



Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura y

Tecnoparque nodo La Angostura

Vol. 1; No. 1; Año 1. Diciembre de 2014. Huila, Colombia. ISSN: 2422-0493

Con el apoyo del Grupo de Investigación Agroindustrial La Angostura; Red de Investigación, Innovación y Desarrollo -NOVA y SENNOVA Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Director

Cándido Herrera González
cherrerag@sena.edu.co

Editor académico

Marcos Fabián Herrera Muñoz
mfabianhm@misena.edu.co

Comité editorial

Claudia Mercedes Ordoñez
Sergio Andrés Orduz
Isaías Farfán Collazos

Comité científico

M. Sc. Luis Alberto Tamayo
Servicio Nacional de Aprendizaje

M. Sc. Diego R. Chamorro Viveros
Universidad Nacional Abierta y a Distancia

M. Sc. Juan Carlos Suárez Salazar
Universidad de la Amazonía

Ph.D. Eduardo Pastrana Bonilla
Universidad Surcolombiana

Directivos SENA

Alfonso Prada Gil

Director General SENA

Emilio Eliecer Navia Zúñiga

Coordinador Sistema Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA

Luis Alberto Tamayo Manrique
Director Regional – SENA Huila

Cándido Herrera González

Subdirector del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Claudia Mercedes Ordoñez
Líder Tecnoparque nodo La Angostura

Coordinación editorial

Sílaba Editores SAS

Corrección de estilo

Gabriel Jaime Lopera Maya

Diseño y diagramación

Minkalabs

Distribución: gratuita

Revista anual

Tiraje: 1.850 ejemplares

Fecha de publicación: diciembre 15 de 2014

Todas las fotografías de la revista son de Harrinson Eduardo Castañeda

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Tecnoparque nodo La Angostura

Dirección: Kilómetro 38 vía al sur de Neiva; Campoalegre (Huila).

Teléfonos.: (578) 8380191-8385060

Páginas web: <http://sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/zona-andina/Huila/Paginas/Huila.aspx>

<http://centroagroindustrial.blogspot.com>

Correo electrónico: angostura@sena.edu.co

Impresión: Extrategia Ecoprint SAS, Medellín.

Se autoriza la reproducción total o parcial de la obra para fines educativos siempre y cuando se cite la fuente.

CONTENIDO

Editorial	7
La Transferencia de Tecnología a empresas agropecuarias como factor dinamizador para la competitividad en el departamento del Huila <i>The agricultural technology transfer to companies as a dynamic factor for competitiveness in Huila</i> Cándido Herrera González	9
Aislamiento de <i>Trichoderma</i> sp., en las unidades productivas agrícolas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura de Campoalegre (Huila) <i>Isolation of Trichoderma sp., In agricultural production units Agribusiness Training Center La Angostura Campoalegre (Huila)</i> Carolina Ávila Cubillos, María Goretti Ramírez, Rodolfo Lizcano Toledo	15
Energía Geotérmica y Solar fotovoltaica: una aplicación para la optimización energética de los hogares <i>Renewable energy: An application for energy optimization of households</i> Juan Esteban Luna V.	21
Sistemas biológicos para el manejo ambiental: alternativas de control para contaminantes atmosféricos <i>Biological systems for environmental management: control alternatives for air pollutants</i> Sandra Marcela Sánchez B., Sergio Andrés Orduz T.	27
Impacto de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza del inglés <i>The Impact of Information and Communication Technologies in Language Teaching</i> Diego Portilla P.	35
Uso de medidores de clorofila como herramienta para optimizar el uso de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.): Reporte de caso <i>Use of chlorophyll meter as a tool for optimizing the use of nitrogen fertilizers in maize (Zea mays L.): Case report</i> Willian A. Ochoa Medina	41

Revisión bibliográfica sobre desarrollo y validación de un sistema automatizado para invernaderos 49

Bibliographic revision about development and approval of an automatized greenhouse system

Hernán Coronado H., Juan Pablo Peña A., Rosa Elvira Muñoz V., Eddinson Ortega M., Julio Flórez D.

Implementación de la Revisión Ambiental Inicial en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura Regional Huila en pro de la sostenibilidad del medio ambiente y la búsqueda de la mejora continua 59

Implementation of Initial Environmental Review at the Center for Agribusiness Training La Angostura Huila in support of environmental sustainability and the pursuit of continuous improvement

Félix Alfonso Trujillo M., Valentín Murcia T., Belén Alexandra Cerón Q., Germán Barrios Cruz, Yoly Dayana Moreno O.

Evaluación de la variabilidad espacial de suelos del predio Hato Viejo, municipio de La Plata 65

Assessment about Spatial Variability in Soils from "Hato Viejo's Farm" La Plata, Town

Rafael Morantes D.

Similitudes y diferencias fundamentales de los sistemas de gestión empresarial según las normas de la Red de Agricultura Sostenible (RAS) y OHSAS 18001 75

Similarities and differences in fundamental business management systems according to the rules of the Sustainable Agriculture Network (RAS) and OHSAS 18001

Damaris Perdomo M.





9

Editorial

LA INVESTIGACIÓN APLICADA: CONOCIMIENTO VIVENCIAL AL SERVICIO DE NUESTRAS NECESIDADES

Se nos ha dicho con insistencia que la nuestra es una era de conocimiento. La frase, ya convertida en lugar común, obliga a la reflexión de lo que se entiende por conocimiento. La proliferación de autopistas digitales; el rápido acceso a fuentes de información que hace unos años creímos inalcanzables; y un engeguedido fervor alrededor del uso masivo de las herramientas de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); nos hacen creer que el mentado cliché es una verdad de Perogrullo que la realidad se empeña en demostrar.

Pero la pregunta que el irreflexivo entusiasmo nos hace postergar debe ser traída de vuelta para alejar la obviedad y reformular los itinerarios: ¿Cómo formar investigadores que decodifiquen y reinventen las estrategias generadoras de conocimiento? ¿Cómo formar ciudadanos que logren incorporarse a las dinámicas de la innovación y que, desde la provincia, sean actores decisivos en el debate académico mundial?

Por ello, nuestro Centro de Formación Agroindustrial La Angostura y el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA), lideran iniciativas que buscan formar un aprendiz con la suficiente capacidad para descifrar la convulsa realidad y formular propuestas de cambio a las problemáticas contemporáneas de los diferentes sectores.

Hoy más que nunca, resulta imprescindible la estimulación del diálogo pedagógico, la simbiosis de lo local con lo global, y la cohesión del sector público, académico y empresarial, para alinderarnos como agentes partícipes en escenarios de deliberación ciudadana.

Acercar al campesino y al microempresario, al académico y al artesano, y tejer una red que nos permita actuar de manera colectiva, contribuirá a la consolidación de una región con creciente notoriedad en la economía del conocimiento.

La revista que el lector tiene en sus manos se propone divulgar la labor que en el campo de la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación, nuestra institución realiza con proverbial consagración. De manera silenciosa, instructores, aprendices, gestores del Tecnoparque y del sector empresarial, hacen de sus ambientes de aprendizaje, fértiles semilleros para la innovación y el mejoramiento de protocolos y procedimientos. Son estas las experiencias de las que dan cuenta los artículos contenidos en nuestra publicación. Serán los lectores, la comunidad académica y los investigadores, quienes juzguen la pertinencia y la validez, la audacia y el rigor, de cada uno de estos textos.



LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA A EMPRESAS AGROPECUARIAS COMO FACTOR DINAMIZADOR PARA LA COMPETITIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

Cándido Herrera González, M. Sc. en Administración
Subdirector del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Resumen: La sociedad del conocimiento y sus consabidos cambios semánticos en la concepción del desarrollo, obligan a que la reflexión y la investigación sobre la Transferencia de Tecnología, incorpore elementos de los contextos regionales. Es por ello que las categorías conceptuales, siempre expuestas a la obsolescencia que imponen los cambios intempestivos de un mundo mutante, deben ajustarse a las necesidades del entorno. Nada más desacertado que debatir conceptos alejados de las necesidades reales y que convierten a la investigación académica en un asunto gaseoso y autista. A partir de una interpretación a los conceptos de Transferencia de Tecnología que diversas corrientes y autores han postulado en los últimos años, el presente artículo examina las incidencias que traería para las empresas del sector agropecuario del departamento del Huila, el apropiarse de los aspectos esenciales de este dispositivo para la multiplicación de capacidades.

Palabras clave: Transferencia de tecnología, gestión tecnológica, empresa, universidad.

THE AGRICULTURAL TECHNOLOGY TRANSFER TO COMPANIES AS A DYNAMIC FACTOR FOR COMPETITIVENESS IN HUILA

Abstract: The society of learning, and its usual semantic changes in its concept of development, require that reflection and research on the Transference of Technology (TOT) should incorporate elements from regional contexts. Accordingly, the conceptual categories, always exposed to the obsolescence resulting from sudden changes in a changing world, must be adjusted to the needs of the environment. It would be wrong to discuss concepts that are foreign to real needs and which make academic research an autistic and vaporous subject. Based on an interpretation of the concepts of Transference of Technology that has been proposed by several schools of thought and several authors, the present article examines the impact that the companies of the farming sector from the department of Huila would have should they adopt the essential aspects of this plan for capacity multiplying.

Key words: Transfer of technology, technology management, business, university.

La agenda interna de competitividad del departamento del Huila ha identificado como dos de las principales apuestas a las relacionadas, en primer lugar, con la implantación de la Agroindustria de base tecnológica y sostenible en cafés especiales, frutales, cacao y tabaco; y en segundo lugar, a la consolidación de la cadena piscícola (producción de semilla, engorde, procesamiento y comercialización de los productos piscícolas) en el departamento del Huila, con una gestión de manejo de los recursos naturales en forma integral. Al observar las necesidades o requerimientos para la competitividad de estas, encontramos en que coinciden en la demanda de innovación y desarrollo tecnológico, estandarización de procesos, y formación y cualificación del talento humano, por mencionar algunas de las prioritarias.

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que la estructura institucional de la investigación y la Transferencia de Tecnología agrícola en América Latina son altamente susceptibles a una rápida obsolescencia, es necesario revisar un modelo institucional de transferencia de tecnología, en concordancia con las condiciones actuales, caracterizadas por la apertura de las economías, gobiernos nacionales con múltiples complejidades, sociedades urbanas, agricultura diversificada e industrializada, biotecnología, y una creciente preocupación por el ambiente¹.

Por ello, la transferencia de tecnología surge como un asunto de vital importancia en el contexto regional, en concordancia con Dong-Hyun Baek, Wonsik Sul, Kil-

Pyo Hong y Hun Kim (2007), quienes consideran que “la tecnología de la innovación desempeña un papel vital en la construcción de la competitividad nacional, y cada estado y sociedad se centra en fortalecer su competitividad global, con la capacidad de desarrollo de alta tecnología que sea difícil de imitar”². Es por ello que se requiere promover un mercado de Transferencia de Tecnología.

Antes de identificar cuál debe ser la estrategia o el mecanismo apropiado para transferir tecnología a un sector especial, como el sector agropecuario en nuestra región, es de gran importancia conocer casos referentes como el de China. Mansfield (1975), referido por Bernadette Andréosso-O’Callaghan y Wei Qian (1999), nos muestra una clasificación de las formas de la Transferencia de Tecnología (TT). De acuerdo a su trabajo, la TT busca ser concebida en diferentes niveles. Un primer nivel permite la distinción entre la TT vertical (refiriéndose a un flujo de información dado desde lo básico hasta los niveles de producción) y la TT horizontal (cuando una tecnología usada en un lugar, organización o contexto es transferida y usada en otro lugar, organización y contexto). Así mismo se hace necesario abordar lo concerniente con las diferentes fases del proceso de la TT. Una primera fase se refiere a lo que se ha llamado “transferencia de material” e involucra la transferencia de nuevos materiales o productos a un país. Una segunda fase corresponde a la transferencia de diseños y planos que facilitan el proceso de manufacturación del

1. Eduardo J. Trigo y David Kaimowitz, *Investigación agrícola y Transferencia de Tecnología en América Latina en los años noventa* (1994).

2. Dong-Hyun Baek, Wonsik Sul, Kil-Pyo Hong y Hun Kim, *A technology valuation model to support technology transfer negotiations* (2007).

nuevo producto o material. Finalmente, la última fase se refiere como la “transferencia de capacidad” e involucra la adaptación a las condiciones específicas del país o de las empresas receptoras, presentando dificultades, por lo que se considera que adaptar la nueva tecnología implica esfuerzos de aprendizaje constantes e inversiones grandes³.

En un país como Colombia, y especialmente en nuestro departamento, es de vital importancia el trascender, por un lado, la disponibilidad de una forma directa o vía de difusión de la tecnología especial, normalmente representada por la adquisición de las fábricas “llave en mano”; y por otro lado, de una forma indirecta de la Transferencia de Tecnología que incluye la concesión de licencias, coproducción, empresas con riesgos compartidos y, en todo o en parte, propiedad de las filiales establecidas a través de la Inversión Extranjera Directa (IED); trascender, como se dijo, a una tercera fase que plantea Mansfield (1975), citado por Bernadette Andréosso-O’Callaghan y Wei Qian, (1999), denominada como la “transferencia de capacidad”, la cual presenta como la de máxima importancia. Dicha fase de la transferencia de tecnología es abordada principalmente en el escrito “Transferencia de Tecnología, un modo de colaboración entre la Unión Europea y La China” (Mansfield 1975).

En la actualidad son comunes las expresiones y creencias de que alguna tecnología moderna está esperando para mejorar nuestras vidas. Esto se extiende a los gobiernos locales donde programas más grandes se han instituido para facilitar la “Transferencia de Tecnología”, un concepto que usualmente se refiere al proceso de mover una pieza de tecnología desarrollada a alto costo de un lugar a otro, con un costo menor del que requeriría desarrollar la tecnología localmente⁴.

El atractivo de la Transferencia de Tecnología es considerable y proviene de varios conceptos: por una parte obedece a que algunas de las tecnologías son intercambiables, ya que tienen características de conexión en el sentido en que son relativamente auto-contenidas, preempacadas, de fácil aprendizaje y su implementación puede amortiguar el impacto de un ambiente más grande. Por otra parte, el alto valor se puede redimir de las inversiones de I+D (Investigación y Desarrollo) las cuales crean unas tecnologías de producto derivado (*spin-off technologies*) que se pueden transferir extensamente; y por último, los usuarios que son capaces de transferencias pueden obtener unas tecnologías sofisticadas de alta calidad sin la necesidad de hacer gastos importantes en desarrollo.

Así como las demandas por tecnología agrícola han cambiado, eso también ha sucedido con su fundamento científico, tanto cuantitativa como cualitativamente. Los cambios tecnológicos actuales y futuros están sustentados, además de en los enfoques de la genética tradicional de plantas y en avances referentes a las tecnologías química y mecánica, en otras fuentes tales como: biología molecular y bioquímica, biotecnología, ecología, agronomía, economía, antropología, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, agroforestería, y el estudio de los sistemas de conocimiento y del análisis de sistemas de fincas. Las disciplinas y enfoques tradicionales continuarán siendo importantes, pero deberán dejar espacio para esas más novedosas (Ruttan 1990), citado por Eduardo J. Trigo y David Kaimowitz (1994).

Se concibe que la difusión internacional de la tecnología como la representación de un “atajo al desarrollo” lo plantea Emmanuel (1982) citado por Bernadette Andréosso-O’Callaghan y Wei Qian (1999), para el caso de una nación en vía de desarrollo. Por otra parte, ha sido planteado desde otra perspectiva por Shin (1996) de igual manera citado en el documento de Bernadette Andréosso-O’Callaghan y Wei Qian (1999), que la

3. Andréosso-O’Callaghan, Bernadette; Qian, Wei. *Technology Transfer: A Mode of Collaboration Between the European Union and China* (1999).

4. Kenneth L. Kraemer. *Local Government, Information Systems, and Technology Transfer* (1977)

esencia de la Transferencia de Tecnología, se consolida como un proceso de aprendizaje que permite al país que incursiona en estos nuevos procesos acortar la brecha tecnológica al redireccionar la ruta hacia la innovación e incluso propender por alcanzar el mismo nivel.

En los procesos de Transferencia de Tecnología, los países en desarrollo y nuestras regiones deben contemplar de manera seria elementos cruciales para la promoción del crecimiento tecnológico: como primera medida, la tecnología transferida debe ser apropiada, así mismo esta debe garantizar impactos externos positivos o retornos incrementados (*spin – off* y efectos de crecimiento) a través de su difusión, adopción y mejoramiento dentro de los límites del país receptor, como lo plantean Bernadette Andréosso-O'Callaghan y WeiQian (1999).

Cuando nos referimos a la Transferencia de Tecnología, hacemos referencia a la gestión del conocimiento, y obligatoriamente debemos pensar en la academia, ejemplo de ello es el documento de trabajo titulado "Transferencia a las empresas de las Investigaciones de las universidades", de la Academia Europea de Artes y Ciencias. Este documento hace referencia a la impostergable necesidad del cambio de la universidad clásica a la universidad emprendedora, lo cual requiere, por un lado, de la nueva definición de la misión de la universidad en la era de la economía del conocimiento; y por otro, del estudio actual del modelo dinámico de Transferencia de Tecnología nacido del concepto de la *Triple Hélice* en las relaciones Universidad-Industria-Gobierno, desarrollado por Henri Etzkowitz⁵.

En la transferencia del capital intelectual y el *know-how* entre organizaciones con la finalidad de su utilización en la creación y el desarrollo de productos y servicios viables comercialmente, se evidencia que la entrada del nuevo concepto de *economía del conoci-*

miento obliga a replantear el papel de la Universidad como agente fundamental en la generación de nuevos conocimientos, así como en la creación de estructuras que favorezcan la transformación de los dos lenguajes: el académico y el empresarial.

De acuerdo con Mario Rubiralta Alcañiz (2003), el concepto de Transferencia de Tecnología se halla relacionado con otros conceptos como la difusión tecnológica y la diseminación de conocimientos. Si entendemos por Transferencia de Tecnología aquel proceso voluntario y activo para diseminar o adquirir nuevas experiencias o conocimientos, la difusión tecnológica nos indica el proceso de extensión y divulgación de un conocimiento tecnológico potencialmente innovador. La transferencia conlleva un convenio, un acuerdo, y presupone un pago. La difusión aparece como un proceso normalmente abierto, sin la existencia de transacción económica entre agentes o investigadores. Se halla más ligado a la transferencia de conocimientos, entendida como el proceso de comunicación de conocimientos científicos por medios abiertos del tipo artículos, conferencias y comunicaciones.

Tomando como base la Comunidad Económica Europea y partiendo de la complejidad del Sistema de Innovación, esta puso de manifiesto la necesidad de otros modelos mejores; sin embargo, en el entorno universitario se ha incorporado, por su sencillez, un modelo denominado "triple hélice" en donde convergen y se entrecruzan los tres agentes del sistema: Universidades y Organismos Públicos de Investigación (investigación básica), las empresas, y las Administraciones⁶.

Según Leonardo Silvio Vaccarezza (1998), el comercio internacional de tecnologías es un tema relevante para mejorar la competitividad de la región en el futuro. Los temas de transferencia y apropiación internacional de tecnologías son piezas clave, tanto para la interpre-

5. Mario Rubiralta Alcañiz, *Transferencia a las empresas de la investigación universitaria* (2003).

6. *Ibíd*

tación del desarrollo latinoamericano como para la formulación de políticas e instrumentos específicos. Esta ha sido un área que no se ha abandonado, articulándose en el análisis perspectivas de la ciencia jurídica y de la economía.

Se plantea que la transferencia tiene la intención de producir una mejora continua a través del aprendizaje acumulativo. Una nueva unidad de negocio recibe la mejor tecnología de todas las unidades de negocio. Se han descrito por parte de autores, cuatro prácticas de conocimiento, que sustentan el desarrollo de empresas multinacionales. Es el caso de la red internacional ING Direct: Estas prácticas pueden ser revisadas a fin de considerar la viabilidad de adaptarse proporcionalmente a la gestión del conocimiento de una región y comprenden: (1) retención, es decir, los elementos de la actividad que se aplicaron sin cambios en la puesta en marcha de cada nueva unidad de negocios; (2) la adaptación, es decir, la modificación de las condiciones del mercado local; (3) la transferencia, es decir, los cambios realizados a los despliegues posteriores como resultado de la transferencia del aprendizaje acumulado dentro de la red mundial; (4) experimentación, es decir, las iniciativas que surgen dentro de una nueva puesta en marcha que no se derivan de la experiencia previa en algún lugar de la red⁷.

Al pensar en la Transferencia de Tecnología como parte de la gestión del conocimiento se hace necesario para un país o una región, tener en cuenta la importancia de las universidades, la relación de estas con la empresa y entes estatales. Es importante identificar y comprender que aquellas tecnologías latentes y que se considera que poseen un potencial valor comercial requieren de un compromiso especial por parte de los administradores de Tecnología de las universidades, tal

como lo indican las autoras Maritza R. Salazar y Theresa Kant, quienes adicionalmente indican que las tecnologías latentes son transferidas a través de un proceso de cuatro fases: el acceso, la extracción, la representación, y la orquestación.

Relativamente poca investigación informa a académicos y profesionales sobre cómo los administradores de tecnología transfieren estas tecnologías latentes. Este documento pretende cerrar la brecha y permite comprender cómo los administradores de tecnología se basan en sus conocimientos profesionales y situados, para identificar las tecnologías latentes y así establecer una relación entre una universidad y una empresa en la que la transferencia de esta clase de tecnología puede ocurrir⁸.

Las apreciaciones expresadas, soportadas en los diferentes autores en aspectos relacionados con la Transferencia de Tecnología, nos señalan la necesidad urgente de revisarlos y confrontarlos con nuestra realidad y emprender de manera inmediata un diagnóstico real de la manera como se está realizando la TT en la región: aspectos de negociación, la relación Universidad-Empresa y la presencia actual o futura de líderes administradores de la Gestión Tecnológica.

Bibliografía

- Andréosso-O'Callaghan, Bernadette; Qian, Wei (1999). "Technology Transfer: A Mode of Collaboration Between the European Union and China". *Europe-Asia Studies*; Jan 1999, Vol. 51 Issue 1, p123-142, 20 p.
- Dong-Hyun, Baek; Wonsik, SulKil-Pyo Hong; Hun, Kim (2007). "A technology valuation model to support technology transfer negotiations". *R&D Management*; Mar 2007, Vol. 37 Issue 2, p123-138, 16 p.
- Dunford, Richard; Palmer Ian; Benveniste, Jodie (2006). "Knowledge practices in the roll-out of a global

7. DUNFORD, RICHARD; PALMER, IAN y BENVENISTE, JODIE; *Practices in the roll-out of a global network: retention, adaptation, transference and experimentation* (2006).

8. SALAZAR, MARITZA R.; y LANT, THERESA K; *Rescuing latent technologies: a relational model of technology managers* (2008).

network: retention, adaptation, transference and experimentation". *Academy of Management Proceedings*; 2006, pH1-H6, 6 p.

Eduardo J., Trigo; David, Kaimowitz (1994). "Investigación agrícola y Transferencia de Tecnología en América Latina en los años noventa". *Cuadernos de Ciencia & Tecnología*; Brasilia, v.11, n.1/3, p. 99-126.

Kraemer, Kenneth L. (1977). "Local government, information systems, and technology transfer: evaluating some common assertions about computer application transfer". *Public Administration Review*; Jul/Aug 77, Vol. 37 Issue 4, p368-382, 15 p.

Vaccarezza, Leonardo Silvio; López Cerezo, José Antonio; Gil Pérez, Daniel; González Becerra, Aldo;

Rodríguez Acevedo, Germán; Sutz, Judith; Gómez, Carlos H.; Moreno Olmedilla, José Manuel (1998). "Ciencia, Tecnología y Sociedad ante la Educación". *Revista Iberoamericana de Educación*; Nº 18, septiembre – diciembre 1998 / ISSN: 1022-6508-X.

Rubiralta Alcañíz, Mario (2003). "Transferencia a las empresas de la investigación universitaria". *Academia Europea de Ciencias y Artes*; Madrid, España.

Salazar, Maritza R.; Lant, Theresa K. (2008). "Rescuing Latent Technologies: a Relational Model of Technology Managers". *Academy of management proceedings*; 2008, p1-6, 6p, 2 diagrams.

AISLAMIENTO DE *Trichoderma sp.*, EN LAS UNIDADES PRODUCTIVAS AGRÍCOLAS DEL CENTRO DE FORMACIÓN AGROINDUSTRIAL LA ANGOSTURA DE CAMPOALEGRE (HUILA)

Carolina Ávila Cubillos, *Bióloga*
Instructora, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
cavilac@sena.edu.co; cavilac@misena.edu.co

María Goretti Ramírez, *Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos*
Gestor Senior Línea Biotecnología y Nanotecnología, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
mgramirez0@misena.edu.co

Rodolfo Lizcano Toledo, *Especialista en Manejo Sostenible de Suelos*
Instructor, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
rodolfolizcano@gmail.com; rlizcanot@sena.edu.co

Resumen: Los hongos antagonistas se han convertido en importantes alternativas para el control biológico de fitopatógenos en el suelo. Las especies del género *Trichoderma* se destacan dentro de las más empleadas como agentes de control fúngico estableciendo simbiosis con las plantas, actuando en ciertos casos como antagonistas de hongos y bacterias fitopatógenas, tales como *Fusarium sp.*, *Curvularia sp.*, *Pseudomonas*, entre otros; al igual que con invertebrados e incluso con malas hierbas. Su modo de acción se expresa mediante hiperparasitismo, antibiosis y/o competencia. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue aislar el hongo del género *Trichoderma*, de las unidades productivas agrícolas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, ubicado en el municipio de Campoalegre en el departamento del Huila. El estudio se desarrolló entre los meses de abril a septiembre de 2014. El trabajo comprendió dos fases: la primera fue la de campo, donde se utilizó la metodología de muestreo de suelos y trampeo utilizando como sustrato el arroz; en la segunda fase, que contempló el trabajo de laboratorio, se llevaron las muestras, para posteriormente realizar siembras de diluciones seriadas en base 10 y siembra de gránulos de suelo en medio de cultivo PDA, Sabouraud y Rosa de Bengala. Con esta última metodología, empleando agar Rosa de Bengala, se logró obtener el crecimiento de colonias aterciopeladas de color blanco verdoso, característico del hongo. Esto constituye un punto de partida para que en un futuro se realicen ensayos de antagonismo *in vitro* con patógenos fúngicos causales de enfermedad, como *Fusarium*, con el propósito de producir un bioinsumo efectivo y adaptado a las condiciones agroecológicas de la zona.

Palabras clave: bioinsumos, control biológico, fitopatógenos, micoparasitismo.

ISOLATION OF *Trichoderma sp.*, IN AGRICULTURAL PRODUCTION UNITS AGRIBUSINESS TRAINING CENTER LA ANGOSTURA CAMPOALEGRE (HUILA)

Abstract: Antagonistic fungi have become major alternatives to the biological control of plant pathogens in the soil. *Trichoderma* is the genus of fungi that is considered one of the most widely used as an agent of fungal control; establishing symbiosis with plants, in some cases acting as antagonists of plant pathogenic fungi and bacteria as *Fusarium sp.*, *Curvularia sp.*, *Pseudomonas*, among others, invertebrates and even weeds. Hyperparasitism, antibiosis and / or nutrient competition are typical biocontrol actions of these fungi. In this sense, the objective of this study was to isolate the fungus *Trichoderma* from the agricultural productive units of the Agro-industrial Training Center La Angostura, located in the town of Campoalegre in the department of Huila. The study was conducted between April and September, 2014. This work was developed in two phases: the first phase was carried out on the field, where soil sampling methodology and trapping using rice as substrate was used. In the second phase, which included lab work, samples were taken to make serial dilutions on base 10 for sowing set as well as seed granules were sowed in the PDA crop, Sabouraud and Rose Bengal. Through this latter method, that is using Rose Bengal Agar, it was possible to obtain the growth of velvety greenish-white colonies, the distinctive color of the fungus. This is a starting point to perform future in vitro antagonistic tests with fungal pathogens that cause diseases such as *Fusarium*; in order to produce an effective bio-input adapted to the agro-ecological conditions of the area.

Key words: bio-inputs, biological control, plant pathogens, mycoparasitism.

Introducción

Para la agricultura convencional, los fungicidas constituyen la principal herramienta empleada para el control de hongos fitopatógenos. El uso a corto plazo de estos productos químicos, ha provocado a través del tiempo el desarrollo de resistencia a los fungicidas más empleados, como Mancoceb, Silvacur, Stratego, y Nativo, entre muchos otros. Por ello, la tendencia actual ha sido racionalizar el uso de fungicidas y desarrollar nuevas alternativas de control a través del uso de agentes biológicos, tales como: bacterias, hongos y virus entomopatógenos, hongos antagonistas, insectos predadores y parasitoides. De tal manera, se han desarrollado biopreparados a base de microorganismos antagonistas

como el hongo *Trichoderma sp.*, que pueden reducir el impacto generado por los patógenos en las raíces de las plantas (Centro de Educación y Tecnología, 2004).

Las especies del género *Trichoderma* poseen características hiperparasíticas, para el control de enfermedades en plantas producidas por hongos. Se le ha atribuido el control de patógenos fúngicos del suelo, principalmente de los géneros *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium* y *Fusarium*, entre otros (Ezziyyani, et al., 2004).

Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos: 1. Competición directa por

el espacio o por los nutrientes; 2. Producción de metabolitos contra bacterias, ya sean de naturaleza volátil o no volátil; y 3. Parasitismo directo de determinadas especies de *Trichoderma* sobre los hongos generadores de enfermedad (Infante, 2009).

Dentro de las cualidades que hacen de *Trichoderma* un género ideal para el desarrollo de trabajos de investigación se destacan su ubicuidad, la facilidad para aislamiento y cultivo de sus colonias, el crecimiento rápido en un gran número de sustratos, y el que no constituye una amenaza para las plantas superiores (Papavizas *et al.*, 1982).

El objetivo de este trabajo consiste en aislar el hongo *Trichoderma sp.*, a partir de muestras de suelo y trampas en sustratos con arroz en diferentes unidades productivas agrícolas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, ubicado en el municipio de Campoalegre en el departamento del Huila.

Metodología

Desarrollo del tema: procedimiento para aislamiento de *Trichoderma sp.*

Toma de la muestra de suelo

Los ensayos experimentales efectuados para el aislamiento de *Trichoderma sp.*, se vienen adelantando desde el mes de abril hasta septiembre del año 2014, en las unidades productivas agrícolas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. El área de estudio corresponde a las plantaciones de: pasifloras (*Passiflora edulis* y *Passiflora maliformis*), mango (*Mangifera indica*), cacao (*Theobroma cacao*), cítricos del género *Citrus sp.*, y policultivo (*Theobroma cacao* y *Musa sp.*); zonas donde se recolectó, en cada una, 15 muestras de suelo para aislar *Trichoderma sp.* Estas plantaciones se ubican en la cordillera central, con altitudes entre los 500 a 650 msnm y temperatura entre los 25 a 32 °C (Plan de Ordenamiento Territorial Campoalegre, 1999).

Para proceder al aislamiento de *Trichoderma sp.*, se realizó una colecta de suelo en las 5 unidades agrícolas del Centro de Formación. En cada una de estas, los muestreos fueron hechos en forma de zig-zag cerca de las raíces de la planta, a una profundidad de 20 centímetros. Se tomaron 15 submuestras/ha (Sadegian, 2004); de igual manera se tomaron las muestras al azar, para lo cual se seleccionaron diferentes puntos dentro del terreno, tratando de coleccionar una muestra de suelo de aproximadamente 500 g en cada área productiva. Las herramientas utilizadas fueron baldes, palines, machetes; debidamente desinfectados con hipoclorito de sodio al 70 %, con el fin de evitar que durante la manipulación del suelo se pudieran contaminar con otros agentes patógenos. Se utilizaron dos metodologías para la manipulación del suelo: en la primera se emplearon guantes para incorporar el suelo recolectado dentro del balde, desterronando y ubicándolo en la bolsa; en la segunda metodología se utilizaron los terrones sin ningún tipo de manipulación (sin disturbar); además en otros sectores seleccionados, se colocaron trampas con sustrato a base de arroz cocido para muestrear el crecimiento macroscópico del *Trichoderma* (Smith *et al.*, 2002); las muestras se transportaron en bolsas de polietileno debidamente rotuladas, y enviadas al laboratorio de ciencias básicas del Centro de Formación, para finalmente ser procesadas.

La metodología que se desarrolló para realizar los respectivos análisis para la identificación de *Trichoderma sp.*, se describen a continuación:

Trampas con sustrato definido (arroz)

Se colocaron 15 trampas en diferentes lugares de cada una de las unidades productivas agrícolas seleccionadas (policultivo, cítricos, mangos, pasifloras, y cacao), cada trampa se realizó utilizando vasos desechables plásticos y bandejas de aluminio que se llenaron con arroz cocido, para un total de 75 trampas; estas se dispusieron a 20 cm de profundidad de la superficie del

suelo, quedando el sustrato hacia arriba. Cada trampa se identificó con banderas.

De las 75 trampas dispuestas en las cinco unidades productivas, se evidenció la posible presencia de *Trichoderma sp.*, en 3 de las trampas sembradas en suelo, dada la aparición del crecimiento de algunas colonias aterciopeladas de color blanco verdoso que se tornaba verde oliva con el tiempo, característica macroscópica descrita por Arias y Piñeros en el 2008. Adicionalmente, estas muestras fueron observadas bajo microscopio en objetivo de 40x (Foto 1). Estructura de hongo encontrado en la unidad productiva de cacao y que morfológicamente corresponde a *Trichoderma sp.*

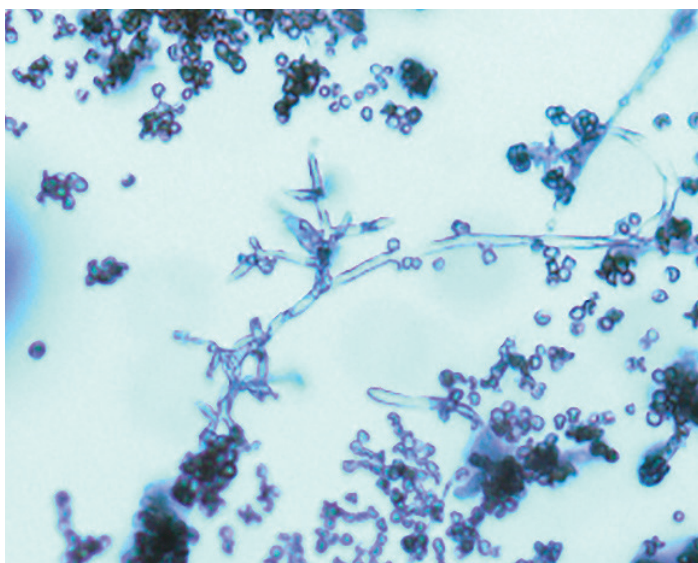


Foto 1. Raspado en fresco sobre estructura de hongo que posiblemente corresponde a *Trichoderma* observada con objetivo de 40x (fuente: autores, 2014).

Para el montaje de la muestra en el microscopio se empleó la técnica de la cinta pegante.

Técnica de la cinta pegante para identificación microscópica de hongos

Para la identificación microscópica de la posible presencia de *Trichoderma sp.*, en las muestras sembradas de cada una de las unidades productivas agrícolas, se realizó la técnica de la cinta pegante siguiendo el

procedimiento descrito en el *Manual de fundamentos de microbiología* (Escobar, 2005).

Diluciones seriadas en base 10

Las muestras de suelo obtenidas de cada una de las unidades productivas agrícolas, fueron de aproximadamente 500 gramos; estas se analizaron en el Laboratorio de Ciencias Básicas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. Se efectuaron 3 diluciones seriadas en base 10, tomando 10 g de suelo previamente homogenizado y adicionado en 90 mL de solución salina estéril, obteniendo la dilución 10^{-1} y así sucesivamente hasta obtener la dilución 10^{-3} ; de cada una de estas diluciones se tomó 1 mL, que se sembró en profundidad en agar papa dextrosa (PDA) y se incubó a 25 °C durante 5 días. Se utilizaron otros medios de cultivo para siembra, tales como Rosa de Bengala y Sabouraud, sembrando en superficie 0,1 mL de las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} .

De acuerdo a los resultados obtenidos, empleando la técnica de siembra por profundidad, no se evidenció el crecimiento del hongo en ninguna de las cajas, posiblemente por contaminación de la muestra en campo o en laboratorio, o porque las condiciones de siembra en el medio de cultivo, muy probablemente no resultaron ser favorables.

Después de constatar la estructura macroscópica y microscópica del hongo, se procedió a realizar la prueba de pureza para comenzar a aislar el hongo de interés.

Prueba de pureza

Se identificó la posible presencia de *Trichoderma sp.*, procedente de la plantación de pasifloras, correspondiente a la dilución 10^{-1} , en medio de cultivo PDA. Para confirmar la posible presencia de *Trichoderma sp.*, se tomó una muestra de la caja del medio de cultivo PDA, se sembró por punción en agar Rosa de Bengala y se incubó a 25 °C de 5 a 7 días (Foto 2). Prueba de pureza para identificación de características macroscópicas del género *Trichoderma sp.*

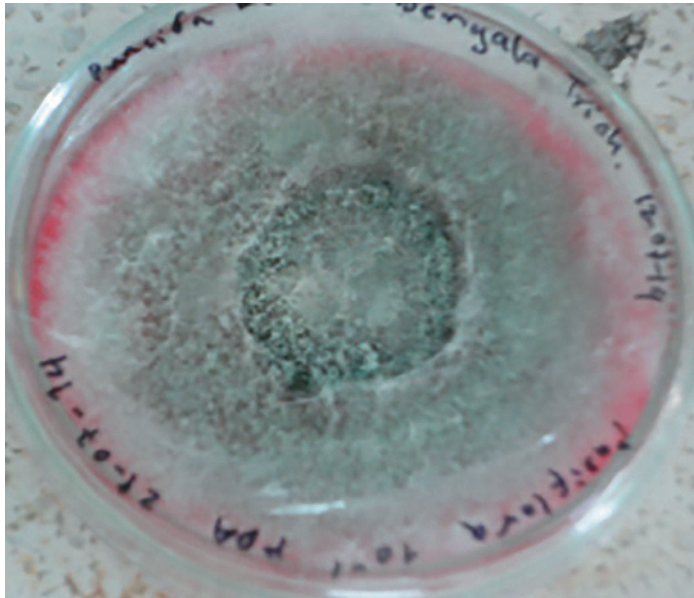


Foto 2. Prueba de pureza para identificación de características macroscópicas del género *Trichoderma* sp. (fuente: autores, 2014).

Adicionalmente, con la siembra en superficie de las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} , se obtuvo crecimiento de otros hongos que, de acuerdo a la estructura morfológica observada en las cajas de petri y bajo el microscopio, pueden corresponder a diferentes especies dentro de los géneros: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* y *Fusarium* (Arias y Piñeros, 2008). El mayor crecimiento de colonias de hongos ha sido observado sobre el medio de cultivo Rosa de Bengala, en las muestras correspondientes a las unidades productivas de cítricos y policultivo.

Gránulos o terrones de suelo

Para esta técnica se utilizaron los medios de cultivo Rosa de Bengala y PDA, en cada uno de ellos se sembraron 16 gránulos de suelo de aproximadamente 0,5 cm de diámetro, conformando una matriz de 4 filas x 4 columnas, se incubaron a 25 °C de 5 a 7 días.

Mediante esta técnica se observó el crecimiento de colonias de diferentes hongos, notándose la posible presencia de *Trichoderma* (de acuerdo a sus características macroscópicas de colonia aterciopelada, radiada de color blanco verdoso) en las muestras de suelo

de las cinco unidades productivas y especialmente en los gránulos sembrados en medio de cultivo Rosa de Bengala, procedentes de la unidad productiva de pasifloras. Estos gránulos se rodearon inicialmente de un color blanco que posteriormente fue tornándose en una masa algodonosa de color verde oliva, característico del género *Trichoderma*. Ver foto 3. Gránulos de suelo de la unidad productiva de pasifloras con evidencia de posible crecimiento de *Trichoderma*.

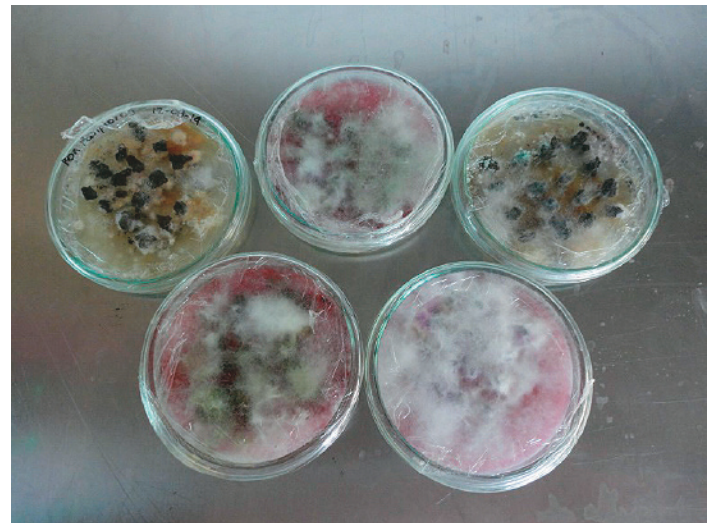


Foto 3. Gránulos de suelo de la unidad productiva de pasifloras con evidencia de posible crecimiento de *Trichoderma* con estructura algodonosa y coloración verde oliva (fuente: autores, 2014).

Conclusiones

- La metodología de terrones o gránulos de suelo permitió apreciar las características macroscópicas del hongo de interés en un período de tiempo más corto y con colonias mejor formadas.
- Las posibles colonias de *Trichoderma* se evidenciaron más claramente en medio de cultivo Rosa de Bengala.

Recomendaciones

- Para aislar más rápidamente el hongo, es necesario tomar la muestra de suelo en terrones y sembrar

en pequeñas porciones sobre el medio de cultivo; de preferencia agar Rosa de Bengala.

- En este ensayo se sembraron 16 terrones por cada caja, se hace necesario disminuir esta cantidad para garantizar el espacio suficiente para el crecimiento de los hongos.
- Realizar la siembra en superficie sobre los medios de cultivo, ya que este hongo crece mejor en ambientes aerobios.
- Dentro de los medios de cultivo empleados, se encontró mejor selectividad utilizando Rosa de Bengala.
- Realizar pruebas de biología molecular a las muestras obtenidas, con el propósito de identificar las especies nativas del Centro de Formación.
- Aplicar la metodología de trampas de arroz y toma de muestra de suelo para aislamiento de *Trichoderma* en zona de bosque y madera en descomposición.

Bibliografía

Arias, E. y Piñeros, P. (2008). *Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz verde*. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C.

Centro de Educación y Tecnología, CET (2004). *Manual Producción y utilización de Trichoderma spp.* Fundación para la innovación agraria. Santiago de Chile.

Dominguez, T. (1994). *Evaluación de nuevas cepas de Trichoderma spp. Como antagonistas de Botrytis cinerea y Phytophthora spp.* Tesis de grado. Facul-

tad de Agronomía. Universidad Católica de Chile, Santiago. 37pp.

Escobar, M. (2005). *Fundamentos de microbiología*. Tercera edición. Editorial CEJA. Bogotá D.C.

Ezziyyani, Mohammed; Sánchez, Consuelo Pérez; Sid, Ahmed; Requena, María Emilia & Candela, María Emilia (2004). "*Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)". *Anales de Biología* 26: 35-45.

Infante, Danay; Martínez, B.; González, Noyma y Reyes, Yusimy (2009). "Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos". *Rev. Protección Veg.* Vol. 24 No. 1: 14-21.

Papavizas, GC; Lewis JA & Abd-Elmoity, TH. (1982). "Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to Benomyl and enhanced biocontrol capabilities". *Phytopathology* 72: 126-132.

Sadegian, Siavoch (2002). *Muestreo de suelos agrícolas*. CENICAFE. Manizales.

Smith, V. L.; Wilcox, W. F. and Harman, G. E. (1990). "Potential for biological control of *phytophthora* root and crown rots of apple by *Trichoderma* and *Gliocladium spp.*". *Phytopathology* 80:880-885.

Smith, Jhon (2002). *Identificación y muestreo de suelos agrícolas*. USDA, Riverside, California.

Venegas, V., R., Palazuelos, F., P., Hirsch-Reinschagen, B. P.(1996). *Aplicación de Trichoderma en la protección de almacigos de lechuga Lactuca sativa*. Memoria Congreso de Agronomía.

Gobernación del departamento del Huila (1999). Plan de Ordenamiento Territorial, Campoalegre, Huila. Colombia.

ENERGÍA GEOTÉRMICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA: UNA APLICACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS HOGARES

Juan Esteban Luna V., *Ing. Mecánico*
Asesor Junior Línea de Diseño e Ingeniería, Tecnoparque nodo La Angostura
jlunav33@gmail.com

Resumen: Actualmente es indiscutible pensar que el acondicionamiento térmico de los hogares genera grandes consumos energéticos bajo los sistemas convencionales de refrigeración, además, no todos tienen acceso a estos sistemas y aun si estuvieran en condiciones económicas de costearlo deben contar por lo menos con una red eléctrica estable (no siempre disponible en zonas aisladas). Este artículo es una reflexión que tiene por objeto mostrar algunos ejemplos de sistemas prácticos que se podrían usar para mejorar el confort de hogares con disponibilidad de ciertos recursos renovables, más específicamente, con radiación solar y disponibilidad mínima de explotación geotérmica; esto, sin generar altos consumos energéticos y con una moderada inversión económica, y en consecuencia reducir el impacto ambiental que generan los hogares. Estos sistemas son enfocados en las condiciones que mejoran la eficiencia de la refrigeración más que en un aumento de la potencia consumida, es decir, reducir la cantidad de calor a extraer para obtener una reducción similar de temperatura.

Palabras clave: Hábitat pasivo, refrigeración verde, certificación LEED.

RENEWABLE ENERGY: AN APPLICATION FOR ENERGY OPTIMIZATION OF HOUSEHOLDS

Abstract: It is an indisputable fact that nowadays residential thermal air conditioning causes major energy consumptions under conventional cooling systems, however not all the individuals have access to these systems and even if they were capable to purchase them they must have at least a stable electrical grid (that is not always available in isolated areas). The aim of this article is to reflect on some examples of practical systems that might be used to make homes more comfortable by means of renewable resources, for instance solar radiation and minimum availability of geothermal exploitation. Then, it would not be produced high-energy consumption and it will be made with a moderate financial investment, as a consequence it will reduce the environmental impact caused by homes. The conditions for these systems are more focused on improving cooling efficiency than increasing power consumption, which is, reduce the amount of heat extracted to obtain a similar decrease of temperature.

Key words: Passive habitat, green cooling, LEED certification.

Introducción

Colombia cuenta con múltiples zonas altamente pobladas con índices altos de radiación, altas temperaturas y dificultades para la obtención de una red eléctrica estable; estas zonas se convierten en puntos estratégicos para la aplicación de métodos alternativos de obtención de energía y su transformación para el confort del hogar. Esta clase de requerimientos están siendo abordados sobre todo en países del norte de Europa, donde se encuentran la mayoría de estructuras certificadas como “Hábitats Pasivos”, término de un estándar riguroso que define la eficiencia energética de un edificio, con el fin de reducir la huella ecológica. Son edificios de ultra-bajo consumo de energía sin afectar el confort de un hogar (en calefacción o refrigeración). Una certificación conocida de este tipo de edificaciones es la LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), certificación que se enfoca en seis sistemas: Sitios Sustentables, Eficiencia del Agua, Energía y Atmósfera, Materiales y Recursos, Calidad Ambiental, e Innovación en Diseño (US Green Building Council, 2013).

Sistemas apropiados para el diseño de un hogar con bajos consumos energéticos

El informe se enfoca en mejorar el confort a nivel térmico de una residencia, y con un consumo energético nulo gracias al aporte de las energías alternativas que se pueden implementar. Los dos puntos de control para el aumento de la eficiencia son: (a) la climatización del interior del hogar y (b) la reducción de transferencia de calor con el exterior.

Sistema de climatización al interior del hogar

A pesar de que la temperatura ambiente se encuentre a altas temperaturas y esta varíe constantemente dependiendo de factores ambientales y geográficos, la temperatura de la tierra se mantiene a cierta profun-

didad relativamente constante; es decir, si se toma la temperatura de la tierra a cuatro metros de profundidad de la superficie en un punto de la tierra con estaciones se notará que la variación de temperatura va a ser muy leve considerando la variación de temperatura exterior, esto da a entender que a cierta profundidad la temperatura no es tan dependiente de condiciones externas y que podremos obtener una temperatura entre 18 a 22 °C (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración, 2010).

Un sistema bastante simple y apropiado para zonas con altas temperaturas es el “Tubo enfriador subterráneo”, el cual aprovecha la diferencia de temperatura del suelo para enfriar el aire exterior, esto se logra intercambiando el calor del aire con el del suelo, haciendo una red simple de tubería subterránea y enviando este aire al interior del recinto, entregando aire fresco a su interior. El esquema del sistema simple se ilustra en la Figura 1.

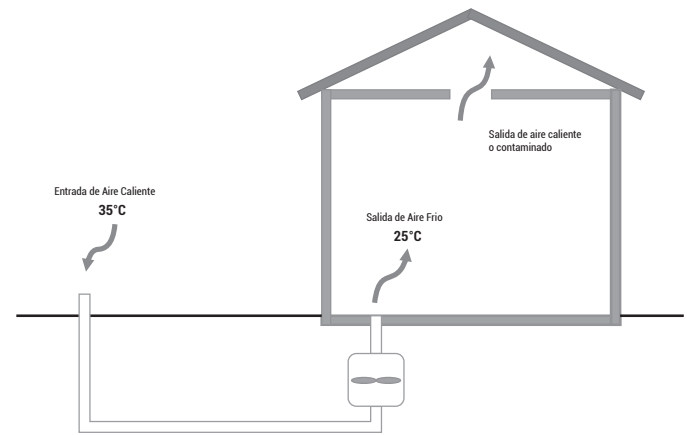


Figura 1. Esquema básico del “Tubo enfriador subterráneo” (fuente: autor, 2014).

Una propuesta para optimizar este sistema es acoplar el sistema de ventilación subterráneo con un mural con plantas, esto tiene una razón sencilla aparte del diseño: el aire caliente tiende a entregarle energía al agua para evaporarla; es similar al sistema de refrigeración del cuerpo cuando transpira, debido a que la piel le entrega energía al agua para evaporarla, lo que disminuye su

propia temperatura. En el sistema propuesto tendremos a disposición agua fría en las plantas y en la tubería de riego si se desea implementar nebulizadores o manguera exudante; en la Figura 2 se muestra el esquema de esta propuesta.

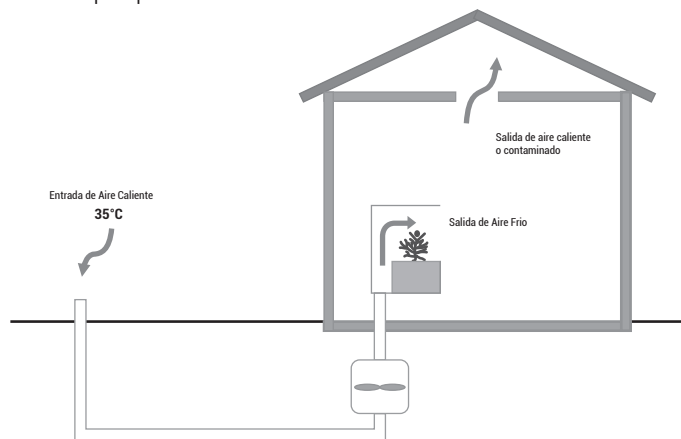


Figura 2. Esquema de sistema de ventilación subterránea con un mural verde (fuente: autor, 2014).

Además se puede poner una electroválvula, que sea programada para el riego o acoplada a un sensor de temperatura y que todo el sistema esté alimentado por energía solar fotovoltaica, donde por supuesto sería mejor que el ventilador sea alimentado por corriente directa; la Figura 3 muestra un sistema completo, con todos los elementos antes mencionados.

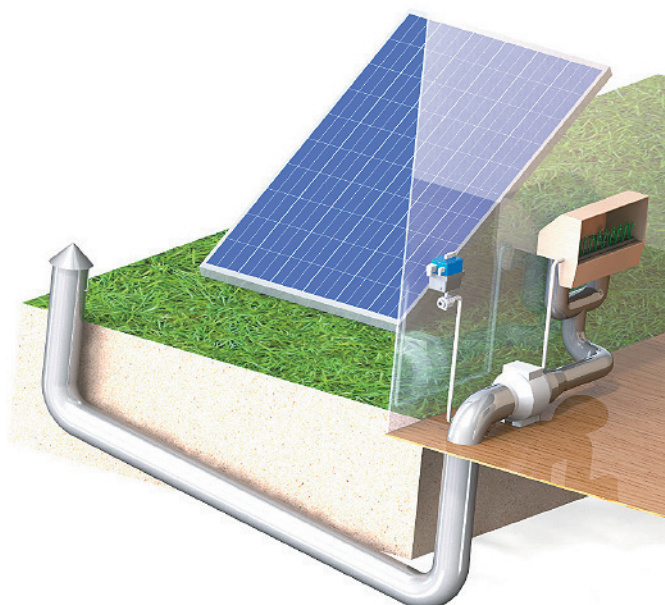


Figura 3. Esquema de sistema de ventilación subterránea acoplado con mural verde y sistema de riego controlado.

Este sistema tiene las siguientes ventajas:

- Ningún consumo sobre la red eléctrica.
- Aprovechamiento de recursos con prácticamente nulo impacto ambiental.
- Un sistema económico si se implanta a la hora de construir el hogar, aunque se debe tener en cuenta que el uso de los paneles se verá como una inversión inicial más que como un gasto.

Desventajas del sistema:

- Se deben controlar los condensables del aire.
- No es apropiado para zonas con dificultades hídricas.

Sistema de aislamiento térmico del hogar

Además de tener un buen sistema de refrigeración se hace necesario tener un buen sistema de aislamiento, buscando aumentar la eficiencia del sistema de refrigeración y limitando las pérdidas; es decir, entre más se pueda mantener frío el recinto menor cantidad de calor se le debe extraer, y esto se logra gracias a un buen aislamiento térmico. Para cumplir este objetivo se pueden implementar dos sistemas sencillos que disminuirían el calor transferido del exterior.

Ventana con doble filtro

Es bien conocido que existen tres tipos de transferencia de calor: convección, conducción y radiación, esta ventana usa ciertos filtros para limitar cada tipo de estas formas de transferencia; la Figura 4 muestra el esquema de esta ventana.

Funciona de la siguiente manera: la radiación solar alcanza el primer vidrio revestido, el cual absorberá y reflejará alrededor del 22 % de la radiación solar en el espectro visible y transmitirá la radiación sobrante (Gosh *et al.*, 2014), mientras que en la región ultravioleta e infrarroja los vidrios son generalmente opacos y transmiten poca radiación en estas longitudes de ondas. Desde el punto de vista convectivo y conductivo también hay un

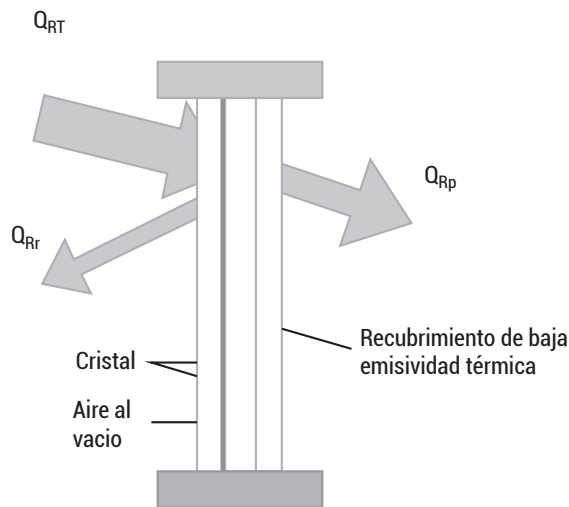


Figura 4. Vidrio revestido con doble acristalamiento (fuente: autor, 2014).

filtro que va a ser el espacio entre cada vidrio, siendo este el siguiente paso que debe atravesar la radiación para llegar a la habitación, se considera un filtro debido a que el aire tiene un coeficiente de transferencia bajo (coeficiente de conductividad térmica a 273.15 K de 0.024 W/mK) y si está al vacío la transferencia va a ser aún más lenta porque las partículas de aire no van a estar tan cercanas unas de otras, lo que disminuye el intercambio de calor con el ambiente; después deberá atravesar el último cristal el cual no está en contacto con el ambiente. Al-Shukry (2007) encontró una reducción considerable en temperatura utilizando vidrios con revestimiento en vez del vidrio estándar.

Otra forma sencilla de aislar térmicamente el recinto es utilizar materiales aislantes en las paredes, generalmente la transferencia de calor es pequeña comparada con la de las ventanas, pero si la construcción lo permite una forma económica es utilizando ladrillos térmicos, además se ha encontrado que con ciertos aditivos biológicos en los ladrillos comunes puede mejorar considerablemente el aislamiento térmico, como es el caso de la cascarilla de arroz que adicionada a la arcilla permite la reducción del coeficiente de conductividad térmica en un 75 % respecto al ladrillo de arcilla estándar (Bories *et al.*, 2014).

Además de reducir la transferencia de calor a través de las paredes y ventanas también se puede reducir la cantidad de calor que reciben estos elementos, una forma que aporta a la apariencia exterior del hogar es una pared verde, la cual bloquearía parte de la radiación solar. Para esto se debe tener en cuenta la resistencia de las plantas a las condiciones ambientales presentes.

En Canadá, se calculó el efecto de sombreado de las paredes verdes sobre el consumo de energía y se concluyó que reduce la energía utilizada para el enfriamiento en aproximadamente un 23 % y la energía utilizada por los ventiladores en un 20 %, lo que resulta en una reducción del 8 % en el consumo anual de energía (Bass y Baskaran, 2003).

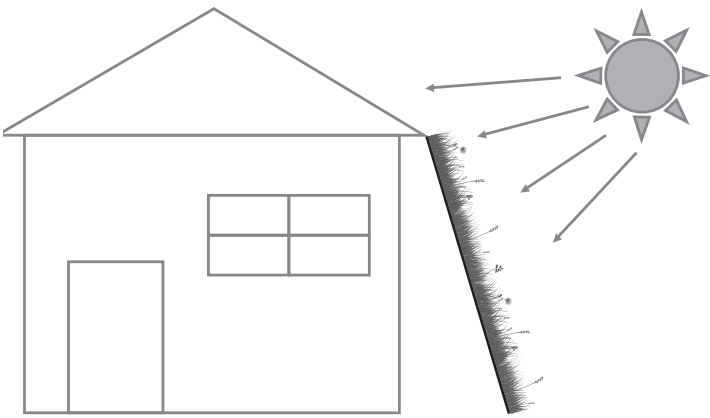


Figura 5. Esquema de bloqueo solar de la pared por medio de un muro verde (Autor, 2014).

Según la Texas AgriLife Extension Service (s. f.) se recomiendan, entre otras, las siguientes especies de plantas trepadoras para climas soleados: (a) *Bougainvillea* (conocida en Colombia como veranera), (b) *Glicinias* (del género *Wisteria*) y (c) *La vid* (*Vitis vinífera*).

Conclusión

Se ha mostrado en aspectos generales que no se requiere hacer grandes inversiones ni comprometer un alto consumo eléctrico para generar un ambiente con un buen grado de confort en cuanto a la disminución

de su temperatura; ahora resta la implementación de estas alternativas y su mejoramiento continuo, determinando, con estudios más profundos, configuraciones de alto rendimiento de cada uno de los sistemas antes mencionados.

Bibliografía

A.M. Al-Shukri (2007). *Thin film coated energy-efficient glass windows for warm climates.*, 209, 290–297.

Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (2010). *Guía técnica de diseño de sistemas de bombas de calor geotérmica*. Madrid: Fondo editorial del IDAE.

Bass, B.; Baskaran, B. (2003). *Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban areas*. Institute for Research and Construction. NRCC-46737, Project number A020, CCAF report B1046. Ottawa, Canada: National Research Council.

Bories, C.; Borredon, M.-E.; Vedrenne, E.; y Vilarem, G. (2014). "Development of eco-friendly porous fired clay bricks using pore-forming agents: a review". *Journal of Environmental Management*, 143, 186–96. doi:10.1016/j.jenvman. 2014.05.006

Ghosh, S. S.; Biswas, P. K.; y Neogi, S. (2014). *Effect of solar radiation at various incident angles on transparent conducting antimony doped indium oxide (IAO) film developed by sol – gel method on glass substrate as heat absorbing window glass fenestration*. *Solar Energy*, 109, 54–60.

Texas AgriLife Extension Service. (s.f.). En *Aggie Horticulture publications*. Recuperado: <http://aggie-horticulture.tamu.edu/archives/parsons/publications/>

US Green Building Council (2013). *LEED REFERENCE GUIDE FOR BUILDING design and construction*. Recuperado: <http://www.usgbc.org/resources/leed-reference-guide-homes-design-and-construction>.



SISTEMAS BIOLÓGICOS PARA EL MANEJO AMBIENTAL: ALTERNATIVAS DE CONTROL PARA CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Sandra Marcela Sánchez B., *Ing. Ambiental*
Joven Investigador Colciencias. Facultad de Ingeniería.
Universidad de la Costa. C.U.C.
ssanchez3@cuc.edu.co; sandrasanchz8@gmail.com

Sergio Andrés Orduz T., *Microbiólogo Industrial*
Instructor, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, SENA
sorduz@sena.edu.co; sorduz@gmail.com

Resumen: Las emisiones atmosféricas pueden generarse de diferentes maneras y repercuten en la salud de las personas; entre los contaminantes más importantes están: óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, y dióxido de carbono, los cuales son monitoreados constantemente; sin embargo, los métodos de control dependen de las disponibilidades económicas de las empresas y de la viabilidad tecnológica del país. Un factor adicional es la falta de conocimientos en relación a las alternativas de tratamientos químicos o biológicos, este último vital por tratarse de alternativas “verdes” en manejo de contaminantes atmosféricos. El presente artículo da a conocer los conceptos básicos referentes a la funcionalidad de sistemas de infiltración de emisiones atmosféricas con contaminantes ambientales. Para ello se realizó una búsqueda de información bibliográfica con el fin de estructurar las ventajas, desventajas y aplicaciones de sistemas de biofiltración, con ello, se evidencia que la temperatura (30 ± 10 °C), humedad relativa (≈ 40 %), material filtrante y los microorganismos del sistema son fundamentales para la eficiencia del mismo, útiles además para diferentes contaminantes generados por variedad de industrias como: la minera, la petroquímica, los procesos de combustión de materiales plásticos, las papeleras y la siderúrgica. Se concluyó que los sistemas de tratamiento biológico ofrecen una amplia variedad de soluciones económicas y ecológicas para emisiones de gases contaminantes como NO_x o SO_x; estos sistemas buscan posicionarse en el país como la mejor alternativa para el tratamiento de emisiones atmosféricas, con ayuda de la investigación e implementación del tema.

Palabras claves: Biofiltración, tratamiento de gases, emisiones atmosféricas.

BIOLOGICAL SYSTEMS FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT: CONTROL ALTERNATIVES FOR AIR POLLUTANTS

Abstract: Atmospherics emissions can be generated in different ways that affect human health, among the most important pollutants that are continuously monitored concern sulfur oxides, nitrogen oxides, volatile organic compounds (VOCs) and carbon dioxide, however control methods depend on the economic resources company and technological viability of the country. An additional factor is the lack of knowledge regarding chemical or biological treatment options, being the latter important as a "green" alternative in relation to air pollutants management. This report aims to disseminate basic knowledge on the functionality of biofiltration systems for gas emissions with environmental contaminants. Therefore, literature search was performed in order to structure the advantages, disadvantages and applications of biofiltration systems. It was shown that the temperature (30 ± 10 °C), relative humidity (≈ 40 %), filter material and microorganisms of these biofiltration systems are essential to their efficiency, thus being useful for different pollutants generated by a variety of industries mainly by the low water requirement for their operation, even though they have not been positioned commercially in Colombia could be an economical, eco-friendly and efficient tool for the treatment of atmospherics pollutants. It was concluded that biological treatment systems offer a wide variety of economical and ecological solutions for many greenhouse gas emissions and they seek to position themselves in the country with the help of research and implementation as one of the leading technologies for the treatment of atmospherics emissions.

Key words: *Biofiltration, gas treatment, atmospherics emission.*

Introducción

La contaminación atmosférica según lo establecido en la normativa vigente para Colombia, es el fenómeno de acumulación o del incremento de la concentración de contaminantes en el aire que pueden afectar a la salud humana (MAVDT, 2010b). Los contaminantes se pueden clasificar según su origen y evolución; el primer grupo comprende la contaminación generada de manera natural (incendios forestales, erupciones volcánicas, tormentas, procesos biológicos) y/o de manera antrópica (fuentes industriales, procesos de combustión de vehículos, etc.), en el segundo grupo la contaminación se presenta en contaminantes primarios (procedentes

directamente de las fuentes de emisión) y los contaminantes secundarios (originados por interacción química entre los contaminantes primarios y los componentes normales de la atmósfera) (Manahan, 2007). Las sustancias contaminantes de la atmósfera son cuantiosas por lo cual su clasificación es ilimitada; sin embargo, existen grupos de contaminantes reconocidos a nivel mundial, principalmente los óxidos de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles.

Inicialmente los sistemas de tratamiento biológico de gases fueron desarrollados para eliminación

de olores en plantas de compostaje y de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, en los últimos 30 años el uso de técnicas biológicas para la eliminación de gases contaminantes procedentes de instalaciones industriales ha crecido exponencialmente, debido a su versatilidad y eficacia en el manejo de una variedad de contaminantes gaseosos que incluye compuestos aromáticos, alifáticos y alicíclicos, entre otros (Rene, Estefanía *et al.*, 2011). El principio de sistemas de tratamiento biológico de gases consiste en la utilización de un material orgánico o inorgánico, que sirve de soporte físico y, en algunos casos, como fuente de nutrientes para una población de microorganismos. El aire contaminado atraviesa el medio o lecho y se depura, por la actividad biológica, de esta manera, arroja subproductos inocuos y de fácil asimilación (agua y CO_2) (Esteban Jiménez & Villegas, 2005). Estos sistemas se clasifican en biofiltros, filtros percoladores y biolavadores (Fazaelipoor, 2009); la biofiltración, cada vez más popular, es una tecnología "verde" que no utiliza productos químicos ni produce residuos potencialmente peligrosos para el medio ambiente (Hort, *et al.*, 2009); sin embargo, las industrias colombianas aún son esquivas al uso de esta tecnología, precisamente por falta de información en relación a los métodos de reducción de contaminantes atmosféricos. Este documento pretende dar a conocer al lector sobre los sistemas de tratamiento biológico de diferentes contaminantes atmosféricos, para así contextualizar y orientar sobre este modelo "verde" de tratamiento, proporcionando herramientas para cumplir con la normatividad ambiental de las industrias que generen emisiones atmosféricas.

Metodología

La información sobre sistemas de biofiltración de emisiones atmosféricas se realizó en varias fuentes documentales como bases de datos académicas de libre acceso, entre estas Google scholar; también,

con el fin de establecer criterios legales se consultaron normas nacionales e internacionales que pudiesen aplicarse para Colombia, además fueron consultados libros relacionados con la ingeniería ambiental. La búsqueda bibliográfica se realizó en dos periodos, el primero en los meses de septiembre-diciembre de 2012 y el segundo entre mayo-julio de 2014, donde se utilizaron criterios de búsqueda con palabras claves como: "sistemas biológicos de filtración", "contaminación atmosférica", "calidad de aire", "fuentes fijas y móviles, biofiltración", "gas waste", "bioltration" usando como rango de fechas el año 2002 al 2014 (los registros obtenidos ascendieron a los 500 resultados, aproximadamente).

Para seleccionar los documentos más relevantes para el desarrollo de la investigación, se utilizó un filtro de información correspondiente a técnicas de tratamiento de gases impuestas por la normatividad nacional, casos exitosos de sistemas de tratamiento biológico para emisiones atmosféricas a nivel mundial y las diferentes características de las técnicas de filtración biológica; la selección se realizó con el fin de comparar los sistemas tradicionales para la filtración de gases contaminantes y los sistemas biológicos de filtración, además de determinar el potencial de estos sistemas en Colombia, su aplicación en la actualidad y la utilización correcta de estos.

Resultados

¿Qué es la contaminación atmosférica?, conceptos y características

Las emisiones son todos aquellos materiales, sustancias o formas de energía que se descargan al ambiente como resultado de una actividad, bien sea de origen natural o antrópico, y que tienen un efecto negativo en la salud humana (Chaparro *et al.*, 2001), generando la contaminación atmosférica, fenómeno que se asocia principalmente a las actividades en los centros urbanos y/o de transformación de importancia.

La contaminación atmosférica representa uno de los problemas más generalizados y graves que afrontan las ciudades y las zonas rurales de Colombia (Sánchez-Triana, Ahmed; & Awe, 2006), según el IDEAM (2012), el contaminante de mayor preocupación dadas sus altas concentraciones y su comprobada afectación a la salud de la población es el material particulado menor a 10 μm (PM10), por lo cual es el contaminante más monitoreado en Colombia, seguido de gases como los derivados del azufre (SOx), derivados del nitrógeno (NOx), y el ozono (O₃), entre otros (Tabla 1).

Sistemas de tratamiento de contaminantes atmosféricos promovidos en Colombia

En Colombia el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas indica los principales sistemas de control de

emisiones atmosféricas, tales como, Ciclones, Precipitadores Electrostáticos, Quemador de gases, Sistemas de captura y destrucción de sustancias contaminantes, Sistemas de captura y recuperación de sustancias contaminantes, Incinerador para destrucción de sustancias contaminantes, Lavador húmedo, Lavador Venturi, Sistemas de Oxidación Térmica, Sistemas de Oxidación Catalítica, Adsorción por Carbón Activado, Absorción y Condensación (MAVDT, 2010a).

Sin embargo estos sistemas no son absolutos a la hora de tomar decisiones para su implementación, el Protocolo hace la salvedad de implementar nuevos sistemas de control de contaminación siempre y cuando reduzcan la concentración de los contaminantes que son emitidos a la atmósfera, además es necesario integrar sistemas biológicos con fisicoquímicos, que permitan complementar el proceso de reducción de contaminantes atmosféricos. Por lo anterior es necesario,

Tabla 1. Descripción de los principales contaminantes atmosféricos y sus principales características según Resolución No. 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Tomado de (MAVDT, 2010b)

CONTAMINANTE	CARACTERÍSTICAS
Material Particulado Menor a 10 Micras (PM10)	Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales.
SO ₂ (Dióxido de Azufre)	Gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones.
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas.
O ₃ (Ozono)	Gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar.
PST (Partículas Suspendidas Totales)	Material particulado que incluye tanto a la fracción inhalable como a las mayores de 10 micras, que no se sedimentan en periodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad.
PM 2.5 (Material Particulado Menor a 2,5 Micras)	Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales.

establecer claramente las características de las emisiones para seleccionar la mezcla de tratamientos y establecer modelos altamente eficientes.

Sistemas biológicos de tratamiento de gases

Los tratamientos biológicos son otra posible solución para el tratamiento de gases, donde la depuración

la llevan a cabo una serie de microorganismos (Castells & Oliver, 2012) que tienen la capacidad de metabolizar los agentes contaminantes de tal manera que los transformen en compuestos menos tóxicos para la salud humana. Existen diferentes tecnologías biológicas para el tratamiento de gases contaminantes, los cuales se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de los tres principales sistemas biológicos de tratamiento para emisiones atmosféricas. Tomado de Morgan Sagastume, Revah Moiseev, & Noyola Robles, (2000).

TIPO DE SISTEMA	BIOFILTRO	BIOLAVADOR	BIOFILTRO PERCOLADOR
Composición del medio	Microorganismos inmovilizados en soportes naturales con fuente de nutrientes.	Empaque inerte.	Soporte inerte con biopelícula en su superficie.
Circulación de agua	No hay circulación de agua.	Agua en circulación constante.	Circulación de agua continua.
Descripción	Absorción del contaminante en la biopelícula soportada en un medio natural que provee nutrientes a los microorganismos. Se usa un solo reactor.	En una torre de aspersión se disuelven los contaminantes del gas que después son degradados biológicamente en un sistema de lodos activados.	El gas se disuelve en la película de agua para entrar en contacto con los microorganismos. La absorción y la degradación suceden en un solo reactor.
Área de aplicación	Compuestos con concentraciones menores a 1 mg/L con coeficientes de Henry menores a 10.	Compuestos con concentraciones menores a 5 mg/L y coeficientes de Henry menores a 0,01.	Compuestos concentraciones menores a 0,5 mg/L con coeficiente de Henry menores a 1.
Ventajas	Alta superficie de contacto gas-líquido. Fácil arranque y operación. Bajos costos de inversión y operación. Soporta periodos sin alimentación.	Mejor control de la reacción. Posibilidad de evitar acumulación de subproductos. Equipos compactos. Baja caída de presión.	Comparables a las del biolavador.
Desventajas	Poco control sobre los fenómenos de reacción. Baja adaptación a altas fluctuaciones de flujo de gas. Mayor requerimiento de área.	Baja superficie de contacto gas-líquido. No soporta periodos sin alimentación. Genera lodo residual. Arranque complejo. Necesidad de aireación extra. Altos costos de inversión operación y mantenimiento. Necesidad de suministrar nutrientes.	Baja superficie de contacto gas-líquido. Generación de lodos. No resiste periodos sin alimentación. Necesidad de suministrar nutrientes. Arranque complejo. Altos costos de inversión, operación y mantenimiento.

Consideraciones para el establecimiento de un sistema de biofiltración

Para implementar un sistema de biofiltración de gases es necesario incluir ciertos factores para su correcto funcionamiento. A continuación se describen los factores:

Temperatura

Es indispensable usar microorganismos acordes con las temperaturas de funcionamiento, bien sea termófilos o mesófilos, pero la regulación de este factor es indispensable para el adecuado metabolismo de los agentes contaminantes. Una corriente de aire caliente puede reducir la concentración de microorganismos que trabajan en el biofiltro, mientras que una de aire frío puede reducir la actividad de los microorganismos al punto de que dejen de consumir contaminantes y pasen a un estado de animación suspendida; por ello se recomienda que la temperatura óptima de operación de un biofiltro oscile entre 20 y 40 °C (EPA, 2004).

Humedad

Generalmente el aire de entrada al sistema debe tener una humedad relativa superior al 95 %, de esto depende la supervivencia de los microorganismos. Para asegurar un porcentaje de humedad adecuado se humidifica el aire de entrada al biofiltro en forma esporádica, para así contrarrestar el calor generado por la reacción. Esto a su vez facilita la inmovilización por adsorción de los contaminantes suspendidos en la columna de gas (Altamar, 2007).

Acidez

La mayoría de los biorreactores funcionan mejor cuando el pH del lecho es cercano a siete o neutro. Sin embargo, la variedad de microorganismos permite variar el pH de la columna de gas, por tanto pueden ser usados microorganismos acidófilos para pH ácidos o alcalófilos para pH sobre 9 (EPA, 2004).

Material filtrante

Los lechos filtrantes más utilizados son el suelo y compost obtenido a partir de lodos activados, madera y otros materiales de origen orgánico. Un material filtrante con alto contenido orgánico es recomendable por poseer una alta concentración de nutrientes y evitar la adición de nutrientes al sistema, lo que facilita la degradación de los compuestos tóxicos. Sin embargo se debe tener especial cuidado con la selección del material, ya que no debe tener el compuesto de interés a degradar; es decir, si el material filtrante tiene alto contenido de azufre, los SO_x no serán degradados a la necesidad del sistema, reduciendo por tanto la eficiencia del mismo (Cabrera *et al.*, 2011).

Microorganismos

Los microorganismos pueden generarse naturalmente o en laboratorio, sin embargo estos últimos pueden ser más susceptibles a cambios en el medio ambiente, frente a los generados de manera natural. La selección de los microorganismos apropiados dependerá del material filtrante, los contaminantes a tratar y las condiciones del lugar donde será implementado el sistema (Yang *et al.*, 2014).

Sistemas biológicos de gases en Colombia

Diferentes organizaciones en Colombia han desarrollado investigaciones respecto al tema de biofiltración de gases contaminantes como el estireno (E Jiménez & Villegas, 2013), Compuestos Orgánicos Volátiles (Consuegra, 2007), ácido sulfhídrico (Romero Hernandez, Rodríguez Susa, Andrés, & Dumont, 2013), en algunos casos se han desarrollado con éxito estos sistemas, por ejemplo: la utilización de diferentes materiales de soporte para la biofiltración de ácido sulfhídrico (H₂S) (Chávez, Mora, Cabra, Revah, & Gnecco, 2004); los resultados de remoción hasta de un 99 % de H₂S dentro

de una planta de tratamiento de aguas residuales (Portilla & Sáez, 2007); y los sistemas que degradan azufre en las zonas aledañas al río Bogotá (Sáenz, 2011). Sin embargo, la temática aún no está posicionada en el país, posiblemente por falta de información del sector industrial en el asunto y por la resistencia al cambio de los sistemas tradicionales.

Conclusión

Los sistemas biológicos de filtración de gases son una nueva tecnología desarrollada a nivel mundial, que ha generado buenos resultados en las experiencias realizadas. Sin embargo, al momento de tomar decisiones para la implantación de estos, se deben tener en cuenta algunos factores como temperatura, humedad, acidez, microorganismos y material filtrante, lo que permitirá el éxito del sistema. En Colombia la excesiva generación de gases contaminantes ha llevado a la investigación e implementación de nuevas tecnologías más amigables con el medio ambiente, pero aún falta mayor compromiso por parte de la industria al momento de adoptar estos nuevos sistemas para generar un posicionamiento importante en el país.

Bibliografía

- Altamar, A. (2007). "Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles : dimensionamiento de un sistema de biofiltración de gases". *AVANCES Investigación En Ingeniería*, (6), 116–123.
- Cabrera, G.; Ramírez, M.; & Cantero, D. (2011). *Comprehensive Biotechnology. Comprehensive Biotechnology* (pp. 303–318). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-08-088504-9.00408-6
- Castells, X. E.; & Oliver, L. C. (2012). *Tratamiento y acondicionamiento de gases: Tratamiento y valorización energética de residuos* (p. 111). Ediciones Díaz de Santos.
- Chaparro, L.; Cuervo, M.; Gómez, J.; & Toro, M. (2001). "Emisiones al ambiente en Colombia". En: *El Medio Ambiente en Colombia* (pp. 531–543).
- Chávez, C. H.; Mora, Z. A.; Cabra, J. A.; Revah, S.; & Gneco, G. (2004). "Biofiltración de Ácido Sulfhídrico (H₂S), utilizando Bagazo de Caña de Azúcar y Piedra Pómez como Material de Soporte 1". *Ingeniería Y Competitividad*, 5(2), 7–15.
- Consuegra, A. A. (2007). *Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles : dimensionamiento de un sistema de biofiltración de gases*, (6), 116–123.
- EPA (2004). *Uso de biorreactores para controlar la contaminación del aire. EPA United States Environmental Protection Agency* (p. 38). U.S. Environmental Protection Agency.
- Fazaelipoor, M. H. (2009). "Analysis of a dual liquid phase biofilter for the removal of hydrophobic organic compounds from airstreams". *Chemical Engineering Journal*, 147(2-3), 110–116. doi:10.1016/j.cej.2008.06.025
- Hort, C.; Gracy, S.; Platel, V.; & Moynault, L. (2009). "Evaluation of sewage sludge and yard waste compost as a biofilter media for the removal of ammonia and volatile organic sulfur compounds (VOSCs)". *Chemical Engineering Journal*, 152(1), 44–53. doi:10.1016/j.cej.2009.03.026
- IDEAM (2012). *Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010* (p. 311). Bogotá, D. C.
- Jiménez, E.; & Villegas, A. (2005). "Diseño de un sistema de biofiltración para la remoción de estireno". *Revista EIA, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia)*, (3), 9–20.
- Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la química ambiental*. (M. del C. Durán Domínguez de Bazúa, Ed.) (Reverte., p. 760). México, D.F.: Reverte.

- MAVDT (2010a). *Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas*.
- MAVDT. Resolución Número 610. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Bogotá D.C.
- Morgan Sagastume, J. M., Revah Moiseev, S., & Noyola Robles, A. (2000). *Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos* (pp. 1–12). Universitaria, Coyoacan, México D.F.
- Portilla, E.; & Sáez, R. T. (2007). "Hydrogen sulphide removal by a biofiltration system in the waste-water treatment plant of the city of Bucaramanga in Colombia". *Journal of Biotechnology*, 131(2), S158–S159. doi:10.1016/j.jbiotec.2007.07.880
- Rene, E. R.; Estefanía López, M.; Veiga, M. C.; & Kennes, C. (2011). "Neural network models for biological waste-gas treatment systems". *New Biotechnology*, 29(1), 56–73. doi:10.1016/j.nbt.2011.07.001
- Romero Hernandez, A. C.; Rodríguez Susa, M. S.; Andrès, Y.; & Dumont, E. (2013). "Steady- and transient-state H₂S biofiltration using expanded schist as packing material". *New Biotechnology*, 30(2), 210–8. doi:10.1016/j.nbt.2012.07.003
- Sáenz, H. (2011). "Un sistema que utiliza microorganismos para degradar el azufre, principal contaminante del ambiente en las zonas aledañas al río Bogotá, está reduciendo las concentraciones de gas sulfuro de hidrógeno, altamente corrosivo y perjudicial para la salud". *Microorganismos Limpian Aire Del Río Bogotá*. Bogotá D.C.
- Sánchez-Triana, E.; Ahmed, K.; & Awe, Y. (2006). "Prioridades ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia". *Banco Mundial*, 522.
- Yang, L.; Kent, A. D.; Wang, X.; Funk, T. L.; Gates, R. S.; & Zhang, Y. (2014). "Moisture effects on gas-phase biofilter ammonia removal efficiency, nitrous oxide generation, and microbial communities". *Journal of Hazardous Materials*, 271, 292–301. doi:10.1016/j.jhazmat.2014.01.058

IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DEL INGLÉS

Diego Portilla P, *Especialista en la Enseñanza del Inglés*
Instructor, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, SENA
diegoportilla@misena.edu.co

Resumen: El objetivo de la investigación fue determinar cuál es el impacto al integrar las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la enseñanza del inglés en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura CEFA, en Campoalegre, Huila. El problema de investigación es necesario verlo desde dos puntos de vista: primero, los estudiantes han aprendido inglés bajo el modelo tradicional, no están motivados, se les dificulta producir lenguaje; el segundo, viene derivado de la planeación académica, el inglés no es obligatorio, la intensidad horaria es muy reducida y poco frecuente, esto impide que los aprendices desarrollen su competencia comunicativa. El tipo de investigación es acción participación, correlacional, cualitativa, cuantitativa y descriptiva. Para el desarrollo metodológico de esta investigación se escogieron dos grupos de aprendices, un grupo de control y un grupo experimental. Se realizó primero una caracterización de ambos grupos para determinar características similares; segundo, se aplicaron dos evaluaciones: una intermedia que permitiera determinar si la práctica pedagógica funcionaba y una final, para validar los resultados obtenidos en dicha evaluación. Los resultados fueron satisfactorios en cada evaluación, el grupo experimental obtuvo evaluaciones más altas en cada pregunta en la evaluación intermedia y la evaluación final, permitiendo concluir que la integración de las TIC en la enseñanza del inglés fue efectiva.

Palabras claves: Competencia comunicativa, tecnología, grupo control, grupo experimental.

THE IMPACT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN LANGUAGE TEACHING

Abstract: The objective of the research is to determine the impact of integrating Information and Communication Technology (ITC) in language teaching at the "Centro de Formación Agroindustrial La Angostura – CEFA", in Campoalegre, Huila. The research problem should be looked at from two perspectives: first, apprentices have learned English under the traditional model, they are not motivated, they have difficulty producing

Key words: Communicative competence, technology, control group and experimental group.

language; the second is derived from the academic planning, English is not required, time dedicated to English is very short and not frequent, this does not allow learners to develop their communicative competence. The type of research is action participation research, correlational, qualitative, quantitative and descriptive. In the methodology this research involved two groups of learners, a control group and an experimental group. First, a characterization of both groups was performed to determine similar characteristics; second, two evaluations were carried out, an intermediate evaluation to determine if the teaching practice was working and a final evaluation to validate the results of the intermediate evaluation. The results were satisfactory in each evaluation; the experimental group had higher results in each question in the midterm and final evaluation. In conclusion the integration of ICT in language teaching was effective.

Introducción

El punto de partida de esta investigación se deriva de las políticas del Gobierno Nacional plasmadas en el documento *Apropiación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)* en el Desarrollo Profesional Docente, versión 2.0, de febrero de 2008, del Ministerio de Educación Nacional, que describe el Programa Nacional de Uso de Medios y Nuevas Tecnologías (PNUMNT) cuyo fin es “promover el uso y apropiación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) al servicio del mejoramiento de la calidad y equidad de la educación, y la competitividad de las personas del país” (PNUMNT, 2008).

La Ruta de Desarrollo Profesional Docente (RDPD) propone que el docente en cada momento de apropiación formule estrategias de uso de TIC, como vía hacia la consolidación de procesos de innovación educativa. También busca prevenir que los docentes deambulen continuamente por “cursos de capacitación” de idéntico nivel y conocimientos, sin que estos les planteen nuevos retos de conocimiento y el desarrollo de nuevas competencias, (PNUMNT, 2008).

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA ofrece cursos de capacitación en el uso de las TIC en la educación, para empezar a realizar esta práctica pedagógica

se realizaron varios de estos cursos de capacitación que permitieron conocer y crear herramientas didácticas utilizando las TIC en la enseñanza del inglés.

De otro lado, Padurean y Margan (2012) realizaron un estudio titulado “El uso de las TIC en la enseñanza de la gramática del Inglés”, cuyo objetivo era investigar cómo diferentes profesores en Suiza enseñaban gramática inglesa y comparándola con los métodos tradicionales. La importancia de esta investigación en la práctica pedagógica radica en los aspectos similares que comparten ambos estudios, como la metodología, los objetivos y la pregunta de investigación.

El objetivo de esta investigación fue determinar el impacto al integrar las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza del inglés en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura (CEFA).

Metodología de investigación

La presente investigación se desarrolló en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, localizado en la zona rural del municipio de Campoalegre, Huila. La práctica pedagógica se realizó durante el primer y segundo trimestre del 2014 (de enero a junio), utilizando

dos programas de formación, uno de nivel técnico y otro de tecnólogo a cargo del investigador. Para determinar el impacto de las TIC en la enseñanza del inglés se tomaron dos grupos, un grupo de control (23 aprendices) y un grupo experimental (19 aprendices). El primer paso fue caracterizar cada uno de los grupos para estar seguros de que compartían características similares. En la Tabla número 1. Caracterización, se puede observar que la edad promedio de cada grupo fue de 19 años, los aprendices procedían de colegios públicos en su gran mayoría, recibieron enseñanza del inglés con métodos tradicionales, y finalmente no habían asistido a clases de inglés después de haber terminado estudios secundarios en el colegio.

Durante el primer trimestre del 2014 (enero, febrero y marzo), el grupo experimental fue formado en inglés a través de las TIC, utilizando para ello las siguientes herramientas: computador, Video Beam, presentaciones en Power Point, audio, video, plataforma LMS (Language Management System, se usa para desarrollar actividades académicas en los diferentes programas de formación que se imparten en el CEFA), plataformas interactivas de la web, red social Facebook, dispositivos móviles. El grupo de control recibió clases relativamente dinámicas y el uso de las TIC fue muy limitado, especialmente a actividades de audio.

Las siguientes fueron las actividades desarrolladas por los aprendices con el uso de las herramientas TIC:

1. Redes sociales – Facebook, aprovechando el atractivo que tiene esta red social en los jóvenes y el hecho de que cada uno de los aprendices del grupo experimental tenía cuenta, una vez por semana se realizaba una pregunta para que los aprendices pudieran interactuar y practicar los diferentes temas estudiados en clase. A cada pregunta el instructor respondía, los demás aprendices podían crear secuencias y generar debate y participación.
2. Telefonía, con el objetivo de poder interactuar en un ambiente real y desarrollar la habilidad de *speaking* (hablar), los aprendices debían llamar al instructor por al menos tres minutos (dos veces durante el trimestre) y realizar una conversación en inglés, de una forma espontánea y fluida, aplicando los temas vistos en formación.
3. Dispositivos móviles y aplicaciones – What's up, siete aprendices

TABLA 1. CARACTERIZACIÓN

ITEM	GRUPO DE CONTROL	GRUPO EXPERIMENTAL
Tamaño	23	19
Edad	20	19.4
Tipo de colegio	Público	Público, 4 aprendices en colegio privado.
Años desde graduación del colegio	3.16	3.5
Ha recibido clases después de graduarse	90 % (No)	85 % (NO)
¿Cómo eran las clases en el colegio?	Las clases eran centradas en el profesor, aunque los aprendices manifiestan que las clases eran relativamente dinámicas, se usaban guías, fotocopias, la clase era en español, se usaba audio de los libros de texto, vídeos y canciones.	Mencionan que las clases eran dinámicas, clases centradas en el profesor, uso de fotocopias, guías, audio y vídeo de libro de texto. Generalmente eran tres clases a la semana.
Uso de las TIC en clases de inglés en trimestre anterior	Se usaba CD de libro de texto.	Se utilizó audio, vídeo, computador, Video Beam, presentaciones en Power Point, redes sociales, dispositivos móviles, celular.

del grupo experimental contaban con celulares de alta gama que permitían soportar esta aplicación. En ella, se creó un grupo para poder interactuar libremente, sin ansiedad. El instructor saludaba, preguntaba y los aprendices respondían los comentarios y las preguntas.

- 4. Hipermedia, es decir, todos los contenidos que permitan crear y diseñar texto, audio y animaciones a través de programas de computador. Para esta investigación se utilizaron, por ejemplo, presentaciones creativas y dinámicas en Power Point. Estas presentaciones impactaron positivamente a los aprendices por ser más didácticas que las tradicionales. Presentaciones con movimiento y fáciles de comprender.
- 5. www.voxopop.com. Esta página es un sitio que permite crear foros de discusión orales, donde los aprendices pueden responder preguntas y mejorar su competencia comunicativa. Una ventaja de esta herramienta es que los aprendices pueden practicar tantas veces deseen antes de enviar la presentación final.
- 6. www.calameo.com. Esta página permite almacenar ejercicios prácticos que los aprendices pueden utilizar para crear sus propias presentaciones, es útil como consulta puesto que a través de ejemplos pueden realizar sus tareas con mayor facilidad.

Las siguientes herramientas tecnológicas son muy utilizadas por profesores de inglés, también se incluyeron en esta práctica pedagógica:

- 7. Sitios web especializados, en la web existen muchas páginas que ofrecen recursos para la enseñanza y el aprendizaje del inglés. Páginas con una gran cantidad de ejercicios prácticos y dinámicos,

entre ellas www.englishexercises.org, una página que en tiempo real permite evaluar las diferentes habilidades de la competencia comunicativa: hablar, leer, escribir y escuchar; ha sido muy atractiva para los aprendices.

- 8. Audio, a través del CD de los libros de texto. El CEFA posee algunos libros como New English File y New Cutting Edge. Igualmente, software especializado de la editorial que se usa en el ambiente de bilingüismo. Al iniciar el segundo trimestre (abril de 2014) se realizó una evaluación intermedia con el objetivo de determinar cuál era el impacto de la integración de las TIC en la formación y compararlos con los resultados obtenidos al grupo de control.

TABLA 2. EVALUACIÓN INTERMEDIA

PREGUNTA	PUNTAJE DE 1 A 5	PUNTAJE DE 1 A 5
	GRUPO DE CONTROL (En promedio)	GRUPO EXPERIMENTAL (En promedio)
1. Please describe yourself, say your name, age, job, where from, marital status, etc. (Por favor preséntese a usted mismo, diga su nombre, trabajo, de dónde es, su estado civil, etc.)	0.48.	1.6
2. Describe your family, talk about your parents, your brothers and sisters, what they do, age, etc. (Describa a su familia, hable de sus padres, sus hermanos, qué hacen, su edad, etc.)	1.12	1.8
3. Describe your daily routine, what you do from Monday to Friday. (Describa su rutina diaria, qué hace de lunes a viernes)	0.88	1.1
4. Say what you like and what you don't like, about sports, animals, etc. (Diga qué le gusta y que no le gusta, acerca de deportes, animales, etc.)	0.88	3
La evaluación se realizó a 19 aprendices del grupo experimental y 21 aprendices del grupo de control.		

Los resultados obtenidos en la evaluación intermedia muestran que el grupo experimental obtuvo calificaciones superiores en cada una de las preguntas en comparación con las del grupo de control. Por ejemplo, el grupo experimental en la pregunta número 4 obtuvo un resultado mayor al 100 % con respecto al grupo de control teniendo en cuenta que los contenidos y la intensidad horaria eran iguales para ambos. Si bien los resultados de la evaluación no fueron satisfactorios para ningún grupo, se nota que la enseñanza del inglés en el grupo experimental permitió mejores resultados. Es necesario mencionar que son aprendices con un bajo nivel de inglés y la intensidad horaria dedicada a la formación es apenas de 2 a 3 horas semanales y con la ausencia de material bibliográfico como libros de texto para cada aprendiz.

Con el fin de validar los resultados de la evaluación intermedia, se realizó una evaluación final, como

se muestra en la Tabla número 3; obteniendo el mismo resultado de la evaluación intermedia, el grupo experimental mostró mejores calificaciones en cada pregunta con respecto al grupo de control. En esta evaluación, en cada pregunta los aprendices del grupo experimental obtuvieron una calificación por encima del 50 % con relación a los aprendices del grupo de control.

Se validaron los resultados obtenidos en la evaluación intermedia, esto demostró que el impacto que tiene el hecho de integrar las TIC en la enseñanza del inglés fue alto. Es necesario tener en cuenta que durante el segundo trimestre se estudiaron temas nuevos, como el pasado simple y el futuro simple.

Conclusión

Dados los resultados obtenidos de la evaluación intermedia y de la evaluación final realizada a los dos grupos, control y experimental, y teniendo en cuenta

la pregunta de investigación, se concluye que hay un impacto positivo y significativo al integrar las TIC en la enseñanza del inglés en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura.

TABLA 3. EVALUACIÓN FINAL

QUESTION	CONTROL GROUP	EXPERIMENTAL GROUP
Número de aprendices evaluados	13	13
Please introduce yourself (Presentarse usted mismo).	1.23	2.69
Please describe what you do on weekends, Saturday and Sunday. For Simple present. (Describa lo que hace los fines de semana, sábado y domingo, usando el pasado simple).	0.77	1.54
Please describe what activities you did last weekend, for simple past (Describa lo que hizo el fin de semana pasado, usando el pasado simple).	0.31	1.23
Please describe what you are going to do next weekend, for future with going to (Describa qué va a hacer el próximo fin de semana, usando el futuro con going to).	0.38	1.38
Vocabulary of verbs in present and past (Lista de vocabulario de verbos en presente y pasado).	0.6	2.4

Recomendaciones

Es importante incluir actividades utilizando las TIC en la planeación académica, de esta forma se maximiza el aprendizaje.

El CEFA debe promover la utilización de las TIC en cada uno de los programas de formación, siendo estas más atractivas para los aprendices, más dinámicas y, de acuerdo con esta investigación, una práctica pedagógica efectiva.

Es muy importante mejorar la intensidad horaria y la frecuencia en la formación, se recomiendan mínimo tres encuentros presenciales de 1, 2 o 3 horas con cada titulación para obtener mejores resultados.

Bibliografía

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL COLOMBIA (2012). *Apropiación de TIC en el Desarrollo Profesional Docente*. Versión 2.0 de febrero.

PADUREAN, Alina y MARGAN, Manuela (2009). "Foreing Language Teaching Via ICT". Universitatea "Aurel Vlaicu". *Revista de Informatica Social*. Vol. VII. Nr. 12/. diciembre.

UNESCO (2007). Normas UNESCO sobre Competencias en TIC para Docentes. Versión Final 3.0. UNESCO Paris.

USO DE MEDIDORES DE CLOROFILA COMO HERRAMIENTA PARA OPTIMIZAR EL USO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.): REPORTE DE CASO

Willian A. Ochoa Medina, *Ing. Agrónomo*
Instructor, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
wochoam@sena.edu.co

Resumen: El nitrógeno (N) está dentro de los elementos que las plantas requieren en mayores cantidades, lo que ha llevado a que sea uno de los insumos agrícolas más utilizados a nivel mundial. La eficiencia en la utilización de este nutriente es baja, no siendo superior al 50 %. Lo anterior ocasiona no solamente bajos rendimientos en el cultivo, sino también problemas de contaminación.

Existen diferentes estrategias para tratar de mejorar la eficiencia en la utilización del N aplicables a distintos cultivos, entre ellos el maíz. Bajo los conceptos de la agricultura de precisión, el uso de medidores de clorofila se convierte en una herramienta a tener en cuenta cuando se quieren definir criterios rápidos al momento de monitorear carencias de N o para determinar la efectividad de una fertilización nitrogenada.

En las instalaciones del centro de Formación la Angostura se llevó a cabo un trabajo para determinar el efecto de la implementación del medidor de clorofila CCM 200 (Apogee Instruments) para el manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz. Para determinar el índice de concentración de clorofila en plantas de maíz fertilizadas con distintos niveles de fertilización nitrogenada, se establecieron cinco (5) parcelas con dosis diferentes de nitrógeno. El criterio para definir las dosis de fertilización nitrogenada fue de acuerdo a lo que se recomendaría con el análisis de suelos. De acuerdo a lo anterior, se establecieron parcelas con 0, 50, 100, 150 y 200 % del nitrógeno que se recomendó de acuerdo al análisis de suelos.

En el trabajo se presentan los resultados preliminares con respecto al índice de clorofila que presentan las plantas cuando se les adiciona nitrógeno en distintos niveles, de tal manera que se pudiera definir, de acuerdo con las lecturas del medidor de clorofila CCM 200, cuándo las plantas tienen adecuada o inadecuada suficiencia de nitrógeno.

Palabras claves: Medidores de clorofila, nitrógeno, fertilización, agricultura de precisión.

USE OF CHLOROPHYLL METER AS A TOOL FOR OPTIMIZING THE USE OF NITROGEN FERTILIZERS IN MAIZE (*Zea mays* L.): CASE REPORT

Abstract: Nitrogen (N) is one of the elements required by plants in large amounts, which has led to it being one of the most common farm inputs used worldwide. The efficient use of this nutrient is low, it being not greater than 50 %. This causes not only low yields in farming, but also pollution problems.

There are different strategies to try to improve the utilization efficiency of N applied to different crops, including corn. Under the concepts of precision agriculture, the use of chlorophyll meters becomes a tool to consider when criteria must be established to monitor N deficiencies or to determine the effectiveness of nitrogen fertilization.

At the training center Angostura an effort was made to determine the effect of implementing the use of CCM 200 chlorophyll meter (Apogee Instruments) to manage nitrogen fertilization in the farming of corn.

To determine the rate of chlorophyll concentration in maize plants fertilized with different levels of nitrogen fertilization, five (5) plots with different nitrogen rates were established. The criterion to define the dose of nitrogen fertilization was based on what would be recommended in soil analysis. According to the above, sites with 0, 50, 100, 150 and 200 % of the recommended nitrogen according to soil analysis were established.

The preliminary results of the research are submitted regarding the index of chlorophyll present in plants when nitrogen is added at different levels, so as to define when plants have adequate or inadequate nitrogen sufficiency, based on readings from the CCM 200 chlorophyll meter.

Key words: Chlorophyll meter, nitrogen, fertilization, precision agriculture.

Introducción

El nitrógeno (N) está dentro de los elementos que las plantas requieren en mayores cantidades, lo que ha llevado a que sea uno de los insumos agrícolas más utilizados a nivel mundial. La dinámica de este tipo de fertilizantes ha mostrado que la eficiencia en su uso no sobrepasa el 50 %, debido a procesos de pérdidas por lixiviación, desnitrificación, erosión y escorrentía. Por otra parte, las anteriores pérdidas conllevan a problemas de contaminación ambiental, principalmente la contaminación de las aguas superficiales y profundas por nitrógeno en forma de nitratos (Piekielek, Lingenfelter, Beegle y Fox, 2014).

La respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) frente a la aplicación de nitrógeno está bien documentada; por ejemplo, en Colombia cuando se aplica este nutriente, la producción puede alcanzar hasta 7 t/ha de grano (García y Espinosa, 2010). Lo anterior supone que para alcanzar altos rendimientos en el cultivo de maíz, se requiere manejar eficientemente el suministro de este elemento, tanto en cantidad como en las épocas en las cuales el cultivo lo requiere en mayores cantidades.

Se han definido distintas estrategias para mejorar la eficiencia en la utilización del N aplicables a distintos cultivos, entre ellos el maíz. Una de ellas, es el ajuste

de las cantidades aplicadas con base en estimaciones precisas de las necesidades del cultivo, por ejemplo, el uso de técnicas de agricultura de precisión y uso de técnicas de diagnóstico apropiadas y evaluadas localmente (Ramírez Builles, Moreno Berrocal y López Ruiz, 2013).

Distintos estudios indican que existe una relación directa entre el nitrógeno foliar y el contenido de clorofila. Autores como Sainz Rozas y Echeverría (1998) realizaron un estudio para determinar la relación existente entre las lecturas de un clorofilómetro y el rendimiento del maíz en distintos momentos del ciclo del mismo. Los anteriores autores concluyen que el uso del clorofilómetro consituye una herramienta apropiada para el monitoreo de la disponibilidad del N.

Al determinar el contenido de clorofila en las hojas de las plantas de maíz fertilizadas con dosis diferentes de N (100 y 200 kg/ha), los autores Rincón y Ligarreto (2010) encontraron que cuando a las plantas se les suministró la mayor cantidad de N, los valores obtenidos con el clorofilómetro fueron más altos; sin embargo, la producción fue estadísticamente igual con los dos niveles de fertilización. A pesar de que el valor obtenido con el clorofilómetro fue distinto para cada nivel de fertilización, los valores se encuentran dentro de los considerados como necesarios para alcanzar el 95 % del rendimiento máximo.

La detección temprana de la deficiencia de elementos nutritivos para la planta sería una condición ideal en el manejo de la nutrición de las plantas, ya que permitiría realizar correcciones antes de que la planta mostrara síntomas de deficiencia del elemento faltante y, por consiguiente, evitaría que el rendimiento pudiera verse afectado. En un estudio realizado en café (Ramírez, Moreno y López, 2012), se encontró una correlación directa entre las lecturas relativas de clorofila obtenidas con un medidor de clorofila y los valores determinados en el laboratorio, tanto de clorofila como de N foliar. Lo anterior les permitió a los autores, proponer el uso de

este tipo de medidores de clorofila como una herramienta para la detección temprana de deficiencia de N en café, indicando los valores a tener en cuenta cuando se use el mismo equipo.

Si bien en la literatura especializada se encuentran resultados que alientan el uso de los medidores de clorofila para definir criterios rápidos al momento de monitorear carencias de N o para determinar la efectividad de una fertilización nitrogenada, para su uso práctico primero se deben calibrar bajo las condiciones locales en las cuales se van a utilizar. En este estudio de caso se presentan los resultados preliminares obtenidos en la implementación del uso del medidor de clorofila CCM 200 (Apogee Instruments) para el manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz.

Metodología

El presente trabajo se realizó en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura ubicado en el municipio de Campoalegre, departamento del Huila. Se utilizó la variedad de maíz amarillo ICA V 109.

Para determinar el índice de concentración de clorofila en plantas de maíz fertilizadas con distintos niveles de fertilización nitrogenada, se establecieron cinco (5) parcelas con dosis diferentes de nitrógeno. El criterio para definir las dosis de fertilización nitrogenada fue de acuerdo a lo que se recomendaría con el análisis de suelos. De esta manera, las parcelas fueron:

Parcela N0: Sin aporte de N.

Parcela N50: Se aportó el 50 % del N que se recomendó de acuerdo al análisis de suelos.

Parcela N100: Se aportó el 100 % del N que se recomendó de acuerdo al análisis de suelos.

Parcela N150: Se aportó el 150 % del N que se recomendó de acuerdo al análisis de suelos.

Parcela N200: Se aportó el 200 % del N que se recomendó de acuerdo al análisis de suelos.

Plan de fertilización: Teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelos del lote, la cantidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) que se aportaron en kilogramos por hectárea fueron:

Nitrógeno (**N**): 180 kg

Fósforo (**P₂O₅**): 60 kg.

Potasio (**K₂O**): 80 kg.

El anterior plan fue la base para definir las dosis diferenciales de fertilización nitrogenada estipuladas para cada una de las parcelas, el cual se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Plan de fertilización. Cantidad de nutrientes puros (N, P₂O₅ y K₂O) aportados en cada una de las parcelas.

Parcela	Cantidad de nutrientes (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N0	0	60	80
N50	90	60	80
N100	180	60	80
N150	270	60	80
N200	360	60	80

Las fuentes utilizadas fueron urea (fuente de nitrógeno), MicroEssentials (fuente de fósforo y nitrógeno) y cloruro de potasio (fuente de potasio).

El anterior plan de fertilización fue aplicado de acuerdo al fraccionamiento indicado en la Tabla 2.

Tabla 2 Plan de fraccionamiento de la fertilización. Se indica la etapa fisiológica y la proporción de aplicación de los nutrientes.

ÉPOCA	Porcentaje del nutriente		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Siembra	0	100 %	50 %
V6	50 %	0	50 %
V10	50 %	0	0

Para la fertilización en la siembra, se utilizó una sembradora – abonadora. Las épocas V6 y V10 corresponden a los estados en los cuales la planta presenta las hojas 6 y 12, respectivamente.

Área de la parcela: Cada parcela tuvo un área de 28 m², en las cuales el maíz se sembró a una distancia entre surcos de 80 cm y 20 cm entre plantas. De esta manera, en cada una de las parcelas se establecieron 6 surcos. Las dosis de fertilizantes fueron equivalentes para dichas áreas.

En el mercado no se encuentra un producto fertilizante para aplicación edáfica que contenga solamente fósforo; para el caso del presente ejercicio se utilizó el fertilizante MicroEssentials, el cual, además de fosforo, contiene 12 % de nitrógeno. Por lo anterior, la parcela N0 realmente recibió 18 kg/ha de nitrógeno.

Épocas de medición: Se realizaron 6 tomas de datos con el medidor de clorofila marca Apogee Instruments CMM-200, en las siguientes fechas y etapas de desarrollo del cultivo:

Tabla 3: Épocas de toma de datos de clorofila. Se indican la fecha en las cuales se realizaron las fertilizaciones y las observaciones con el medidor de clorofila. V0, V6 y V9 indican las etapas fisiológicas en las cuales se realizó la fertilización.

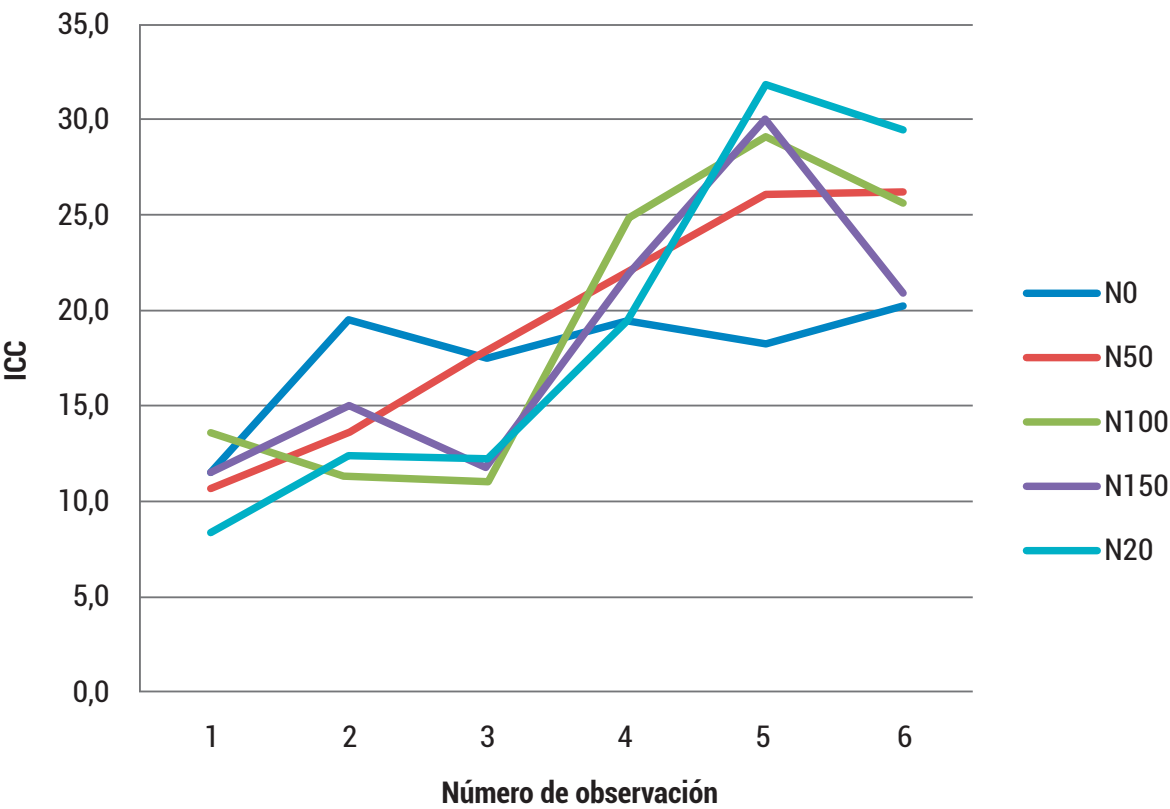
LABOR	FECHA	OBSERVACIÓN CLOROFILÓMETRO
Siembra y pre-abonada	marzo 20/14	
(V0)	abril 1/14	1ª observación
	abril 3/14	2ª observación
Segunda abonada	abril 4/14	
(V6)	abril 9/14	3ª observación
Tercera abonada	abril 25/14	4ª observación
(V9)	abril 30/14	5ª observación
	mayo 6/14	6ª observación

Equipo para determinación del Índice de Concentración de Clorofila (ICC): Para la determinación del ICC se utilizó un equipo marca Apogee Instruments CMM-200. Este equipo utiliza la absorbancia para estimar el contenido de clorofila en el tejido foliar. Dos longitudes de onda se emplean para determinar la absorbancia. Una longitud de onda está comprendida en el rango de absorción de clorofila, mientras que la otra sirve para compensar las diferencias debidas al grosor del tejido. El medidor mide la absorbancia de ambas longitudes de onda y calcula un ICC (Índice de Concentración de Clorofila), valor que es proporcional a la cantidad de clorofila de la muestra (Apogee).

Resultados

En la Figura 1 se observa la variación del Índice de Contenido de Clorofila entre las observaciones realizadas. En las primeras cuatro observaciones no hay relación con el N aportado a través de la fertilización, en la medida en que se hipotetiza que el valor de ICC se debería relacionar directamente con el nivel de fertilización nitrogenada. En la primera observación el valor más alto de ICC correspondió a la parcela N100; en la segunda, fue para la parcela N0; en la tercera observación, se encontró en N50, mientras que en la cuarta observación correspondió nuevamente para la parcela N100. Solamente en la quinta observación, los resultados muestran valores consistentes con la dosis de

Figura 1: Variación del Índice de Contenido de Clorofila entre observaciones. Se presenta el valor del Índice de Contenido de Clorofila (ICC) en cada una de las parcelas y en las distintas épocas de observación.



fertilización N, toda vez que el valor más alto de ICC fue para la parcela que recibió la mayor dosis de N (N200) y la menor para la parcela que menos N recibió (N0). En la sexta observación los resultados ya no muestran la relación con la dosis de N, dado que la parcela N150 presentó un ICC muy similar al de la parcela N0.

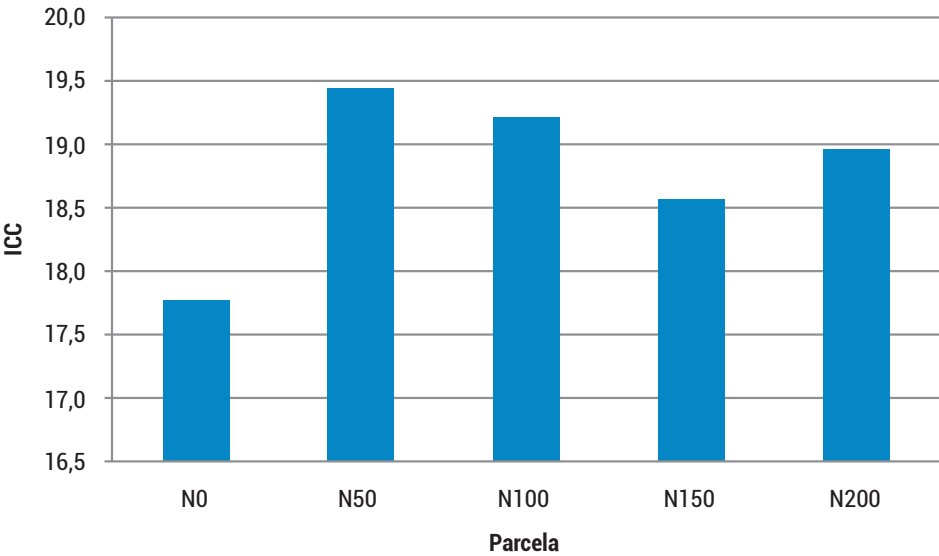
Estos resultados parecieran concordar con lo encontrado en otras investigaciones en las que se indica que el uso de medidores de clorofila como herramienta de monitoreo de la disponibilidad de N es apropiada en estadios avanzados del cultivo de maíz (Sainz y Echeverría, 1998; Rincón y Ligarreto, 2010), ya que en sus primeras etapas de desarrollo, el potencial del sistema fotosintético ya se encuentra convirtiendo la energía lumínica en energía química y el excedente de N se encuentra formando parte de otros compuestos de reserva (Argenta, Ferreira, Forsthofer y Strieder, 2001; Bullock y Anderson, 1998; Zotarelli et al., 2003). Si bien buena parte del N asimilado por la planta permite el establecimiento y mantenimiento de la capacidad fotosintética (es la base por la cual se utilizan los medidores de clorofila como indicadores del contenido de N en las plantas), otra parte de ese N es asimilado en otro tipo de estructuras de la planta, especialmente relacionadas con la etapa reproductiva.

En Colombia, dentro de un programa de manejo de la nutrición por sitio específico en el cultivo de maíz, propuesto por la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y de Leguminosas de Grano (Fenalce)

(García, s. f.), el N se debería suministrar en triple fraccionamiento en proporción 20-40-40 en las etapas fisiológicas V0-V6-V10 respectivamente. De acuerdo con lo observado en campo, el uso del medidor de clorofila como una herramienta que nos permita monitorear deficiencias tempranas de N o para determinar la efectividad de la fertilización N en el cultivo de maíz en las etapas fisiológicas consideradas anteriormente, probablemente sea adecuado después de la última abonada, y sus resultados podrían permitir tomar decisiones para el ajuste en la fertilización nitrogenada, posteriores a la última fertilización realizada en la etapa fisiológica V10.

Cuando se promedian las seis (6) observaciones realizadas en cada una de las parcelas, sin tener en cuenta las épocas de medición, se encuentra que el menor ICC se presenta en la parcela con menor aporte de N (N0); sin embargo en la parcelas con fertilización, este ICC no guarda ninguna relación con el nivel de fertilización. La parcela N50 presentó el ICC más alto, mientras que N150 presentó el menor valor dentro de las parcelas a las cuales se les suministró N (Figura 2).

Figura 2: Variación del Índice de Contenido de Clorofila entre las parcelas.
Se presenta el valor promedio del Índice de Contenido de Clorofila (ICC) en cada una de las parcelas.



Estos resultados podrían indicar que tomar una medición con el clorofilómetro, sin tener en cuenta la etapa de desarrollo del cultivo, no nos daría una información confiable sobre el estado del N dentro de la planta. Probablemente el uso de este tipo de medidores de clorofila pueda darnos información sobre la asimilación de N después de la última fertilización y servir para ajustar la fertilización en etapas tardías del cultivo.

Bibliografía

- Apogee. (n.d.). "Chlorophyll content meter". *CMM-200 plus*.
- Argenta, G.; Ferreira, P.; Forsthofer, E.; & Strieder, M. (2001). "Relacao da leitura do clorofilometro como os teores de clorofila extraível e de nitrogenio na folha de milho". *Revista brasileira de fisiologia vegetal*, 134 - 139.
- Bullock, D.; & Anderson, D. (1998). "Evaluation of the Minolta SPAD 502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn". *Journal of Plant Nutrition*, 741 - 755.
- García, J. P. (s. f.). *Manejo eficiente de nutrientes en el cultivo de maíz en Colombia*. Bogotá: Forteco.
- García, J. P.; & Espinosa, J. (2010, febrero - Abril). *Fenalce*. Recuperado de: http://fenalce.org/arch_public/tecnolog92.pdf
- Piekielek, W.; Lingenfelter, D.; Beegle, D.; & Fox, R. (s. f.). *Kosmos Scientific*. Recuperado de: <https://www.kosmos.com.mx/Clorofila-en-Maiz.354.0.html>
- Ramírez, V. H.; Moreno, A. M.; & López, J. C. (2012). "Evaluación temprana de la deficiencia del nitrógeno en café y aplicaciones". *Avances técnicos No 420. Cenicafe*, 8.
- Rincón, A.; & Ligarreto, G. A. (2010). "Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el piedemonte llanero colombiano". *Corpoica - Ciencia y tecnología agropecuaria*, 7.
- Sainz, H.; & Echeverría, H. (1998). "Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano". *Revista de la facultad de agronomía, La Plata*, 8.
- Zotarelli, L.; Garcia, C.; Piccinin, J.; Urquiaga, S.; Boddey, R.; Torres, E.; *et al.* (2003). "Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD 502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1117-1122.



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA INVERNADEROS

Hernán Coronado H., *Ing. Sistemas*

Instructor, Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila -SENA, La Plata.

hcoronadoh@misena.edu.co

Juan Pablo Peña A., *Ing. Electrónico*

Instructor, Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila -SENA, La Plata.

jppena62@misena.edu.co

Rosa Elvira Muñoz V., *Ing. Agrónomo*

Instructora, Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila -SENA, La Plata.

rosamunozvillaquiran@gmail.com

Eddinson Ortega M., *Ing. Agrícola*

Instructor, Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila -SENA, La Plata.

eortega79@misena.edu.co

Julio Flórez D., *Especialista en redes y comunicaciones*

Instructor, Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila -SENA, La Plata.

jflorezd6@misena.edu.co

Resumen: En el Occidente del Huila (Colombia) se evidencia baja utilización de tecnología por parte del sector agrícola en los cultivos manejados bajo invernadero; se hace necesario desarrollar trabajos que permitan al agricultor mejorar las condiciones de los cultivos bajo cubierta, implementando nuevas tecnologías a menor costo que incrementen el rendimiento de sus cultivos. El objetivo de la presente revisión bibliográfica es establecer el estado del arte, con el fin de estructurar el proyecto *Validación de un sistema automatizado de invernadero para mejorar el rendimiento del cultivo de tomate en La Plata, Huila*. Se consultaron artículos científicos en bases de datos especializadas y documentos técnicos de entidades estatales dedicadas a la investigación en temas agropecuarios, con el fin de conocer trabajos a nivel nacional e internacional realizados sobre metodologías de diseño y desarrollo de sistemas, modelos de control y automatización aplicados en agricultura de precisión, producción de tomate bajo cubierta en ambientes controlados y condiciones agroecológicas con sus respectivos costos y precios en el mercado colombiano. Los resultados de dicha revisión presentan, de manera detallada, la metodología, plataformas de desarrollo, dispositivos electrónicos, variedad de tomate seleccionado, tipo de invernadero y riego, datos que se utilizarán para el desarrollo del proyecto mencionado.

Palabras claves: Agricultura de precisión, automatización, cultivo bajo cubierta, metodología de diseño, cultivo de tomate.

BIBLIOGRAPHIC REVISION ABOUT DEVELOPMENT AND APPROVAL OF AN AUTOMATIZED GREENHOUSE SYSTEM

Abstract: In western Huila (Colombia) the agricultural sector in greenhouse crops shows a low use of technology. There is a need to develop jobs that allow farmers improve crop conditions in greenhouses, implementing new low-cost technologies that increase crop performance. The objective of this bibliographic revision is to establish the state of the art, in order to structure the project "Validation of an automatized greenhouse system to improve the tomato crop's productivity in La Plata, Huila". Scientific articles from specialized databases and technical documents were reviewed from state entities devoted to agricultural research were reviewed with the aim of learning about national and international research about the design, methodology and system development, control models and automatization applied to precision agriculture, production of tomato's under cover crops in controlled environments and agroecologic conditions included their respective cost and prices in the colombian market. The results of the review show in detail the methodology, development platforms, electronic devices, variety of selected tomatoes, type of greenhouse and watering systems that will be used for the development of the project previously mentioned.

Key words: Precision agriculture, automatization, under cover crops, design's methodology, tomato crop.

Introducción

El uso de invernaderos se hace con el fin de elevar el rendimiento en la agricultura intensiva; esto permite cultivar y controlar las condiciones climáticas para mejorar la producción (Audberto Reyes-Rosas; Raúl Rodríguez-García; Alejandro Zermeno-González; Diana Jasso-Cantú, 2012: 126). Dentro de los recursos utilizados en los invernaderos, se cuenta con la automatización, la cual permite optimizar y estabilizar los procesos mejorando estándares de calidad, reducción de pérdidas de producción, trabajo físico y repetitivo, incremento de repetitividad y mejoramiento de la relación costo-beneficio, integrando nuevas tecnologías (Nieto, 2006: 121). La automatización de procesos es un trabajo complejo que requiere la intervención de múltiples disciplinas y la adopción de una metodología que garantice el éxito del proyecto.

En el presente documento se compila información sobre metodologías y plataformas de hardware utilizadas en la automatización; así como tipos de invernadero y variedad de tomate. Este ejercicio permitió determinar el sistema más indicado para el desarrollo de un invernadero automatizado y su validación en un cultivo en el municipio de La Plata Huila.

Sistemas de automatización

Nieto (2006) afirma que

Automatización es vocablo cuya etimología proviene del griego *autos*, por sí mismo, y *maiomai* lanzar; es ahorrar esfuerzo laboral al reducir la intervención humana en procesos. Para Colciencias, la automatización industrial integra el manejo de información

para controlar y ejecutar de forma autónoma los procesos al emplear herramientas de la ingeniería con los planes de dirección empresarial; con lo anterior, un sistema automático integra procesos y máquinas para mejorar la capacidad de producción, rentabilidad y calidad del producto terminado (p. 120).

En el ámbito empresarial, los sistemas de información apoyan procesos y ayudan a reducir recursos físicos al pasar de codificar módulos individuales, a usar el software para automatizar procesos integrando tecnologías. Para esto, se sugiere implementar sistemas de información de procesos de negocio y flujos de trabajo (Paula, Olea, Alexander, Rivera, & Garavito, 2007: 195).

Sin embargo, el desarrollo de un sistema complejo como la automatización, que integre la colaboración de múltiples disciplinas, requiere de la aplicación de un adecuado y cuidadoso proceso de ingeniería que garantice el éxito del proyecto; la utilización de metodologías de diseño ayuda a los ingenieros y demás participantes para que puedan interactuar y colaborar de manera eficiente en las diferentes tareas que se requieren durante todas sus fases (Zheng, Bricogne, Le Duigou, & Eynard, 2014: 1).

Estas metodologías para el diseño de sistemas que integran electrónica y tecnologías de la información en sistemas físicos, son un campo que ha llamado la atención de investigadores que han realizado muchos estudios en los últimos años, presentando algunas alternativas que pueden ser implementadas (Wang, Yu, Xie, Zhang, & Jiang, 2013: 1).

Metodologías para el diseño

Diversas metodologías de diseño de sistemas han sido propuestas, derivadas de métodos tradicionales como el diseño secuencial y la ingeniería concurrente (Zheng, *et al.*, 2014: 5). Es decir, cada nueva tarea de diseño debe iniciarse cuando la anterior haya terminado;

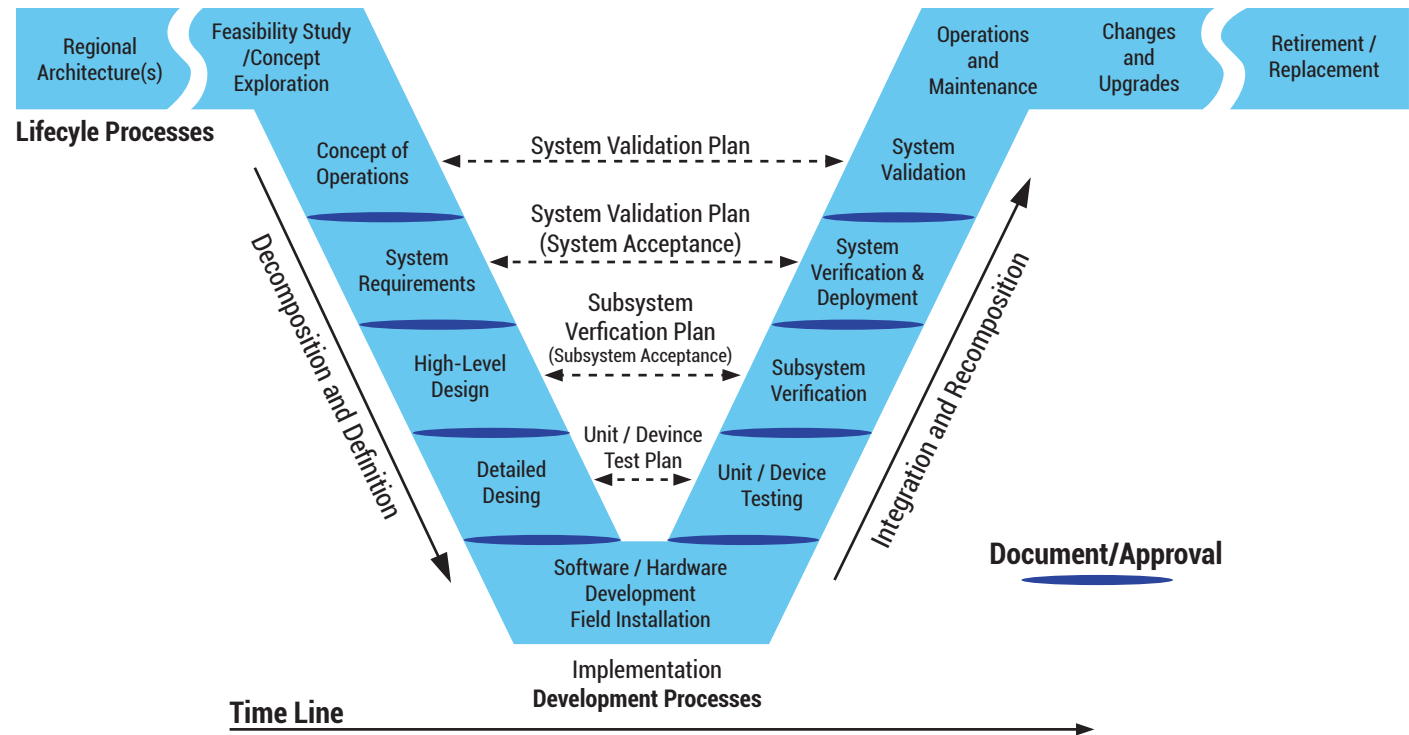
esta metodología tiene el inconveniente de que no conduce a un óptimo comportamiento de todo el sistema, puesto que no permite la colaboración entre diferentes ingenieros y obvia las relaciones explícitas existentes entre subsistemas.

Por su parte, las metodologías de ingeniería concurrente permiten parcialmente que diferentes disciplinas interactúen en el diseño; el modelo "V" y otras metodologías basadas en este modelo, así como el método de diseño jerárquico, son ejemplos de ingeniería concurrente (Zheng, *et al.*, 2014: 6).

La metodología de modelo "V" es usada en ingeniería de sistemas como modelo estándar para el desarrollo de sistemas complejos (Wang, *et al.*, 2013: 2), y presenta un flujo general del proceso de desarrollo de un producto, iniciando con la identificación de los requerimientos del usuario para realizar una descomposición del sistema completo primero en subsistemas, luego en componentes y sus respectivas interfaces (Figura 1). De esta manera, el diseño de los subsistemas puede ser realizado en paralelo por los diferentes ingenieros. La integración y recomposición se realiza después, para validar cada fase correspondiente del proceso de diseño, finalizando con la validación total del sistema incluyendo cambios y actualizaciones, para terminar el producto (Zheng, *et al.*, 2014: 7).

Wang (*et al.*, 2013) propone una estructura simplificada basada en el modelo "V" para el diseño de sistemas complejos que integren electrónica y software en sistemas físicos de ciclos iterativos (Figura 2). En la rama izquierda encontramos las fases de modelado funcional, diseño conceptual y diseño detallado de cada una de las disciplinas que integran el sistema; la parte inferior plantea una fase de modelado y simulación de los diseños y, por último, la rama derecha contempla la implementación del sistema. La descripción de las fases propuestas se describe a continuación:

Figura 1. Modelo “V”



Fuente: (Zheng *et al.*, 2014).

Etapas de un diseño

En la etapa de modelado funcional se realizan una serie de aproximaciones para diseñar un producto que cumpla con las especificaciones planteadas, y se responden preguntas como qué debe hacer el producto y qué funciones debe cumplir. Además, se realiza el modelado de los flujos de información, energía y materiales, y el modelado de caja negra. También se diseña la Técnica Sistemática de Análisis Funcional (FAST, por sus siglas en inglés) y se determinan las herramientas y programas de soporte que se utilizarán.

Por su parte, el diseño conceptual implica la generación de concepto basada en la etapa anterior y el despliegue de la función de calidad (QFD) para alinear los requerimientos con las funcionalidades que se pueden realizar. Esta fase también contempla el diseño axiomá-

tico para asegurar que el diseño sea ajustable, controlable y que evite consecuencias involuntarias; que sea robusto y con la máxima probabilidad de éxito (Tomiya, *et al.*, 2009: 7). Además, hay que tener en cuenta el diseño modular y la elección de herramientas para el diseño asistido por computadora (CAE).

En la fase de diseño detallado se trabajan criterios de diseño concurrente, fabricabilidad, donde se incluye selección de materiales y procesos, diseño para manufactura (DFM), o diseño para ensamble (DFA) y selección de software: diseño asistido por computadora (CAD), ingeniería asistida por computadora (CAE), y manufactura asistida por computadora (CAM).

La etapa de modelado y simulación incluye modelado de elementos básicos mecánicos y electrónicos,

funciones de transferencia, respuestas en los dominios del tiempo y frecuencia, aplicación de software de simulación y de desarrollo virtual de productos.

Las siguientes etapas de la metodología implican la adquisición de materiales, la integración de los subsistemas, realizando una revisión de desempeño y finalmente del sistema completo para terminar con el prototipo físico (Wang, *et al.*, 2013: 2).

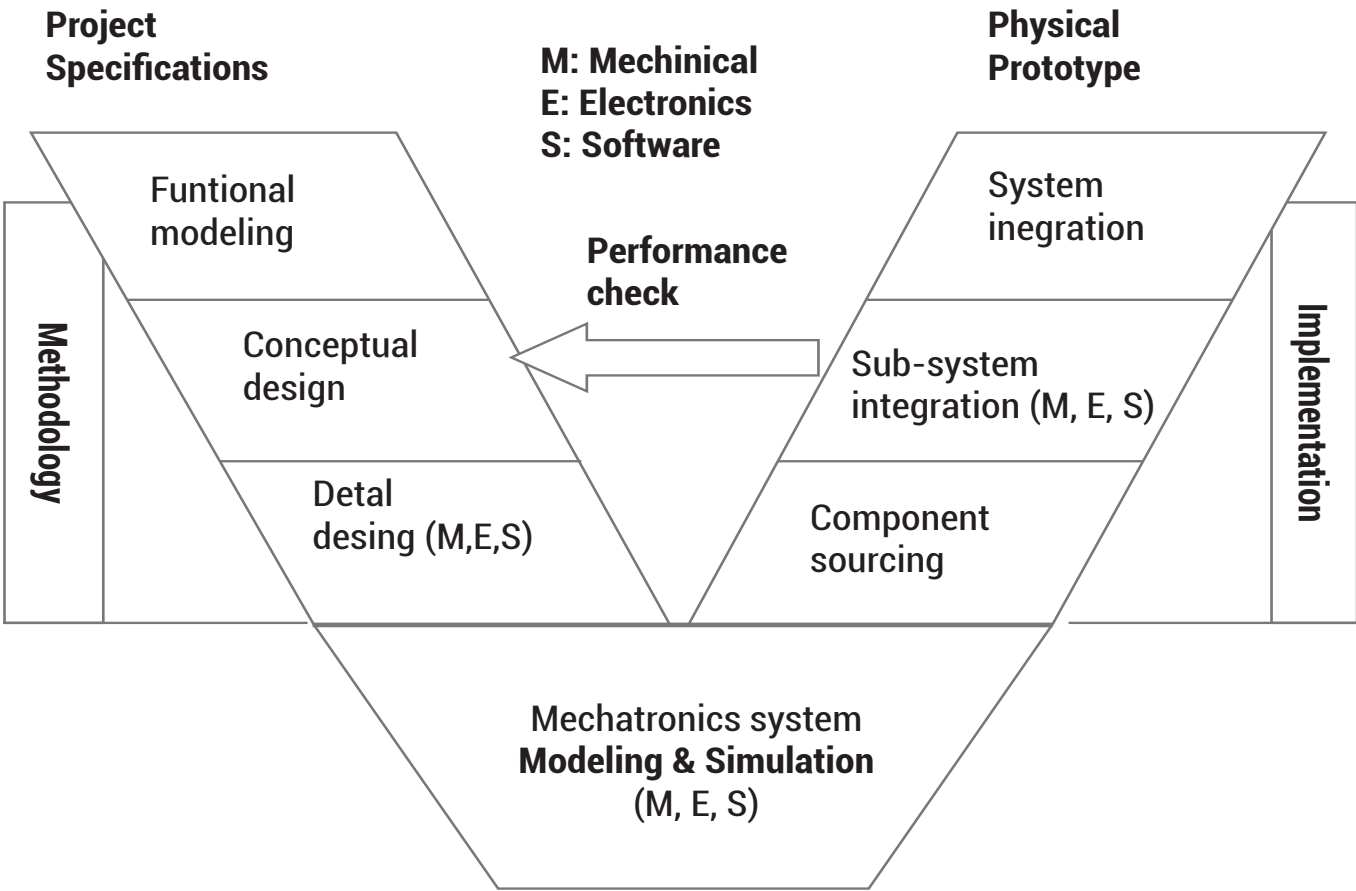
Aplicaciones de la automatización en agricultura de precisión

Mediante el uso de sistemas de información y automatización se han desarrollado estrategias para im-

plementar la agricultura de precisión usando modelos que permitan tener un microclima controlado en un área específica para optimizar la producción agrícola (Orlando, Palacios, & Cotrino, 2010: 165).

El desarrollo de invernaderos ha pasado por modelos de dinámica de fluidos (Montero, Muñoz, & Medrano, 2013: 33), modelos físicos con subsistemas dinámicos y estáticos a evaluación para manejo de temperatura y humedad relativa en invernaderos con ventilación natural. Este último se desarrolla por medio de la apertura de ventilas que permiten el flujo de aire dentro del invernadero aplicado en cultivo de tomate en Durango, México (Audberto Reyes–Rosas; Raúl

Figura 2. Modelo “V” modificado propuesto por Wang.



Fuente: (Wang, *et al.*, 2013).

Rodríguez–García; Alejandro Zermeño–González; Diana Jasso–Cantú, 2012: 128).

En Colombia, específicamente en El Rosal (Cundinamarca), se han identificado modelos por subespacios mediante el estudio aplicado en un invernadero, en el cual se hace medición y almacenamiento de variables ambientales como temperatura, humedad relativa y radiación. Los instrumentos utilizados (sensor de temperatura y humedad relativa) se instalaron dentro del invernadero a 2,5 m y 1,2 m del suelo respectivamente, sobre la línea de siembra. Para tener relación con variables externas se instalaron sensores fuera del invernadero, alejados de las construcciones a 1,5 m del suelo, esto con el fin de evitar variaciones en la medida (Orlando, Palacios, & Cotrino, 2010: 163).

Las variables en el diseño estructural del invernadero se ven reflejadas en la ventilación al interior del mismo, pues al contacto con el ambiente se crean microclimas diversos que afectan los cultivos. Para estudiar el manejo de la ventilación según diseño del invernadero en Colombia, se realizan simulaciones numéricas empleando métodos de dinámica de fluidos computacional, dando como resultado el manejo de ventilación natural para la homogeneidad del microclima en el cultivo de tomate (Villagrán, et al., 2012: 283).

En España, para validar y mejorar las condiciones térmicas en invernadero con modelos CFD, se utilizan pantallas de sombra que en el día sirven para refrigerar y en las noches frías reducen la inversión térmica, esto con el uso de energía solar que durante el día es almacenada en el suelo y en la noche es liberada (Montero, Muñoz, & Medrano, 2013: 35).

Teniendo en cuenta parámetros ambientales para mejorar la calidad en producción, se desarrollan sistemas de monitoreo y control de cultivos. En Grecia, por ejemplo, se han hecho estudios con redes de sensores inalámbricos y microcontroladores aplicados en un invernadero de verduras; se toman registros de los

parámetros ambientales de temperatura, humedad e iluminación, posteriormente estos datos se analizan y aportan a la toma de decisiones para la optimización con un sistema de control (Srbinovska, Gavrovski, Dimcev, Krkoleva, & Borozan, 2014: 10).

Cultivos bajo cubierta

Zambrano (2009) afirma que

Uno de los cambios más relevantes en la agricultura, especialmente en los sistemas de producción de tomate de mesa, es el paso de cultivos de campo abierto a cultivos bajo invernadero, es decir que ahora se busca proteger el cultivo con el fin de evitar el impacto de los fenómenos naturales y asegurar calidad y rendimiento del producto; unido a lo anterior, en el ámbito mundial se enfatiza el concepto de calidad, orientado a la producción de alimentos inocuos y conservación del ambiente en el cual se desarrolla el cultivo. La producción bajo invernadero presenta las siguientes ventajas: protección contra condiciones climáticas extremas, obtención de cosechas fuera de época, mejor calidad de la cosecha, preservación de la estructura del suelo, siembra de materiales seleccionados y mejorados, aumento considerable de la producción, ahorro en costos de producción y disminución en la utilización de pesticidas (p.5).

El T. P. y Rodríguez (2013) afirman que “con estos aspectos, se cumplen los estándares internacionales de inocuidad y calidad del producto y se adopta el esquema de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), lo cual posibilita el acceso a los mercados internacionales” (p. 12).

Y añaden:

Dentro de las desventajas de la producción bajo invernaderos podemos encontrar: Alta

inversión inicial (...), alto costo de operación (...), requiere de personal especializado (...), requiere de monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del cultivo para un mejor control de plagas y enfermedades (...), las condiciones agroclimáticas de la región deben ser detalladas (p.30).

Una de las condiciones a tener en cuenta es el riego, aporta el agua necesaria a la planta para su crecimiento y desarrollo; el uso de sistemas de riego con programación de autocontrol da eficiencia al manejo de agua y ayuda a la protección del medio ambiente (Espinosa, Nolasco, Mengelberg, & Palacios, 2011: 265).

En Colombia existen empresas y agricultores dedicados a la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas. Teniendo al tomate como cultivo predilecto, estos experimentos se han realizado, en zonas frías de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Huila, Eje Cafetero, Cauca, Valle del Cauca, Santander y Nariño. Se estima un área total de 800 hectáreas, las cuales han reportado notables incrementos en la productividad en los últimos años. El auge de implementar estos sistemas de producción tiene que ver con el aumento en la producción (en invernadero los rendimientos oscilan entre 100 y 150 ton/ha mientras a libre exposición pueden ser entre 20 y 40 ton/ha)" (El & Rodríguez, 2013: 12-13).

El cultivo de tomate

El cultivo del tomate es originario de América del Sur, entre las regiones de Chile, Ecuador y Colombia, pero su domesticación se inició en el sur de México y norte de Guatemala. Es una de las hortalizas de mayor importancia en el mundo por su área sembrada y su alto

nivel de consumo. Los principales países productores son: China, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Italia, India, Irán, España, Brasil y México, los cuales contribuyen con cerca del 70 % de la producción mundial. En Colombia está disperso por todo el país, cultivándose en 18 departamentos. Sin embargo, cerca del 80 % de la producción está concentrada en los departamentos de Cundinamarca, Norte de Santander, Valle del Cauca, Caldas, Huila, Risaralda y Antioquia, donde tradicionalmente se han cultivado las variedades chonto y milano; mientras que en Atlántico, Guajira y Santander predominan variedades como el tomate río grande y el tomate ciruelo" (Mill, *et al.*, 2006: 94).

Fenología y ciclo del cultivo

La duración del ciclo del cultivo del tomate está determinada por la variedad y por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo. El y Rodríguez (2013), afirman:

Su ciclo inicia desde la siembra en semillero, seguida de la germinación; posteriormente la formación de tres a cuatro hojas verdaderas y finalmente el trasplante a campo, con una duración aproximada de 30 a 35 días. Posteriormente se produce la fase reproductiva que incluye las etapas de floración, de formación y llenado del fruto, hasta la madurez para su cosecha. El ciclo total del cultivo es de siete meses aproximadamente (p.107).

Taxonomía y morfología

Familia: *solanáceas*, especie: *Lycopersicum esculentum* Mill. Planta: tipo arbustiva. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas). Tallo principal: eje con un

grosor entre 2 y 4 cm en la base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias (Zambrano, 2009: 6).

Requerimientos climáticos y edáficos

Temperatura: la temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 1 y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 y 35 °C afectan la fructificación por mal desarrollo de óvulos, el desarrollo de la planta en general y el sistema radicular, en particular.

Humedad: la humedad relativa óptima oscila entre 60 y 80 %. Humedades relativas muy altas favorecen el desarrollo de enfermedades del follaje, el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación.

Radiación: el tomate es un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo requiere de una buena iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, sistema de poda, tutorado y prácticas culturales que optimizan la recepción de los rayos solares, especialmente en época lluviosa cuando la radiación es más limitada.

Precipitación: el tomate se produce en zonas de precipitación anual de 1200 a 1800 mm/año sin ningún problema.

Suelos: las características físicas y químicas del suelo para que el tomate tenga un desarrollo óptimo son: textura franco a franco arcillosa, pH 5.5 – 6.0 con buen contenido de materia orgánica y profundidad efectiva >80 cm, con buen drenaje y capacidad retención de humedad y con buen contenido de nutrientes (A. J. Pérez, s. f.; 6-10).

Conclusiones

De acuerdo con la revisión realizada, se encuentra que la automatización aplicada en la agricultura bajo cubierta permite optimizar la producción en cultivos, ofreciendo condiciones ambientales más propicias, permitiendo así controlar el sistema de riego y variables como temperatura y humedad relativas, mediante una plataforma de hardware programable; se deduce también que la metodología en "V", propuesta por Wang, es la más adecuada para el diseño y desarrollo de un sistema automático; el cual será validado y evaluado en un cultivo de tomate bajo invernadero.

Bibliografía

- Audberto Reyes–Rosas; Raúl Rodríguez–García; Alejandro Zermeño–González; Diana Jasso–Cantú, M. C. H. B. (2012). "Evaluación de un modelo para estimar la temperatura y humedad relativa en el interior de invernadero con ventilación natural". *Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.18 no.1 Versión Impresa ISSN 1027-152X*, 1(1), 125–140
- El, T. P.; & Rodríguez, V. P. (2013). *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas*.
- Espinosa, O. L.; Nolasco, A. Q.; Mengelberg, J. R. B.; & Palacios, E. (2011). "Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo* prototype for automating a multicropping irrigation system", 2, 659–672.
- J. I. Montero1; P. Muñoz; M. C. Sánchez-Guerrero; E. M.; & Lorenzo, D. P. (2013). "Shading screens for the improvement of the night-time climate of unheated greenhouses". *Spanish Journal of Agricultural Research 2013*. 11(1), 32-46 ISSN: 1695-971-X eISSN: 2171-9292, 11(1), 32–46
- Mill, L.; Noreña, J. J.; A, M. G.; Zapata, M. A.; & Técnico, B. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero* (pp. 1–48).

- Nieto, E. C. (2006). "Manufactura y automatización Manufacturing and automation". *Ing. Investig.* vol.26 no.3 Bogotá Sep./Dec. 2006 ISSN 0120-5609, 26(3), 120–128.
- Orlando, F.; Palacios, R.; & Cotrino, E. (2010). "Identificación de un modelo del clima en un invernadero mediante métodos por subespacios *Identifying a greenhouse climate model by using subspace methods". *Ingeniería E Investigación*, ISSN 0129-5608, Vol. 30, Nº. 2, 2010, Pags. 157-167, 30(2), 157–167.
- Paula, A.; Olea, J.; Alexander, P.; Rivera, S.; & Garavito, A. (2007). "Sistema de información orientado a procesos de negocio y flujos de trabajo en la Universidad Nacional de Colombia. Perspectivas y caso de estudio A business management- and workflow-orientated information system in the Universidad Nacional de Colombia". *Revista Ingeniería e investigación*. Vol. 27 no.3, diciembre de 2007 (193-202). ISSN 0129-5608, 27(3), 193–202.
- Pérez., J. L. M.; et al (s. f.). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de tomoe (Lycopersicum esculentum Mill)*.
- Srbinovska, M.; Gavrovski, C.; Dimcev, V.; Krkoleva, A.; & Borozan, V. (2014). "Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks". *Journal of Cleaner Production* 2014 1-14. doi:10.1016/j.jclepro.2014.04.036
- Tomiyama, T.; Gu, P.; Jin, Y.; Lutters, D.; Kind, C.; & Kimura, F. (2009). "Design methodologies: Industrial and educational applications". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 58(2), 543–565. doi:10.1016/j.cirp.2009.09.003
- Villagrán, E. A.; Gil, R.; Acuña, J. F.; & Bojacá, C. R. (2012). "Optimization of ventilation and its effect on the microclimate of a colombian multispan greenhouse Optimización de la ventilación y su efecto en el microclima de un invernadero multitúnel colombiano". *Agron. Colomb.* vol.30 no.2 Bogotá May/Aug. 2012 ISSN 0120-9965, 30(2), 282–288
- Wang, Y.; Yu, Y.; Xie, C.; Zhang, X.; & Jiang, W. (2013). "A proposed approach to mechatronics design education: Integrating design methodology, simulation with projects". *Mechatronics*, 23(8), 942–948. doi:10.1016/j.mechatronics.2012.10.002
- Zambrano, A. (2009). "Cultivo de tomate en invernadero". 978-958-740-004-5. Retrieved from <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/archivos/publicaciones/tomateeninvernadero.pdf>
- Zheng, C.; Bricogne, M.; Le Duigou, J.; & Eynard, B. (2014). "Survey on mechatronic engineering: A focus on design methods and product models". *Advanced Engineering Informatics*. doi:10.1016/j.aei.2014.05.003



IMPLEMENTACIÓN DE LA REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL EN EL CENTRO DE FORMACIÓN AGROINDUSTRIAL LA ANGOSTURA REGIONAL HUILA EN PRO DE LA SOSTENIBILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE Y LA BÚSQUEDA DE LA MEJORA CONTINUA

Félix Alfonso Trujillo M., *Tgo. Gestión de recursos naturales*
Pasante, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
fatrujillo7@misena.edu.co

Valentín Murcia T., *Tgo. Gestión de recursos naturales*
Pasante, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
vmurcia4@misena.edu.co

Belén Alexandra Cerón Q., *Especialista en Ingeniería Ambiental*
Instructora, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
alexcequi@misena.edu.co

Germán Barrios Cruz., *Especialista en Ingeniería Ambiental*
Instructor, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
gbarrios@misena.edu.co

Yoly Dayana Moreno O., *Bióloga*
Instructora, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
ydmoreno@sena.edu.co

Resumen: El Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, cuenta con 32 Unidades Productivas (UP), en las que se llevan a cabo diversas labores que hacen parte de las actividades enmarcadas en los proyectos formativos de los programas de formación titulada. Fueron estas actividades las que originaron la elaboración de la primera Revisión Ambiental Inicial (RAI); que consiste en identificar los aspectos e impactos generados por los procesos de producción del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, al medio ambiente. Esta Revisión Ambiental Inicial, se aplicó a 12 Unidades Productivas, con el fin de proporcionar un diagnóstico de la situación actual en pro de la mejora continua de las unidades productivas. Para el desarrollo de la RAI se estableció como método de trabajo, la Guía Técnica Colombiana (GTC-93), se efectuaron visitas para la identificación y verificación de las labores realizadas en cada una de ellas. Para la evaluación ambiental, se empleó el método de la matriz de Connesa Fernández; en la que se generó la valoración de los impactos ambientales de las Unidades Productivas. Este diagnóstico permitió desarrollar estrategias para la mitigación de los impactos y propiciar el mejoramiento continuo con el fin de fortalecer las Unidades Productivas en concordancia con la implementación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA) y el Sistema de Gestión Integral (SGI) del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, los cuales buscan el fortalecimiento y la sostenibilidad del medio ambiente.

Palabras claves: Revisión ambiental inicial (RAI), impactos ambientales, Unidades Productivas (UP), mejoras continuas, normatividad ambiental.

IMPLEMENTATION OF INITIAL ENVIRONMENTAL REVIEW AT THE AGRO-INDUSTRIAL TRAINING CENTRE "LA ANGOSTURA" HUILA IN SUPPORT OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND THE PURSUIT OF CONTINUOUS IMPROVEMENT

Abstract: The Agro-industrial Training Centre "La Angostura" has thirty-two productive units (UP) where several tasks are carried out that belong to activities outlined in the formative projects of the certified professional training programs. These activities led to the first initial environmental review (IER); this review seeks to identify environmental aspects and impacts generated by the production processes of the Agro-industrial Training Centre La Angostura. The initial environmental review was applied to twelve productive units in order to provide a diagnosis of their current situation, aimed at promoting a continuous improvement. The initial environmental review adopted the Guía Técnica Colombiana (GTC-93) as the working method, thus review visits were conducted to identify and verify the work undertaken by each productive unit. To conduct the environmental assessment the matrix of Connesa Fernandez was used, this matrix generated the assessment of environmental impacts in the UP. This diagnosis represented an opportunity to develop strategies for mitigating impacts and therefore work towards continuous improvements in order to reinforce the productive units in accordance with the implementation of the Environmental Management System (EMS) and the Integrated Management System (IMS) of the Agro-industrial Training Centre, these systems aim at environmental sustainability and strengthening.

Key words: Initial environmental review (IER), environmental impacts, Productive Units (UP), Continuous improvements, environmental regulations.

Introducción

La problemática ambiental se traduce en la pérdida y deterioro de los recursos naturales; como son los bosques, el agua superficial y/o el agotamiento progresivo de la calidad del aire. Diferentes organizaciones internacionales y regionales de todo tipo, están cada vez más interesadas en alcanzar y demostrar un sólido desempeño ambiental mediante el control de los impactos de sus actividades, productos y servicios, sobre el medio ambiente (Segura Hernández & Quiroga Otálora, 2013). Lo hacen en el contexto de una legislación cada vez más exigente, en el desarrollo de políticas económicas y otras medidas para fomentar la protección ambiental, y de un aumento de la preocupación expresada por las

partes interesadas por los temas ambientales, incluido el desarrollo sostenible implícito en el sistema ISO (Durana, 2014).

En la "Cumbre de la Tierra", efectuada en Río de Janeiro en 1992, se acordó introducir la "gestión" al medio ambiente, como un elemento fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente (García Menéndez, 1993). Las normas técnicas sobre la gestión ambiental, tienen como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un sistema de gestión ambiental (SGA) en pro de unas mejoras continuas en el marco de la producción más limpia; han surgido en los últimos años como la principal estrategia para

la minimización de los impactos ambientales causados por las industrias y empresas en todo el mundo (Marín Valencia, 2011). La Revisión Ambiental Inicial (RAI), es una herramienta fundamental para la identificación y el diagnóstico del estado actual de organizaciones, empresas o unidades productivas frente al ámbito ambiental, promoviendo la ejecución de acciones que contribuyan al mantenimiento y sostenibilidad del medio ambiente (Betancourt, 2004). Dentro de las normas técnicas colombianas la ISO 14001: 2004 no establece como un requisito obligatorio la realización de una RAI; no obstante, recomienda la ejecución de la misma para evaluar la situación actual de una empresa con relación al medio ambiente, lo cual resulta muy comprensible, sobre todo para aquellas entidades que no cuentan con un Sistema de Gestión Ambiental SGA (Becerra Garrido, Endara Torres, & Illera Correal, 2012; Segura Hernández & Quiroga Otálora, 2013; Roberts & Robinson, 1999).

Metodología

El establecimiento de la metodología apropiada al tipo de investigación que se realizó, fue adaptado del libro de Hunt y Johnson (David & Catherine, 1996), razón por la cual fue necesaria la determinación de etapas que permitieron identificar, ordenar y articular el conjunto de estrategias para la mitigación de los impactos ambientales presentes en las 12 unidades productivas. Para la realización del diagnóstico ambiental se empleó un informe preliminar de verificación del estado actual, el desarrollo de la primera etapa de la RAI se asumió como método de recolección de información a través de una encuesta, la cual se aplicó a los aprendices líderes de las unidades, con el fin de recopilar información acorde al estado actual de dichas unidades. De igual manera se implementó una matriz de identificación y valoración de aspectos e impactos ambientales para construir la matriz, en donde se pueden identificar los aspectos e impactos ambientales y la normatividad ambiental aso-

ciada, matriz aprobada por el SENA y por el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, lo que permitió obtener una evaluación precisa de cada Unidad Productiva. Con estos resultados, el personal de EMPRECEFA, elaboró una propuesta de manejo ambiental en estas unidades productivas, la cual fue implementada en el presente año e igualmente se alimentó el Sistema de Gestión Ambiental, desde donde se hicieron los planes de mejora continua.

Resultados y discusión

En esta primera etapa de la RAI, realizada en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, se evidenciaron en las 12 unidades productivas algunas no conformidades en la disposición final de los residuos sólidos y líquidos, la necesidad de mejoras en las redes del sistema eléctrico e implementación de micromedidores para control del agua, lo que afecta significativamente los procesos del SGA; y a nivel de los aprendices, la cultura del no uso de los elementos de protección personal y su incidencia en los efectos a la salud. Por lo anteriormente expuesto, con los resultados obtenidos y en el marco del Sistema de Gestión Ambiental se están implementando las medidas correctivas necesarias y se fortaleció el proceso de capacitaciones para la sensibilización de todos los aprendices en procura del cuidado del medio ambiente y del propio bienestar.

Conclusión

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por la primera RAI realizada en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, se logró evidenciar que las unidades que presentan mayores impactos ambientales relevantes son las unidades productivas de porcicultura y avicultura; ya que generan emisión de gases, líquidos y olores molestos, tanto para los operarios como para la comunidad educativa. Así mismo se concluyó que la unidad productiva con menor impacto fue la de api-

CUADRO CONSOLIDADO RESULTADOS RAI FASE I

N°	NOMBRE DE LA UNIDAD	UBICACIÓN	ACTIVIDAD	IMPACTO AMBIENTAL	Nivel Significancia Ambiental
1	Fruhor: stevia, melón, sandía, piña.	Noroccidente del Centro de Formación	Preparación del lote, aplicación de fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, riego, control de arvenses.	Contaminación al Recurso Agua "vertimientos líquidos"	72
2	Cítricos: naranja, limón, mandarina, toronja*	Suroriente del Centro de Formación	Preparación del lote, aplicación de fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, riego, control de arvenses.	Contaminación al Recurso Aire "emisiones de gases"	144
3	Vivero cítricos:	Suroriente del Centro de Formación	Preparación del lote, aplicación de fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, riego, control de arvenses.	Agotamiento del Recurso Agua	144
4	Policultivo: plátano, cacao, papaya.	Suroriente del Centro de Formación.	Preparación del lote, aplicación de fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, riego, control de arvenses.	Contaminación al Recurso Suelo	144
5	Cacao:	Sur del Centro de Formación	Preparación del lote, aplicación de fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, riego, control de arvenses.	Contaminación al Recurso Suelo	144
6	Cunicultura:	Suroriente del Centro de Formación	Orden y aseo, alimentación nutricional a los conejos, preparación de abono orgánico.	Agotamiento del Recurso Agua	144
7	Apicultura**	Suroccidente del Centro de Formación.	Centrifugar miel de abeja, propóleos, jalea real para su comercialización, control de arvenses, limpieza de colmenas.	Afectación a la Salud Humana	18
8	Porcicultura**:	Suroccidente del Centro de Formación	Alimentación nutricional, orden y aseo en la unidad, producción de biogás, procesos de gestación y vacunación.	Contaminación al Recurso Agua "vertimientos líquidos"	144
9	Caprinos: ovejos y cabras.	Oriente del Centro de Formación	Alimentación nutricional, orden y aseo en la unidad, producción de biogás, procesos de gestación y vacunación.	Destrucción del Recurso Suelo "Pastoreo"	144
10	Ganadería:	Oriente del Centro de Formación	Alimentación nutricional, orden y aseo en la unidad, producción de biogás, procesos de gestación vacunación.	Contaminación al Recurso Aire "emisiones CH4"	144
11	Agroindustria: cárnicos, lácteos, Fruhor	Noroccidente del Centro de Formación	Elaboración de productos lácteos, cárnicos, bebidas, orden y aseo de la unidad.	Contaminación al Recurso Agua "vertimientos líquidos"	144
12	Avicultura: pollos de engorde, gallinas ponedoras *	Sur-occidente del Centro de Formación.	Orden y aseo de la unidad, alimentación nutricional.	Contaminación Atmosférica "emisión de olores ofensivos"	192

cultura y se evidenció carencia en la utilización de los elementos de protección personal a nivel general en las 12 unidades diagnosticadas. En el presente año, la meta es continuar con el proceso de mejora continua del Sistema de Gestión Ambiental del Centro, en el cual se incluye realizar la segunda fase del RAI en las 20 unidades productivas restantes.

Recomendaciones

Mantener y mejorar el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) del Centro para que las actividades que se realizan en las unidades productivas aseguren la preservación de los recursos naturales y la implementación de mejoras continuas.

- Concientizar a los aprendices y operarios del uso adecuado de los elementos de protección personal.
- Continuar con la segunda fase del RAI en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, como apoyo al desempeño ambiental y seguimiento a la implementación del SGA.

Bibliografía

Becerra Garrido, M. C.; Endara Torres, C. M.; & Illera Correal, A. (2012). Levantamiento de datos sobre el proceso de ensamble en una línea automotriz y su repercusión en el medio ambiente.

Betancourt, L. (2004). *Gestión ambiental empresarial. Metodología para la realización de una revisión medio ambiental inicial*. Centro de Información y Gestión Tecnológica (CIGET). Cienfuegos, Cuba.

David, H., & Catherine, J. (1996). *SISTEMAS DE GESTIÓN MEDIO AMBIENTAL. Principios y Prácticas*: McGraw-Hill.

de Durana, D. d. J. G. (2014). *Regulación empresarial voluntaria y medio ambiente: análisis de la adopción de ISO 14001 en las organizaciones de la CAPV*.

García Menéndez, J. (1993). "Relaciones Norte/Sur y Medio Ambiente: informe tras la Cumbre RIO-92". *Geosur-Asociación Latinoamericana de Estudios Geoestratégicos Internacionales* (153-154), 1-2.

Marín Valencia, A. E. (2011). *Formulación del plan de acción ambiental para la gestión ambiental empresarial en Solomoflex Industrias & Manufacturas*.

Roberts, H.; & Robinson, G. (1999). *ISO 14001 EMS: Manual de sistemas de gestión medioambiental*: Editorial Paraninfo.

Segura Hernández, P. A.; & Quiroga Otálora, C. (2013). *Elaboración de resúmenes analíticos de investigación de los trabajos de grado de la especialización en ingeniería ambiental de la Universidad de la Sabana para el periodo (2003-2007)*.



EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE SUELOS DEL PREDIO HATO VIEJO, MUNICIPIO DE LA PLATA

Rafael Morantes D., *Ing. Agrónomo*

I. A. Gestor Unidad de Emprendimiento

Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila - SENA, La Plata.

rafamorantes@misena.edu.co

Resumen: El sector primario de la economía colombiana debe ser más competitivo; y una de las limitaciones a superar es el uso excesivo de los fertilizantes, a pesar de conocerse los requerimientos nutricionales de los cultivos. Este trabajo se realizó en el predio Hato Viejo del municipio de La Plata (Huila), y tuvo como objetivo evaluar una metodología de muestreo de suelos basada en principios de Agricultura de Precisión (AP) y Agricultura Específica Por Sitio (AEPS) ajustada al medio. Inicialmente se realizó la segmentación de los suelos con el propósito de elaborar una primera caracterización física por color y textura al tacto; esto permitió realizar una aproximación inicial a la variabilidad espacial de los suelos en lotes de café en producción, encontrando en este predio una variabilidad promedio del 61 %. En este estudio se utilizaron tecnologías como el sistema de posicionamiento geodésico, el cual hizo posible localizar en campo los sectores con características físicas y químicas diferentes.

Esta labor permitió establecer que la variabilidad de los suelos es tan alta que la metodología convencional de muestreo de suelos utilizada no respondería a las necesidades nutricionales de los lotes. Por lo tanto, se requiere un manejo más específico por sitio, es decir: microlotes. De esta forma se estará contribuyendo a mejorar la rentabilidad de la empresa cafetera, proporcionando condiciones de sostenibilidad para el caficultor y su familia. Es necesario ampliar este tipo de estudios en la región para mejorar la determinación de la variabilidad de los suelos en la zona.

Palabras claves: Agricultura de Precisión (AP), Agricultura Específica Por Sitio (AEPS), fertilizantes, café, segmentación.

ASSESSMENT ABOUT SPATIAL VARIABILITY IN SOILS FROM “HATO VIEJO’S FARM” LA PLATA, TOWN

Abstract: The primary sector of the economy in Colombia should be more competitive and one of the limitations to be overcome is the excessive use of fertilizers, even when the nutritional needs of plants are known. The research was carried out in Hato Viejo farm at La Plata Huila. The objective was to evaluate a sampling methodology in soils based on precision farming principles and specific agriculture by site adjusted to the environment. At first we developed soil segmentation, aiming at physical characterisation by color and texture to the touch. This allowed an initial approach to spacial variability of soils in coffee lots in production, finding in this farm a variability average of 61 %. Technologies were used in this study such as the geodesic positioning system which made possible to locate in the field the sectors with different physical and chemical characteristics. This work established that the field variability of soil is so high that the conventional methodology of soil sampling used would not be relevant to the nutritional needs of the lots. A more specific management by site is needed, i. e. microlots. In this way we will contribute to improve the return of coffee enterprises by providing sustainability conditions to the coffee grower and his family. This sort of studies should be expanded in the region to improve the determination of soil variability.

Key words: Precision Agriculture, Specific Agriculture For Site, fertilizers, coffee, segmentation.

Introducción

El desarrollo socioeconómico del municipio de La Plata se sustenta en la producción y comercialización del grano de café, siendo esta actividad de vital importancia para el desarrollo integral de la comunidad.

Al mejorar los procesos de producción del café, especialmente en lo referente a los planes de fertilización, mediante la implementación de una metodología de muestreo de suelos basada en los principios de Agricultura de Precisión (AP) y Agricultura Específica Por Sitio (AEPS) se mejorarán los ingresos del productor, aumentando la rentabilidad económica, estimulando el arraigo de los productores con la empresa cafetera, disminuyendo los problemas edáficos derivados de un uso inadecuado del suelo, reduciendo con esto los desórdenes fisiológicos, y haciendo que el agro ecosistema sea sustentable y sostenible, lo que conlleva a

la obtención de un producto altamente competitivo en los actuales mercados globales. Todo lo anterior dará como resultado un mejoramiento de la calidad de vida del productor cafetero y de su familia.

Marco teórico

Tradicionalmente, el manejo de la nutrición se ha basado en el promedio del contenido de nutrientes medido por el análisis de suelos. Este método de diagnóstico trata de definir el manejo nutricional sobre la premisa de que la variabilidad intrínseca del suelo está bien cubierta cuando se muestrea para obtener una media de la fertilidad del lote. Se empieza a sospechar que la variabilidad espacial del campo es un factor que limita severamente los rendimientos (Espinosa, 2006).

Cuando se dividen los lotes para muestreo tradicional, se asume que cada lote es uniforme, pero en realidad la variabilidad intrínseca es muy grande y lamentablemente no se dimensiona con esta forma de muestreo (Carrillo, Suárez y Sanz, 1995). Este mismo criterio es esbozado por Jaramillo (2013).

Igualmente Jaramillo (2013) plantea que:

Es claro que el manejo basado en la media de la fertilidad ya no es suficiente para mantener rendimientos altos sostenibles en agricultura empresarial y aun en agricultura de menor intensidad. Es común observar que se sobre-fertiliza las áreas de bajo rendimiento y que no usan suficientes nutrientes en las áreas de alto rendimiento. El continuar con el manejo basándose en la media de la fertilidad solamente incrementa la variabilidad y reduce la productividad de la finca.

Teniendo en cuenta algunos principios de AEPS, Espinosa (2006) plantea que para el manejo por sitio específico se requiere que el productor conozca lo mejor que pueda el suelo de su finca. Para esto es necesario hacer un muestreo de suelos intenso y cuidadoso. Esto se logra dividiendo los lotes en cuadrículas y tomado muestras de cada una de las cuadrículas. Los sitios de muestreo son geo-referenciados con un sistema satelital, de modo que se puede confeccionar un mapa donde se observe la variabilidad de suelos en el lote, y que ayude a entender la fertilidad y otras condiciones del sitio. Este criterio es compartido por Jaramillo (2013).

La situación actual a nivel del SENA, por Centros de Formación, en cuanto a la utilización e implementación de las nuevas tecnologías en la aplicabilidad de la AP y AEPS fue determinada por Segura (Segura, Correa, Vásquez, 2010).

La fertilización de los cafetales en Colombia está dada por las recomendaciones generales de CENICAFÉ, que según Sadeghian, (Sadeghian y González Osorio,

2012b) para plantaciones con poca sombra (menos de 35 %) y densidades entre 5000 y 7500 plantas o ejes por ha, se sugiere aplicar el 95 % de las cantidades definidas para el criterio base.

Para todos los casos la relación entre N: P2O5: K2O: MgO: S es aproximadamente de 6:1:5:1:1. Esta información puede servir de guía para definir formulaciones o grados generales de fertilizantes para la caficultura nacional. Teniendo en cuenta las anteriores razones, es decir, el criterio base, para la zona en estudio se aplicaría: 300 kg/ha/año de nitrógeno (N), 260 kg/ha/año de potasio (K2O), 50 kg/ha/año de fósforo (P2O5), magnesio (MgO) y sulfatos (S), el cual se obtiene de la adición de 1765 kg/ha/año (Sadeghian y González Osorio, 2012b).

Por otro lado, para la etapa de levante del café, que comienza con el trasplante al sitio definitivo de los almácigos y finaliza antes de la primera cosecha, es decir, entre los 18 a 24 meses, Sadeghian (Sadeghian y González Osorio, 2012a) plantea iniciar al primer o segundo mes de sembrado el colino de café en el sitio definitivo y continuar cada tres o cuatro meses, donde la dosis de fertilizante deberá incrementarse conforme al crecimiento del cultivo y se expresa en gramos por planta. Teniendo en cuenta los nutrientes de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅), potasio (K₂O) y magnesio (MgO).

Debido a la cultura del caficultor de la región, esta registra muy costosa la implementación del estudio de suelos aplicando el concepto literal de AP y AEPS. Por lo anterior, este trabajo permitió evaluar una metodología intermedia o de gama media, que resulte de fácil aplicabilidad en el occidente del Huila y para la zona cafetera del país, que mejore el sistema convencional de muestreo de suelos con fines de análisis de fertilidad y se detecte así la variabilidad espacial de los suelos para ajustar la recomendaciones de fertilización en forma de microlotes. Por otra parte, las decisiones de fertilización deberán tomarse con base en un análisis estadístico.

Por otro lado, los cultivadores de café del occidente del Huila, cuentan con un servicio de extensión especializado que les brinda asesoría técnica, acceso a recursos crediticios, puntos de venta de los insumos requeridos para el cultivo, puntos de compra para el café húmedo y seco, y una aceptable red de vías terciarias; sin embargo, la producción por área es baja y la calidad del grano no es la mejor, de acuerdo a lo valorado por el Laboratorio de Catación de Café del SENA-CDATH.

Objetivo general:

Evaluar una metodología de muestreo de suelos que facilite la detección de la variabilidad intrínseca del suelo, y que permita mejorar la productividad, rentabilidad y calidad del café obtenido en el occidente del departamento del Huila.

Objetivos específicos:

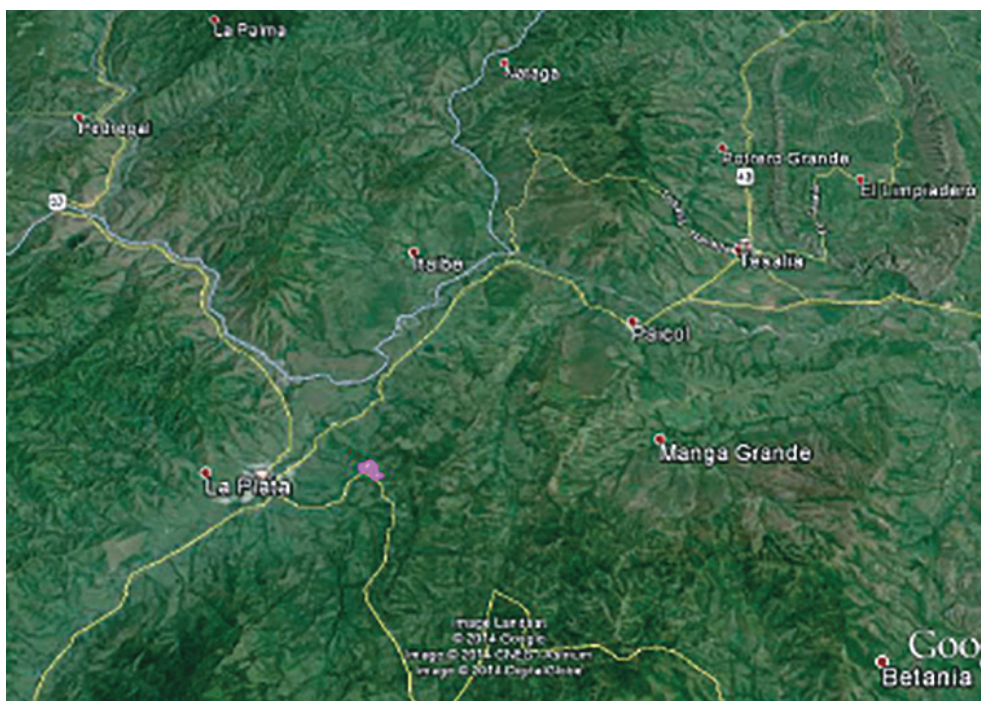
- Optimizar el uso de los insumos edáficos empleados en la producción de café.

- Disminuir los costos de la mano de obra empleada en la producción de café, especialmente en el aspecto de la fertilización.
- Evaluar la variabilidad del suelo bajo los principios de Agricultura Específica Por Sitio (AEPS) y Agricultura de Precisión (AP).

Metodología

El trabajo de campo se efectuó en la Empresa Cafetera Hato Viejo, localizada en la vereda La Morena del municipio de La Plata, comprendido entre las coordenadas geodésicas:

N 02° 23' 30.0" W 75° 51' 47.5"; N 02° 23' 24.2" W
75° 51' 16.7"; N 02° 23' 41.7" W 75° 51' 27.3"; N 02° 23'
38.1" W 75° 51' 41.7"



Plano de Localización del predio "Hato Viejo".

La zona cuenta con las siguientes características:
Con altitudes comprendidas entre 1245 msnm a 1338 msnm, pendiente promedio del 9,6 %; el área total del predio de estudio: 21 ha – 7605 m², cultivada con café

variedades Caturra y Castillo, con edades comprendidas entre los 1,5 a 5 años, con una exposición solar entre el 75 % a 70 % dividido administrativamente en 12 lotes de café. Las distancias de siembra utilizadas son de 1,40 m x 1,60 m y 2,00 m. x 2,00 m, para un total de 76600 árboles de café.

La primera información tomada fue la geo-referenciación del predio por lotes cultivados. Esta medición se realizó mediante receptor GPSmap76CS, marca Garmin. Luego, se calculó el área de cada lote; este cálculo se realizó con el software AutoCAD2012. Una vez establecida el área, se procedió a estipular el tamaño de la grilla mediante la aplicación de la estadística, empleando la fórmula para determinar el tamaño de muestra para población finita, con un nivel de confianza del 90 %, proporción esperada del 50 %, precisión del 3 %. El tamaño de muestra fue de 749,09 m², con una distancia entre muestras de 27,37 m, para un total de puntos de muestreo de 290 sitios. En cada sitio de muestreo se tomó una porción de suelo mediante barreno holandés, hasta una profundidad de 20 cm y se procedió a empacar en una bolsa plástica nueva y a rotular con la información de número de punto de muestreo, coordenadas del punto y nombre del lote dentro de la empresa cafetera.

Una vez recolectada la totalidad de las muestras, se comenzó a construir una maqueta de suelos para apreciar la variabilidad del suelo de cada lote, teniendo en cuenta la secuencia de muestreo. Luego se procedió a agruparlas o segmentarlas de acuerdo a la característica física de color, como primera aproximación; si se tenían dudas en la comparación de muestras, se evaluaban por la característica física de textura al tacto. Una vez segmentadas las

muestras, se empacaron en bolsa plástica nueva con capacidad de una libra y se rotularon para ser enviadas al laboratorio de suelos. Por otra parte, en el plano que se construyó la grilla, se realizó la misma segmentación de campo y se procedió a determinar el área de cada segmento (muestra). La segmentación del suelo resultante fue de 56 segmentos (muestras), con un área promedio por segmento de 3886 m², equivalente a un 1,8 % del área total; igualmente el promedio de árboles de café por segmento fue de 1358.

Los parámetros analizados fueron:

pH, aluminio (Al³⁺), amonio (NH₃-N), nitratos (NO₃-N), nitritos (NO₂-N), nitrógeno total, fósforo (P₂O₅), potasio (K₂O), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg₂₊), sulfatos (SO₄²⁻), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), Densidad Aparente, Conductividad Eléctrica, Textura por Bouyucos.

Para el análisis de los datos obtenidos se construyeron tablas de frecuencia, aplicando la fórmula de Sturges para la determinación de rangos, a estos rangos se les calculó la media y se les realizó la prueba F, con un nivel de confianza al 95 % y se aplicó el concepto de probabilidades (p) (Becerra E, n.d.) para determinar la variabilidad espacial de cada una de las variables en estudio del suelo.

En cuanto a la clase textural, el estudio arrojó los siguientes resultados:

TABLA 1. FRECUENCIA CLASE TEXTURAL SUELOS EMPRESA HATO VIEJO DEL MUNICIPIO DE LA PLATA-2013

CLASE TEXTURAL	MICROLOTES	FRECUENCIA RELATIVA
FRANCO ARCILLO ARENOSO (FArA)	36	64,29 %
FRANCO (F)	8	14,29 %
FRANCO ARCILLOSO (FAr)	7	12,50 %
FRANCO ARENOSO (FA)	5	8,93 %

Variabilidad espacial del 36 % para la clase textural.

Para el análisis de las demás variables en estudio, se obtuvo la siguiente información:

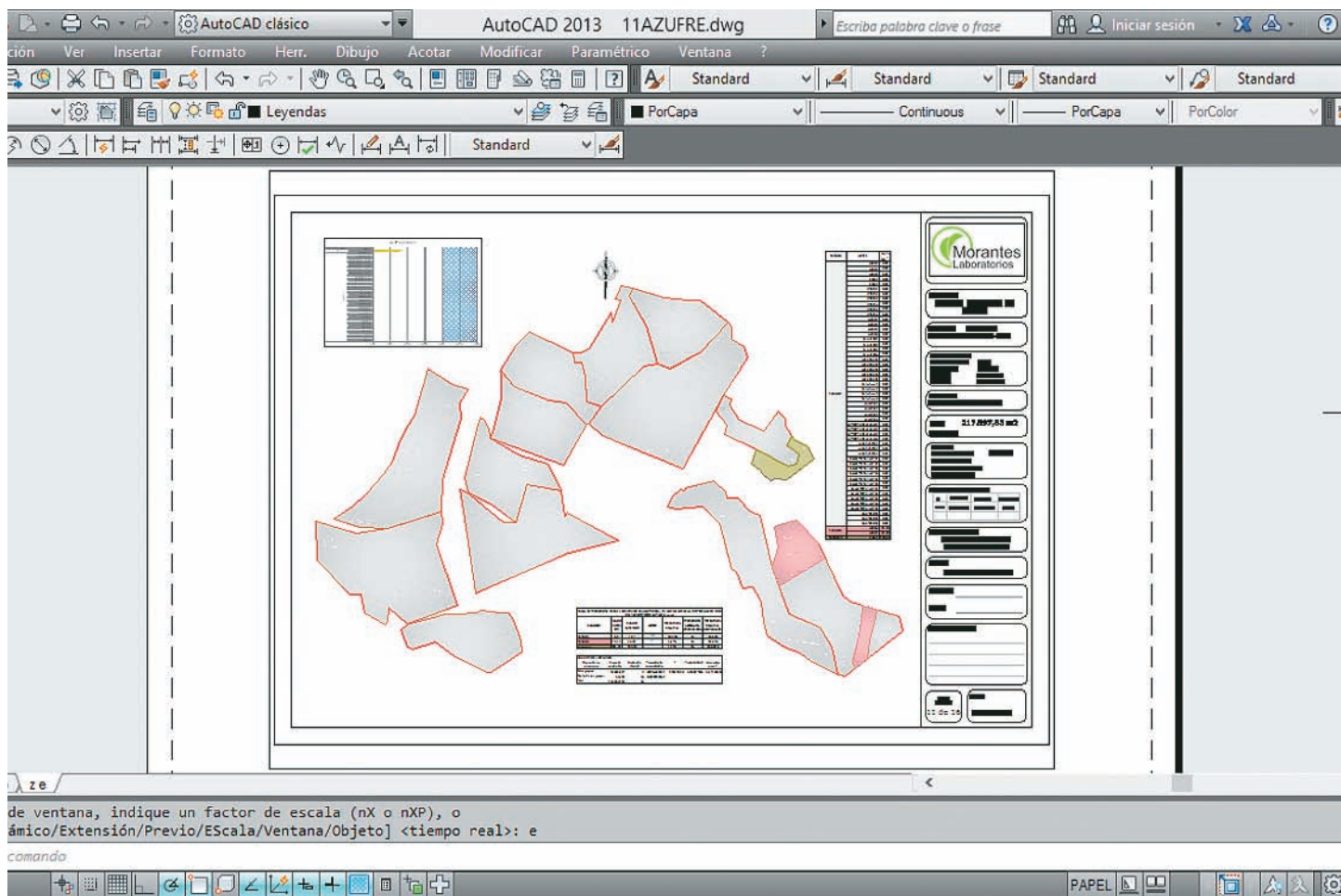
TABLA 2. RANGOS DETERMINADOS– ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR – VARIABILIDAD. PREDIO HATO VIEJO. LA PLATA 2013

VARIABLE	RANGOS	F – CALCULADO	F - TABULADO	DIFERENCIA ESTADÍSTICA ENTRE MEDIAS AL 95 %	VARIABILIDAD
Sulfatos (SO ₄ ²⁻):	13	546,13	1,9852	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	5,4 %
Hierro (Fe):	7	913,90	2,2904	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	26,8 %
Calcio (Ca ²⁺):	12	1748,49	2,0140	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	41,1 %
Magnesio (Mg ²⁺):	11	2593,53	2,0487	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	50,0 %
Aluminio (Al ₃ ⁺):	12	1491,92	2,0909	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	53,6 %
Cobre (Cu ²⁺):	10	872,13	2,0909	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	53,6 %
Boro (B):	10	724,37	2,0909	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	66,1 %
Nitrógeno total:	13	590,83	1,9612	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	67,9 %
Conductividad Eléctrica	10	436,13	2,0909	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	69,6 %
Manganeso (Mn):	12	580,16	2,0140	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	75,0 %
Densidad Aparente:	13	296,75	1,9852	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	75,0 %
Nitritos (NO ₂ -N):	14	590,83	1,9612	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	75 %
pH:	9	451,99	2,1427	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	76,8 %
Nitratos (NO ₃ -N):	12	745,91	2,0140	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	76,8 %
Potasio(K ₂ O):	11	554,76	2,0487	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	78,6 %
Amonio (NH ₃ -N):	10	1491,92	2,0909	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	80,4 %
Fósforo (P ₂ O ₅):	10	400,77	2,0909	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	80,4 %
Zinc (Zn):	13	546,13	1,9852	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	82,1 %

MAPA 1. DISTRIBUCIÓN DEL ZINC. PREDIO HATO VIEJO LA PLATA. 2013



MAPA 2. DISTRIBUCIÓN DE SULFATOS. PREDIO HATO VIEJO LA PLATA. 2013



Variabilidad del Sulfatos (SO₄)

Debido a la alta variabilidad de disponibilidad de nutrientes en el suelo del predio Hato Viejo y con base el requerimiento del cultivo de café, se determinó la relación de nutrientes mayores, secundarios y menores en

cada micro lote, fundados en el requerimiento de fósforo, encontrando 29 relaciones, las cuales se muestran a continuación:

TABLA 3. GRADOS DEL FERTILIZANTE REQUERIDO POR MICROLOTES PARA CAFÉ. PREDIO HATO VIEJO LA PLATA. 2013

GRADOS	MICROLOTES	GRADOS	MICROLOTES	GRADOS	MICROLOTES
0-1-0-0,75-0,002	2	2-1-4-0,75-0,013	2	4-1-9-0,75-0,021	1
0-1-1-0,75-0,002	1	2-1-5-0,75-0,017	1	5-1-3-0,75-0,019	1
0-1-2-0,75-0,005	2	2-1-6-0,75-0,007	1	5-1-4-0,75-0,02	4
0-1-3-0,75-0,004	5	3-1-5-0,75-0,017	2	5-1-5-0,75-0,02	1
0-1-4-0,75-0,006	3	3-1-6-0,75-0,027	2	5-1-6-0,75-0,019	2
0-1-5-0,75-0,008	5	4-1-2-0,75-0,016	1	5-1-17-0,75-0,024	1
0-1-6-0,75-0,01	2	4-1-3-0,75-0,016	1	6-1-5-0,75-0,025	1
1-1-2-0,75-0,011	3	4-1-4-0,75-0,02	3	6-1-6-0,75-0,025	1
1-1-3-0,75-0,011	2	4-1-5-0,75-0,018	3	7-1-4-0,75-0,023	1
2-1-2-0,75-0,011	1	4-1-6-0,75-0,019	1		

Rodríguez (et al., 2008) concluyó que el análisis del beneficio financiero, realizado mediante presupuestos parciales, muestra mejores resultados con la fertilización específica por sitio, al compararla con el manejo convencional. No obstante, se requiere mayor investigación en métodos económicos de muestreo de sue-

los, con el fin de reducir los costos para implementar el manejo por sitio específico de la fertilidad. Finalmente, se evaluó cómo esta variabilidad del suelo se refleja en los costos de fertilización en el predio Hato Viejo para el año 2013.

TABLA 4. COMPARACIÓN DE COSTOS DEL FERTILIZANTE REQUERIDO. PREDIO HATO VIEJO LA PLATA. 2013

ITEM	Costo del Fertilizante (\$)*	
	MEZCLA	17-6-18-2
ADQUISICIÓN FERTILIZANTES	\$ 27.524.847	\$ 49.161.383
TRANSPORTE FERTILIZANTES	\$ 988.000	\$ 1.538.000
MEZCLA DE FERTILIZANTES	\$ 988.000	\$ 0
APLICACIÓN FERTILIZANTES	\$ 2.470.000	\$ 3.845.000
COSTO TOTAL DEL FERTILIZANTE PARA EL PREDIO:	\$ 31.970.847	\$ 54.544.383

* Precios a julio de 2013

Como se puede apreciar, el ahorro en dinero de la aplicación de esta metodología, para el predio Hato Viejo, fue de \$ 22.573.536 lo que representa una disminución en este costo del 41,39 % frente a la fertilización de tipo convencional.

Conclusión

La investigación realizada en el predio Hato Viejo, permite corroborar que con la metodología desarrollada mediante el muestreo de suelos sistemático y con la segmentación de las muestras obtenidas, se alcanzan resultados confiables que permiten ajustar los requerimientos de fertilizantes para café de una forma más precisa (microlotes), disminuyendo en un 41,39 % los costos de producción que se invierten en la compra de insumos. De esta manera, también es posible aumentar la rentabilidad de la empresa cafetera.

Bibliografía

- Adolfo, G.; & Moreno, L. (2012). "Variabilidad del Crecimiento y Rendimiento del Cultivo de Maíz para Choclo (*Zea mays* L.) como Respuesta a Diferencias en las Propiedades Químicas del Suelo en la Sabana de Bogotá", Colombia, 65(26), 6579–6583.
- Becerra E, J. M. (n.d.). "Estadística Descriptiva. In UNAM. Facultad de Contaduría y Administración". (Ed.), *Matemáticas Básicas* (pp. 1–38). México.
- Carrillo P, Federico; I. Suárez V, Senén; Sanz U, J. R. (1995). "Cómo obtener una buena muestra para el análisis de suelos". ISSN-0120-0178, AVANCES TÉ, 1–4.
- Espinosa, J. (n.d.). "Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico en cultivos tropicales". *INFORMACIONES AGRONÓMICAS*, 39 (39), 9–13.
- Espinosa, J. (2006). "Tendencia en el manejo sostenible de la fertilidad del suelo". *X Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, 1–7.
- J, D. F. J. (2013). *ZONA CAFETERA CENTRAL COLOMBIANA SPATIAL VARIABILITY OF BASES IN AN ANDISOL OF THE COLOMBIAN CENTRAL COFFEE ZONE*, 111–124.
- Rodríguez, J.; González, A. M.; Rodrigo, F.; & Guerrero, L. (2008). "Fertilización por sitio específico en un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la Sabana de Bogotá" *Site-specific soil fertilization in maize crop (Zea mays L.) at Bogotá plateau*, 26(2), 308–321.
- Sadeghian Khalajabadi, Siavosh; González Osorio, H. (2012a). "Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de levante". ISSN-0120-0178, AVANCES TÉ, 4.
- Sadeghian Khalajabadi, Siavosh; González Osorio, H. (2012b). "Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de producción". ISSN-0120-0178, AVANCES TÉ, 8.
- Segura, L. F.; Correa, S.; Vásquez, J. M.; Valle, U.; & Arte, E. D. E. L. (2010). "EJERCICIO EAD Agricultura de Precisión". *Facultad de Ciencias de La Administración Universidad Del Valle Servicio Nacional de Aprendizaje SENA*, 53.

SIMILITUDES Y DIFERENCIAS FUNDAMENTALES DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL SEGÚN LAS NORMAS DE LA RED DE AGRICULTURA SOSTENIBLE (RAS) Y OHSAS 18001

Damaris Perdomo M., *Ing. Agrícola*
Instructora, Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila - SENA, La Plata.
dperdomom@sena.edu.co

Resumen: Los sistemas de gestión empresarial son herramientas que se brindan a las empresas para que sean utilizadas en el mejoramiento de la organización, con el fin de que contribuyan en la conservación del medio ambiente y cuiden la salud de los trabajadores.

Por medio de los trabajos realizados por los aprendices de la titulación Técnico en Producción de Cafés Especiales Ficha N° 475500, se identificaron las semejanzas y diferencias entre las normas NTC OHSAS 18001 y la Red de Agricultura Sostenible (RAS); para esto se buscaron en la literatura las normas y la información relacionada, con el fin de hacer el análisis comparativo entre ellas.

Las variables que se tuvieron en cuenta para hallar las diferencias fueron el enfoque, el objetivo, las siglas, el ente certificador, la estructura, y el radio de operación, entre otras; las variables que se usaron para hallar las semejanzas fueron la implementación de la norma, el método de verificación sujeto a actualizaciones, y entre otras. Al comparar el contenido de la norma RAS con la NTC OHSAS 18001, los resultados demostraron que los principios de la RAS que se relacionan y tratan sobre la seguridad y la salud ocupacional, son los principios quinto "Trato justo y buenas condiciones para los trabajadores" y sexto "Salud y seguridad ocupacional"; los demás principios de la RAS no se relacionan con la norma OHSAS 18001 porque no tienen en cuenta a los trabajadores ni la seguridad sino la conservación de los ecosistemas, del recurso hídrico, y del suelo; entre otros.

Palabras clave: Red de Agricultura Sostenible, OHSAS 18001, salud ocupacional, medio ambiente.

SIMILARITIES AND DIFFERENCES IN FUNDAMENTAL BUSINESS MANAGEMENT SYSTEMS ACCORDING TO THE RULES OF THE SUSTAINABLE AGRICULTURE NETWORK (RAS) AND OHSAS 18001

Abstract: Business management systems are tools that enable companies to improve the organization, in order to contribute to the conservation of the environment and the health of workers.

Through the work done by apprentices of Technical degree in Specialty Coffee Production Sheet No. 475500, the similarities and differences between the NTC OHSAS 18001 and the Sustainable Agriculture Network (SAN) were identified. A literature search was carried out to determine the standards and related information, in order to carry out a comparative analysis.

The variables that were taken into account to identify the differences were the focus, the objective, the certifying agency, the structure, scope of operation, among others; the variables that were used to identify the similarities were the implementation of the standard, and the method of verification subject to updates, among others. By comparing the contents of the RAS with the NTC standard OHSAS 18001, the results showed that the principles of the RAS that are related and which deal with safety and occupational health are principle five "fair treatment and good conditions for workers" and six "Health and safety"; the other principles of RAS are not related to the OHSAS 18001 standard as they are do not take into account workers or safety but the conservation of ecosystems, water resources, soil, among others.

Key words: Sustainable Agriculture Network, OHSAS 18001, occupational health, environment.

Introducción

La Red de Agricultura Sostenible RAS es la más grande y antigua coalición de ONG que trabaja para mejorar las condiciones de producción agrícola en el trópico, a través del desarrollo de requisitos para el manejo responsable de fincas. Las fincas que cumplen con los requisitos y normas vinculantes son reconocidas con el sello Rainforest Alliance Certified™. Desde 1992, más de 400.000 fincas pequeñas, medianas, grandes y cooperativas, en 35 países del mundo, han cumplido con las normas de la RAS, las cuales garantizan la protección de los trabajadores y de la vida silvestre y la conservación de los recursos naturales, y a su vez,

apoya la viabilidad financiera de las fincas (*Sostenible R. d., Norma para Agricultura Sostenible*, julio de 2010).

La norma OHSAS 18001 es la especificación del estándar reconocido internacionalmente para sistemas de gestión de la salud y la seguridad en el trabajo; se ha concebido de manera que pueda ser compatible con ISO 9001 e ISO 14001 a fin de apoyar a las organizaciones a cumplir de forma eficaz con sus obligaciones relativas a la salud y la seguridad.

Un Sistema de Gestión de la Salud y la Seguridad en el Trabajo (SGSST) fomenta los entornos de trabajo seguro y saludable al ofrecer un marco que permite a la organización identificar y controlar satisfactoriamente sus riesgos de salud y seguridad, reducir el potencial

de accidentes, apoyar el cumplimiento de las leyes y mejorar el rendimiento en general (18001 N. T., 2007).

Metodología

El objetivo del presente artículo es hallar las similitudes y diferencias de las normas de la Red de Agricultura Sostenible RAS y la NTC OHSAS 18001 para que las empresas que vayan a utilizarlas sepan cuál es la relación entre las dos normas y qué aspectos cumplen poniendo en práctica ya sea una u otra norma. Para esto se buscaron dentro de la literatura las normas anteriormente mencionadas, se realizaron lecturas detalladas para entender, comprender y analizar la respectiva aplicabilidad de estas. Seguidamente, se consultó bibliografía relacionada con el tema y otras normas afines, tesis para optar al título de especialistas en Ingeniería Ambiental realizadas en la Universidad Surcolombiana y algunos borradores de las actualizaciones de las normas.

Posteriormente, se realizó un análisis cualitativo en donde se comparan las normas anteriormente mencionadas, y se pudieron extraer diferencias y similitudes en su aplicación (los resultados obtenidos se exponen en la Tabla 1). Por último, se realizó un análisis comparativo descriptivo entre las dos normas teniendo en cuenta su relación y compatibilidad entre sí.

Resultados

La Tabla 1 presenta las diferencias generales de las normas Red de Agricultura Sostenible y NTC OHSAS 18001; se puede observar que entre las diferencias se encuentran las siglas: por ejemplo en la norma Red de Agricultura Sostenible, las siglas son RAS que se puede deducir de las iniciales del nombre de la norma; pero en la Norma Técnica Colombiana, las siglas son NTC OHSAS 18001; que indican NTC las iniciales de la primera parte del nombre y OHSAS son las iniciales de las letras del nombre en inglés: Occupational Health and Safety

Assessment Series, lo que traduce serie de normas de Evaluación en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (18001 O. , 1999).

Por otro lado, aunque tienen fechas de implementación diferentes, han sido objeto de continuos ajustes y actualizaciones teniendo en cuenta las exigencias que implica la globalización. La norma RAS antes se encontraba en la versión 2009 y contaba con un *addendum* donde se especificaban los criterios obligatorios; en el momento está la versión de la norma julio 2010, con el Módulo Clima de la RAS, que contiene los criterios para la mitigación y adaptación al cambio climático (*Sostenible R. d., Módulo clima de la RAS: Criterios para la mitigación y adaptación al cambio climático*, 2011), la lista de plaguicidas prohibidos (*Sostenible N. p., Lista de plaguicidas prohibidos*, 2009), y en este año se está evaluando la RAS para grupos de productores y fincas agrícolas y ganaderas (*Sostenible N. p., Normas de Agricultura Sostenible para grupos de productores y fincas agrícolas y ganaderas*, 2014); en cambio, la norma NTC OHSAS 18001 del 2007 reemplazó y canceló la NTC OHSAS 18001: 1999 y actualmente se está incursionando en crear la ISO 45001 para que esté al público en el 2016, la cual reemplazará la OHSAS 18001 (Glaesel, 2014).

El enfoque para la RAS es el de ser una norma para Agricultura Sostenible, por lo tanto va dirigido a las fincas o asociaciones de fincas del sector agropecuario sin tener en cuenta el tamaño; lo que busca la norma es mitigar los impactos ambientales que se pueden generar en estas actividades. En cambio, la NTC OHSAS 18001 busca controlar los riesgos y mejorar el desempeño de las organizaciones en todo lo relacionado con la seguridad y la salud ocupacional, se enfoca solo en minimizar los riesgos y peligros que provocan las actividades de la empresa y a los que están expuestos los trabajadores.

La norma NTC OHSAS 18001 es revisada y estudiada por muchas empresas colombianas de todos los sectores productivos como Acoplásticos, Cementos Argos

S. A., Electrificadora del Huila S. A., Grasas S. A., Hocol S. A., Fundación Amanecer; entre otras que participan del Comité Técnico 9 de Salud Ocupacional, organizado y coordinado por el Consejo Colombiano de Seguridad. Por otro lado, la norma RAS es revisada únicamente por la Secretaría de la RAS.

La norma Red de Agricultura Sostenible no es una norma internacional. Solo se aplica a los países que son miembros de la RAS, entre ellos Ecuador, Guatemala,

Colombia, El Salvador, Honduras, Brasil, India y México. Cada norma tiene su ente certificador como se observa en la Tabla 1 (Económico, 1993).

Sin profundizar, se puede deducir que existe bastante relación de la norma NTC OHSAS 18001 con las normas ISO 14001 e ISO 9001, en cuanto a la estructura; además se comenta en la norma el interés de poder integrar estas tres normas en un solo sistema de gestión integral, teniendo en cuenta el medio ambiente, la

TABLA 1. DIFERENCIAS GENERALES DE LA NORMAS RAS Y NTC OHSAS 18001.

VARIABLES	NORMAS	RED DE AGRICULTURA SOSTENIBLE	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC OHSAS 18001
SIGLAS		RAS	NTC OHSAS 18001
ÚLTIMO AÑO DE AJUSTES		01 julio 2010	24 octubre 2007
ENFOQUE		Norma para Agricultura Sostenible	Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional
OBJETIVO		Mitigar los riesgos ambientales y sociales causados por actividades de la agricultura	Controlar los riesgos y mejorar el desempeño en cuanto a Seguridad y Salud Ocupacional
DESARROLLO Y REVISIÓN DE LA NORMA		Secretaría de la RAS, ubicada en San José, Costa Rica	Revisado y estudiado por algunas empresas que participaron en el Comité Técnico 9 Salud Ocupacional
ENTE CERTIFICADOR		RAINFOREST ALLIANCE CERTIFIED	ICONTEC, SGS. COLOMBIA, COTECNA CERTIFICADORA SERVICES
RADIO DE OPERACIÓN		Países miembros de la RAS	Nacional e Internacional
DIRIGIDO A		Fincas o administradores de grupos de fincas	Organizaciones
ESTRUCTURA DE LA NORMA		Se basa en principios y criterios	Pautas para diseñar la política, programas, objetivos, metas, etc.
COMPATIBILIDAD CON OTRAS NORMAS		Principios del Enfoque por Ecosistemas	NTC ISO 14001 y la NTC ISO 9001
SISTEMA DE CALIFICACIÓN		La norma cuenta con sistema de calificación de cumplimiento de los principios para dar la certificación	En la norma no hay un sistema de calificación de cumplimiento, se verifica por las auditorías y las revisiones hechas por la dirección

calidad, la seguridad y la salud ocupacional.

La estructura de la norma Red de Agricultura Sostenible se basa en 10 principios, estos se dividen en criterios, en total son 115 criterios incluyendo los 15 del módulo de mitigación y adaptación al cambio climático; esta norma da las condiciones y parámetros de todas las actividades que se deben realizar en la finca para poder obtener la certificación. Por el contrario la NTC OHSAS 18001 da solamente las pautas para que cada organización realice su sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional y diseñe la política, los programas, los objetivos, las metas y todo el sistema. Para que las empresas obtengan la certificación deben ser verificadas en el cumplimiento de las normas; por ejemplo, en la NTC OHSAS 18001 se hace por medio de las auditorías. Pero la norma RAS tiene un sistema de calificación del cumplimiento en donde resalta que los criterios críticos son de obligatorio cumplimiento, si se desacata alguno así se cumplan los demás principios no se le puede dar la certificación; este, entre otros parámetros de verificación. En lo relacionado con las similitudes, se puede observar que en las dos normas lo primero que debe haber es un compromiso de la alta dirección; por ejemplo en la norma RAS es con el propietario de la finca; y en la NTC OHSAS 18001, con el gerente o la junta directiva. La persona que esté a cargo de la dirección de la organización debe tener un compromiso para el cumplimiento de las normas.

Igualmente, se puede denotar que son normas voluntarias. Hasta el momento no son de obligatorio cumplimiento; solo aquellas empresas o fincas que quieran cuidar el medio ambiente y minimizar los riesgos de los trabajadores las están implementando para buscar la certificación (RainforestAlliance, 2012).

Dado que estas normas lo que hacen en las fincas u organizaciones es implementar sistemas, y dado que todo sistema tiene entradas, salidas y se retroalimenta, lo que buscan estas normas es que se mejore continuamente en las falencias y se fortalezcan los aspectos

positivos. Una de las estrategias para verificar el cumplimiento y poder saber qué debilidades y fortalezas tienen es por medio de las auditorías.

Por otra parte, según el Cuarto informe complementario: "Novedades respecto del acuerdo entre la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Internacional de Normalización (ISO)", (Administración, 2014) en particular, en el ámbito de la seguridad y de la salud en el trabajo, dice que se está elaborando la norma ISO 45001 Sistema de Gestión de la Seguridad y salud en el trabajo, la cual reemplazará a la OHSAS 18001; todavía no hay un borrador de la norma pero se menciona que para el 2016 estará en funcionamiento. Con todo esto, se puede concluir que estas normas están sujetas a actualizaciones para poder adaptarse al cambio y a las exigencias del mundo. A continuación se expone la relación entre la norma NTC OHSAS 18001 y los principios de la Red de Agricultura Sostenible RAS:

El principio 1 de la RAS es Sistema de Gestión Social y Ambiental, consta de 11 criterios más 6 criterios del módulo Clima; en total serían 17 criterios que la finca debe implementar para lograr un sistema de gestión. Es imprescindible realizar registros de las actividades de la finca, y guardar los documentos en un sitio específico. Al comparar este principio con la NTC OHSAS 18001 se puede inferir que este recoge todos los pasos a seguir para crear un sistema de gestión, y es la misma metodología que usa la OHSAS 18001.

El principio 2 de la RAS es Conservación de Ecosistemas; consta de 9 criterios más 2 criterios del módulo Clima, en total serían 11 criterios. Este principio da parámetros para la conservación de los ecosistemas por medio de la creación de programas de conservación y recuperación: no se pueden destruir ecosistemas en la finca, la finca debe tener o crear barreras de vegetación entre el cultivo y las áreas de actividad humana, además debe tener un inventario de árboles cada 5 años. Este principio no tiene relación con la norma NTC OHSAS

18001 porque trata sobre la conservación de los ecosistemas y la norma no tiene en cuenta los ecosistemas sino la seguridad y salud de los trabajadores.

El principio 3 de la RAS es Protección de la Vida Silvestre; consta de 6 criterios y no tiene criterios en el módulo Clima, en total serían 6 criterios. En este principio la finca debe tener un inventario de la vida silvestre, se prohíbe la cacería y el tráfico de animales. Como se puede ver, este principio no tiene relación con la norma OHSAS 18001, ya que esta no tiene en cuenta la protección de la vida silvestre.

El principio 4 de la RAS es Conservación de Recursos Hídricos; consta de 9 criterios más 2 criterios del módulo Clima, en total serían 11 criterios. En ellos se explica que la finca debe ejecutar un programa de conservación del agua, del uso racional de este recurso, se deben pedir los debidos permisos para la utilización del recurso, y la finca debe adaptarse a las épocas de cambio para las diversas actividades agropecuarias. Como se puede observar, este principio tampoco tiene relación con la norma OHSAS 18001 porque esta no tiene en cuenta el recurso agua sino todo lo relacionado con la salud y seguridad de los trabajadores.

El principio 5 de la RAS es Trato Justo y Buenas Condiciones para los Trabajadores; consta de 19 criterios, no tiene criterios en el módulo Clima, en total serían 19 criterios. Los criterios tratan sobre las condiciones laborales que el propietario de la finca debe tener con los trabajadores; la contratación de mano de obra debe ser directamente, los pagos deben hacerse en el momento establecido, se debe pagar completo de acuerdo a lo pactado con el trabajador, se prohíbe cualquier trabajo forzado, los dormitorios deben estar bien contruidos y de acuerdo a las especificaciones que da la norma, deben tener acceso a agua potable, a servicios médicos, los hijos de los trabajadores deben tener acceso a la educación.

El principio 6 de la RAS es Salud y Seguridad Ocupa-

cional; consta de 20 criterios más 1 criterio del módulo Clima, en total serían 21 criterios. Este principio es el que más se relaciona con la norma NTC OHSAS 18001 porque en ambos la finca debe implementar un programa de salud y seguridad ocupacional; el objetivo es minimizar los riesgos ocupacionales de los trabajadores, se debe implementar un programa permanente de capacitación continua para que los trabajadores realicen sus actividades de la forma correcta y evitando en lo máximo accidentes y enfermedades profesionales.

Los trabajadores que manipulen, apliquen o manejen cualquier tipo de agroquímico deben capacitarse al menos en las generalidades de la salud ocupacional, en los nombres de los agroquímicos, en saber interpretar las fichas de seguridad de los productos, entre otros. Los trabajadores que realicen actividades identificadas como peligrosas o riesgosas como el manejo y aplicación de agroquímicos, la carga de elementos pesados, el uso de maquinaria o equipos, deben tener anualmente una revisión médica para ver cómo se encuentran de salud; la finca debe tener en todas las áreas de trabajo los servicios básicos y las condiciones de trabajo necesarias para desempeñar sus labores; deben tener normas estrictas de seguridad y orden en los talleres para prevenir accidentes, se debe tener un inventario actualizado de los materiales que se encuentran en las bodegas, talleres y áreas de almacenamiento de agroquímicos, estos deben estar contruidos de acuerdo a lo estipulado en la norma; los trabajadores que utilicen agroquímicos deben utilizar el equipo de protección, en la finca no se deben utilizar los agroquímicos que se encuentran en la lista de plaguicidas prohibidos.

Como se puede ver, todo el principio está relacionado con la salud de los trabajadores, con minimizar los riesgos, peligros, accidentes, enfermedades, en los elementos de protección de los trabajadores, en mantener a los trabajadores capacitados, en tener las áreas

señalizadas y construidas de cierta forma para prevenir, y que los trabajadores tengan las mejores condiciones laborales.

El principio 7 de la RAS es Relaciones con la Comunidad; consta de 6 criterios más 1 criterio del módulo Clima, en total serían 7 criterios. La finca debe respetar las áreas de importancia social como lo son ambientes religiosos, culturales, recreativos, la finca debe priorizar la mano de obra local para ser contratada, debe colaborar en las actividades que vayan en pro de los recursos naturales de la región.

El principio 8 de la RAS es Manejo Integrado del Cultivo; consta de 9 criterios más 1 criterio del módulo Clima, en total serían 10 criterios. En este principio, la finca debe implementar un programa de manejo integrado de plagas con el uso de controles físicos, mecánicos, culturales, biológicos y en lo posible disminuir la utilización de agroquímicos, se prohíbe la utilización de los productos que se encuentran en el documento de plaguicidas prohibidos. Este principio se basa en el manejo integrado del cultivo y no tiene en cuenta la salud y seguridad de los trabajadores, por lo tanto no se relaciona con la norma OHSAS 18001.

El principio 9 de la RAS es Manejo y Conservación del Suelo; consta de 5 criterios más 1 criterio del módulo Clima, en total serían 6 criterios; en los cuales la finca debe ejecutar un programa de prevención y control de la erosión, basado en la identificación de las tierras afectadas, las condiciones climáticas, la topografía y las prácticas agrícolas del cultivo; debe tener un programa de fertilización de suelos fundamentado en las características y propiedades del suelo y del cultivo. Como se puede observar el principio no tiene relación con la norma NTC OHSAS18001 porque habla sobre el uso del suelo y no trata nada sobre la salud ocupacional y la seguridad.

El principio 10 de la RAS es Manejo Integrado de Desechos; consta de 6 criterios más 1 criterio del mó-

dulo Clima, en total serían 7 criterios. En este principio, la finca debe tener un programa de manejo integrado de desechos fundamentado en las tres "r", reducir, reutilizar y reciclar; se deben identificar los tipos y las cantidades de desechos que se generan en la finca. La norma OHSAS 18001 no tiene relación con el principio 10 de la norma RAS.

Conclusiones

Entre las diferencias más significativas entre las normas Red de Agricultura Sostenible RAS y la NTC OHSAS 18001 encontramos el objetivo, la RAS se dedica a mitigar los riesgos ambientales y sociales de la actividad agropecuaria, y la NTC OHSAS 18001 pretende controlar los riesgos ocupacionales y la salud de los trabajadores. Entre las similitudes, la más notoria está relacionada con el sometimiento continuo a actualizaciones, las dos buscan la certificación y se verifica la implementación de las normas por medio de auditorías.

De acuerdo a la estructura de las normas, los principios 5 y 6 de la Red de Agricultura Sostenible RAS son los que se relacionan con la OHSAS 18001.

Bibliografía

- 18001, N. T. (2007). *Un Sistema de Gestión de la Salud y la Seguridad en el Trabajo (SGSST) fomenta los entornos de trabajo seguro y saludable al ofrecer un marco que permite a Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional Requisitos*. Genova, Madrid: AENOR.
- 18001, O. (1999). *Sistema de gestión en Seguridad y Salud Ocupacional- Especificación*. Madrid: AENOR.
- Administración, C. d. (2014). *Cuarto informe complementario: Novedades respecto del acuerdo entre la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Internacional de Normalización (ISO), en particular en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo*. Ginebra: INS.

Ec nomico, M. d. (1993). *Decreto 2269*. República de Colombia: Secretaría Jurídica.

Glaesel, K. (2014). *Seguridad y Salud Ocupacional -La nueva ISO 45001*. Cancún, México: INLAC.

RainforestAlliance. (2012). *Manual de Certificación de RainforestAlliance Agricultura Sostenible*. Costa Rica: Secretaria de la RAS.

Sostenible, N. p. (2009). *Lista de plaguicidas prohibidos*. San José, Costa Rica: Secretaria de la RAS.

Sostenible, N. p. (2014). *Normas de Agricultura Sostenible para grupos de productores y fincas agrícolas y ganaderas*. San José, Costa Rica: Secretaría de la RAS.

Sostenible, R. d. (2011). *Módulo clima de la RAS: Criterios para la mitigación y adaptación al cambio climático*. San José, Costa Rica: Secretaría de la RAS.

Sostenible, R. d. (julio de 2010). *Norma para Agricultura Sostenible*. Costa Rica: Secretaría de la Red de Agricultura Sostenible.



PARÁMETROS DE PUBLICACIÓN

REVISTA AGROPECUARIA Y AGROINDUSTRIAL LA ANGOSTURA

Criterios de evaluación

1. La recepción de los documentos para evaluación se llevará a cabo según cronograma definido.
2. Enviar el documento en formato indicado al e-mail ldiaz51@misena.edu.co, dentro de los plazos establecidos. En el cuerpo del mensaje deberá ir la presentación de el/los autor/es del documento así como la solicitud para su evaluación. Deberá además incluir la información de contacto de el/los mismo/s.
3. La secretaria de la revista acusará recibo de los trabajos para su evaluación vía correo electrónico al autor principal con copia a los autores en el plazo de 7 días hábiles.
4. Los documentos deberán tener las siguientes características:
 - a. Los informes técnicos y/o reportes de casos no deberán superar las 6 páginas incluyendo la bibliografía.
 - b. Los artículos de investigación o de revisión no deberán exceder las 10 páginas incluyendo la bibliografía.
5. El resultado preliminar de la evaluación se comunicará vía correo electrónico a los autores del documento, en caso de existir anotaciones por parte de los pares y/o editores, el autor contará con diez (10) días hábiles para la respectiva corrección.
6. Los documentos podrán ser clasificados como:
 - a. Aceptado con correcciones: documento que no cumple con al menos uno de los requerimientos de la editorial o que presenta anotaciones de los pares evaluadores.
 - b. Aceptado: documento que cumple con los requisitos de evaluación, incluido el aval de los pares.
 - c. Aceptado para publicación: documento que cumple con la totalidad de los criterios de publicación y además cuenta con el aval de los pares y del comité editorial.
 - d. Rechazado: documento que no cumple con la totalidad de los criterios de publicación establecidos.
8. Podrá postular documentos cualquier empresario, personal investigativo externo, instructores, aprendices y directivos de todo el territorio colombiano.
9. La aceptación definitiva del documento debe incluir el aval de los pares y del comité editorial de la revista.
10. Entregar una carta de presentación del autor/es y su escrito especificando la originalidad del texto y su contenido.
11. Entrega de Copyright.
12. Se entregará un ejemplar de la revista a cada autor, además se enviará copia digital del mismo a los correos electrónicos de todos los autores de los documentos publicados y/o aceptados.

Formato del documento

El documento deberá estar justificado y escrito en fuente Times New Roman, tamaño 12 puntos, interlineado a espacio y medio (1.5), con márgenes de 3 cm en la parte superior, 2 cm en la inferior y 2,5 cm en las márgenes izquierda y derecha en hoja tamaño carta; todas las páginas deberán estar enumeradas. Los cuadros, textos y gráficos deberán ir citados en el documento y de manera consecutiva (ejemplo: Figura 1, Figura 2...; Tabla 1, Tabla 2...) y ubicados inmediatamente después de finalizar el párrafo.

Las tablas deberán estar en formato MS Excel editable para sistema operativo Windows. Las imágenes, fotos, diagramas, mapas o dibujos son consideradas figuras y deberán estar en formato JPG, PDF o TIFF.

La figura deberá estar pegada en el texto y además ser enviada como archivo adjunto para la edición final de la información, en caso de ser clasificado como "aceptado o aceptado para publicación". El título de las figuras deberá ir en la parte superior de la misma, las tablas deberán tener ubicado el título en la parte superior; para ambos casos, los títulos no deberán exceder las 15 palabras y deberá estar centrado en el documento con fuente Times New Roman tamaño 10.

Se debe utilizar el sistema métrico internacional para todas las medidas, así como sus abreviaturas y no usar puntos después de estas. Los decimales serán señalados con coma (,) y no con puntos, y los miles y millares con punto. Todos los nombres científicos deberán estar escritos en letra cursiva.

Criterios de publicación

7. Todo documento pedagógico o de trabajo presentados deberá corresponder a las características según la política editorial del SENA y su Sistema SENNOVA.