman.
- Wunderle, J. (1997). The role of animal seed dispersal in accelerating native forests regeneration on degraded tropical lands. *Forestry ecology and management*. Vol 99: 223-235.

# GLOSARIO

---

- Abundancia:** Número total de los individuos de una población.
- Accesión:** Es la menor unidad de conservación. Es una muestra de semillas o plantas o cualquier órgano reproductivo que se identifica con un número o código que lo distingue del resto del germoplasma.
- Acuminado:** En botánica se refiere a toda hoja que se estrecha paulatinamente en un ápice alargado.
- Banco de germoplasma:** Lugar creado con determinadas condiciones para la conservación del germoplasma en forma de semilla, polen o cultivo de tejidos.
- Biodiversidad:** La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
- Biofertilizante micorrízico:** Enmienda orgánica, a base de humus de lombriz, adicionado con ácidos húmicos, fúlvicos y úlmicos, micorrizas y auxinas.
- Bosque temático:** Término utilizado para denominar a un espacio o área sembrada con especies arbóreas normalmente enfocada a una línea argumental o tema específico.
- Bosques:** Ecosistemas terrestres en el que abundan los árboles. Superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 m y 5 m a su madurez in situ.
-

---

<b>Cadmio:</b>	Metal pesado de color blanco azulado, su estado de oxidación más común es el +2. Puede presentar el estado de oxidación +1, pero es muy inestable.
<b>Caulinares:</b>	Referente al tallo.
<b>Colección núcleo:</b>	Fuente primaria y bien organizada de genes. Con una estructura dada por particiones o estratos formados por conjuntos de accesiones que presentan algún grado de semejanza genética.
<b>Contaminación:</b>	Radica, fundamentalmente, en la generación de residuos en un medio, que se introducen por encima de la capacidad, de este, para eliminarlos.
<b>Coriácea:</b>	En relación a los vegetales, se refiere a una superficie gruesa, endurecida y áspera o con una textura parecida al cuero (de consistencia regia pero con cierta flexibilidad).
<b>Cultivar:</b>	Es una forma de una especie obtenida artificialmente y mantenida en cultivo, con caracteres definidos. En el lenguaje vulgar se utiliza el término variedad. Puede usarse como sinónimo el término raza.
<b>Cuneiforme:</b>	En forma de cuña, en botánica se dice que las hojas son cuneiformes cuando estas tiene los bordes de la parte inferior, rectos y convergentes, independientemente de la forma de la parte apical de la lámina.
<b>Dendogramas:</b>	Representación gráfica en forma de árbol que resume el proceso de agrupación en un análisis de clusters.
<b>Distancia</b>	Medida de la diferencia del material genético entre distintas

---



---

<b>genética:</b>	especies (distancia interespecífica) o entre individuos de la misma especie (distancia intraespecífica).
<b>Distribución sigmoidal:</b>	La función sigmoide permite describir procesos naturales de sistemas complejos y su progresión temporal. Su gráfica tiene una típica forma de "S".
<b>Diversidad genética:</b>	Variación hereditaria dentro y entre poblaciones de determinada especie o grupo de especies.
<b>Dolomita:</b>	Mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio, semejante pero más común que la caliza.
<b>Ecosistemas:</b>	Es la unidad de estudio principal de la ecología. Puede ser definido como un sistema compuesto por un conjunto de organismos vivos (medio biótico) y el medio físico donde se relaciona (medio abiótico).
<b>Especie:</b>	Jerarquía taxonómica comprendida entre el género y la variedad. Comprende todos los individuos de constitución genética fundamentalmente igual. Admite variaciones menores como la subespecie, las variedades y las formas. El segundo término del nombre específico (binomio), expresa la especie.
<b>Especies crípticas:</b>	Especies extremadamente similares en apariencia (morfología, fisiología y comportamiento) pero que se hallan reproductivamente aisladas entre sí.
<b>Extracción de nutrientes:</b>	Cantidad de nutrientes que las plantas extra del suelo independientes de cada elemento durante la fenología del cultivo.

---

---

<b>Fertirrigación:</b>	Técnica de aplicación de abonos disueltos en agua de riego a los cultivos. Generalmente se utiliza en sistemas de riego localizado y en menor medida en sistemas de riego por aspersión.
<b>Fototrópica:</b>	En botánica se refiere a reacción o disposición ocasionada por la influencia de la luz sobre plantas o estructuras vegetales.
<b>Frecuencia:</b>	Número de veces que se repite un suceso determinado en un intervalo de tiempo o en una muestra de una población.
<b>Fruto:</b>	Ovario desarrollado con las semillas ya formadas.
<b>Género:</b>	En Sistemática la categoría que define un grupo entre la tribu y la especie. Constituye el primer término del binomio con que se designa una planta o un animal.
<b>Germoplasma:</b>	Conjunto de genes que transmitidos de generación en generación, controlando de esta manera la variabilidad genética entre y dentro de la especie. Conforman los recursos genéticos (animales, plantas, microorganismos) a cualquier escala geográfica, siendo parte esencial de la biodiversidad.
<b>Glabra:</b>	En botánica se refiere a cualquier estructura lisa o desprovista de pelos o cerdas, es una de las claves para identificación de plantas.
<b>Helicoidal:</b>	En botánica se utiliza para referirse a la disposición, en forma de hélice, de las hojas sobre el tallo, o a la ordenación de las piezas florales sobre el tálamo.
<b>Hoja:</b>	Órgano laminar de asimilación.

---

---

**Hojas bajas:** Son las 3 o 4 hojas ubicadas en el piso foliar inferior de la planta desarrollada.

**Índice de contenido polimórfico (PIC):** Evalúa la informatividad de un marcador en una población de acuerdo a la frecuencia de los alelos. Para calcularlo se multiplica la probabilidad de cada posible cruzamiento por la probabilidad que sean informativos, es decir, que se pueda identificar al progenitor del que procede el alelo.

**Lanceolada:** En botánica se refiere a las hojas que tiene forma de lanza son hojas de base más o menos amplia y atenuada hacia el ápice.

**Lenticelas:** Protuberancia visible a simple vista, de forma lenticular (parecida a la semilla de la lenteja) que aparece en la superficie de los tallos leñosos y que reemplaza a los estomas de la desaparecida epidermis.

**Lobulado:** En botánica se refiere a un tipo de hojas cuya principal característica es la de presentar entrantes y salientes redondeados en el borde (perfil con lóbulos).

**Metales pesados:** Metales con una gravedad específica superior en cinco veces o más a la del agua. El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas.

**Nutrientes:** Sustancia que asegura la conservación y crecimiento de un organismo.

**Oblongo:** En botánica se utiliza para describir estructuras cuyo largo es mayor a su ancho.

---

---

<b>Octavita:</b>	Carbonato de cadmio que se forma por lo general en suelos básicos debido a la presencia de Carbonatos.
<b>Peciolo:</b>	Parte que sostiene las hojas en los vegetales uniéndolas al tallo.
<b>Perlita:</b>	Roca compuesta de feldespato y silicato de alúmina; es de color gris azulado y textura compacta, se emplea como piedra de construcción.
<b>Polimorfismo:</b>	Presencia coetánea de diferentes formas de un mismo gen (alelos) en una población. Es decir, los polimorfismos son variantes de una posición de la secuencia del ADN que coexisten simultáneamente en una misma población.
<b>Pulpa de café descompuesta:</b>	Parte externa del fruto maduro del cafeto que ha sido sometida al proceso de descomposición.
<b>PVC:</b>	Polivinil – cloruro, es un polímero plástico utilizado en la industria como aislante o material de construcción,
<b>Raíz:</b>	Órgano subterráneo que crece en dirección inversa a la del tallo, con funciones principales de absorción y anclaje.
<b>Servicios Ecosistémicos:</b>	Los beneficios que proporcionan los ecosistemas a los seres humanos.
<b>Solubilidad:</b>	Es la mayor cantidad de iones (gramos de sustancia) que se puede disolver en 100 gr. de disolvente a una temperatura fija, para formar una disolución saturada en cierta cantidad de disolvente.

---

---

<b>Sustrato:</b>	Lugar que sirve de asiento a una planta o un animal fijo.
<b>Taxonomía:</b>	Rama de la botánica que se ocupa del estudio de los caracteres y de la clasificación jerárquica y sistemática de las plantas en grupos de distinta categoría a partir de análisis biogénéticos y filogenéticos y de criterios morfológicos, fisiológicos, ecológicos, embriológicos, fotoquímicos, etc.
<b>Toxicidad:</b>	Es una medida usada para evaluar el grado tóxico de algunos elementos. La toxicidad puede representar al efecto de esta sobre un organismo como un ser humano, una bacteria o inclusive una planta.
<b>Turba negra:</b>	Material de origen orgánico con un bajo grado de descomposición y alta mineralización.
<b>Turba rubia:</b>	Material orgánico de origen orgánico con un bajo grado de descomposición y alto grado de materia orgánica (en comparación con la turba negra)
<b>Turba:</b>	Material fósil orgánico formado de residuos vegetales acumulados en sitios pantanosos, de color pardo oscuro, aspecto terroso y poco peso y que al arder produce humo denso.
<b>Variabilidad genética:</b>	Variación en el material genético de una población o especie.
<b>Vegetativo:</b>	Que realiza cualquier función vital, excepto la reproductora.

---

# BREVE PRESENTACIÓN DE LOS AUTORES

---



## **CARLOS ALFREDO SALAS MACÍAS.**

Ingeniero Agropecuario, obtuvo maestrías en Administración y Mercadeo Agropecuario en el Centro de Estudios de Postgrado, Investigación, Relaciones y Cooperación Internacional (CEPIRCI) de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y en Agroforestería Tropical en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Campos de acción: Ciencias ambientales y Agroforestería. Fue técnico del Jardín Botánico, involucrado en proyectos de recuperación de especies endémicas de la provincia de Manabí; evaluador externo para el Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES Ecuador). Actualmente es docente de la Facultad de ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí y posee un Doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales.

---



## **MIRYAN ANGÉLICA PINOARGOTE CHANG.**

Inició sus estudios de pregrado en la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano” en 2004, culminando su formación como Ingeniera Agropecuaria en la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí en 2011. Docente *ad honorem* en la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Manabí en 2011 y visiting scholar en el Departamento de Agronomía de Iowa State University en 2012. Posee una maestría en Sistemas Agrícolas Sostenibles en el Centro Agronómico Tropical de Educación y Enseñanza (CATIE).

---



## **CARLOS RUIZ CARREIRA.**

Investigador postdoctoral de la Universidad Técnica Particular de Loja. Realizó los estudios de Biología en la Universidad de Murcia, España, donde continuó con el doctorado sobre la evolución y filogenia molecular de insectos. Su línea de investigación se centra en la caracterización molecular e identificación de la biodiversidad, así como el estudio de los principales procesos que la han generado, para establecer medidas adecuadas para su conservación. Ha publicado diversos artículos sobre evolución y filogenia de carábidos (Orden Coleoptera) y abejas sin aguijón (Orden Hymenoptera).

---



## **JOSÉ NEWTHON PICO MENDOZA.**

Ingeniero Agrónomo, realizó su Maestría en Agroecología en el Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas (CATIE), en Costa Rica, evaluando los servicios ambientales que proveen los sistemas agroforestales con café. Desempeñó funciones como investigador en el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, dirigiendo esfuerzos en la línea de conservación de los recursos naturales, al mismo tiempo ejerció la función de Director ejecutivo de la Red de Jardines Botánicos del Ecuador por un periodo de dos años. Es docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la UTM. Posee un Doctorado en Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca en Chile.

---



**LILIANA COROZO QUIÑÓNEZ.**

Ingeniera Agrónoma, obtuvo su Maestría en Mejoramiento Genético de Plantas en la Escuela de Post-Grado de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Ha contribuido en investigaciones de caracterización morfológicas y moleculares en el proyecto VLIR-UNALM en el género *Capsicum* en Perú. Fue Administradora del Departamento de Investigaciones Agro Socio-Económico (DIASE) de la Universidad Técnica de Manabí. Actualmente es Decana y docente de la facultad de Ingeniería Agronómica docente y aspirante a Doctorado.



**JUAN MANUEL MOREIRA CASTRO.**

Ingeniero Agrónomo graduado en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí. Ha trabajado en el Jardín Botánico como investigador de recursos forestales. Conocimientos de botánica mediante el uso de descriptores para identificación de especies vegetales. Conferencista en el tema técnicas de reforestación y forestación con especies arbóreas nativas para personal de la CORFAM, en la Universidad Católica Portoviejo. Conferencia sobre bosque temático de mango en el Jardín Botánico de la UTM, trabajos de inventarios florísticos para consultora ACOLIT en la provincia de Manabí, los Ríos y Bolívar, y documento técnico sobre bambúes del Jardín botánico (en proceso de publicación).



**GEORGE ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA.**

Estudió ingeniería Agronómica en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí en el año 2010; Magister Scientiae, especialidad Producción Agrícola, en la Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú en el año 2012. Profesor principal de la Facultad de Ingeniería Agronómica en la Universidad Técnica de Manabí desde el 2012, desempeñando la cátedra de Fisiología Vegetal y Cultivos Perennes, miembro de la Comisión Académica de la Facultad de Ingeniería Agronómica en el año 2012; miembro de la Comisión de Acreditación en el año 2013; dirigente de organizaciones cacaoteras; capacitador técnico en la cadena productiva de cacao para FUNDES y CAMAREN; asesor de varias tesis de investigación en la facultad de Ingeniería Agronómica. Estudiante de Doctorado.



**FRANCISCO JAVIER ARTEAGA ALCÍVAR.**

Se graduó de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Técnica de Manabí (UTM); comenzó su carrera como miembro del Comité Técnico del Departamento de Investigaciones Agro Socio-Económico (DIASE) de la Universidad Técnica de Manabí. Realizó su maestría en la especialidad de Producción Agrícola en la Escuela de Post-Grado de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) Lima- Perú. En la actualidad es catedrático y miembro de la Comisión Académica de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la (UTM), las materias que dicta son Botánica General, Botánica II, Fruticultura General y Cultivos de Ciclo Corto. Ha participado en investigaciones relacionadas a los cultivos de *Capsicum*, cebollas y cítricos. Estudiante de Doctorado.

---



**GEORGE GARCÍA MERA**

Se graduó de Ingeniero Agropecuario en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Realizó una maestría en Alimentos en el Centro de Estudios de Postgrado, Investigación, Relaciones y Cooperación Internacional (CEPIRCI). En la actualidad es catedrático de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y cursa el Doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales en la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima, Perú.



**OSWALDO VALAREZO CELY.** Nacido en Zaruma, El Oro, (1946). Graduado en la Universidad Técnica de Manabí (UTM), obtuvo su Maestría en Sanidad Vegetal en la Universidad Agraria del Ecuador. Es Docente desde 1976 en la Facultad de Ingeniería Agronómica (UTM) y fue Director de Escuela de la misma (1993-1999). Ha recibido Reconocimientos al Mérito Docente por la Universidad Técnica de Manabí (2007) y Mención de Honor del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Manabí (2008). Labora como Investigador Responsable del Departamento Nacional de Protección Vegetal en la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Colabora como Editorialista de la Revista El Agro y es articulista y Miembro del Consejo Editorial de la revista indexada La Técnica.



**JEFFERSON BERTÍN VÉLEZ OLMEDO.**

Ingeniero Agrónomo, culminando maestría en Fitopatología en la Escuela de Post-Grado de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Ha contribuido en las investigaciones de caracterización biológica y serológica de aislamientos de *Pepper mild mottle virus* colectados en Perú, además del estudio de otros tobamovirus que infectan *Capsicum spp.*, bajo las condiciones de Perú; también ha contribuido a la búsqueda de resistencia en especies de *Capsicum* a *Meloidogyne incognita*. Actualmente es docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí y aspirante a Doctorado.



**EDISSON WILFRIDO CUENCA CUENCA.**

Ingeniero Agrónomo de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), Facultad de Ingeniería Agronómica, Sede Manabí-Ecuador. Posee un título de Magister Scientiae con especialidad en Suelos, otorgada por la Escuela de Post-Grado de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) Lima- Perú. En la actualidad es Docente en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la UTM. Ha participado en investigaciones relacionadas con la contaminación de los suelos, interacciones de nutrientes en maíz, entre otros. Estudiante de Doctorado.



**JUAN RAMÓN FLOR VINCÉS.**

Ingeniero Agrónomo, realizó una maestría en Agricultura Ecológica y una especialidad para el Desarrollo en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). En el Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí laboró por más de 15 años, desarrollando amplia experiencia en el área de producción orgánica. Actualmente se desempeña como Profesor Principal en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí. Estudiante de Doctorado

---



---

**MARIEL YGLESIAS GONZÁLEZ.**



Graduada de la carrera de Ciencias Biológicas con énfasis en Desarrollo Sostenible de la Universidad Latina de Costa Rica en el 2009. Posteriormente, amplió sus estudios con una maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Sus intereses han estado enfocados hacia la dimensión social del manejo de los recursos naturales. Por tanto, sus experiencias de trabajo incluyen estudios de restauración del paisaje y cambio de uso de la tierra; elaboración de talleres participativos para el manejo de recursos naturales por parte de comunidades y participación en programas rurales de conservación. Actualmente se desempeña como consultora ambiental independiente y participa en procesos de educación holística y alternativa en comunidades rurales de Costa Rica.

---



**Uleam**  
UNIVERSIDAD LAICA —  
ELOY ALFARO DE MANABÍ

ISBN: 978-9942-775-41-2



9789942775412