

PREVENCIÓN DEL RIESGO POR DESABASTECIMIENTO DE AGUA EN AGRICULTURA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Maria Esther Rivera*¹; *Carlos Alberto González Murillo*²; *Hebert Gonzalo Rivera*³

¹ *Profesora Asociada. Programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de Pamplona. Pamplona. E-mail: maes@unipamplona.edu.co*

² *Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: cagonzalezmu@yahoo.com*

³ *Director de la Subdirección de Hidrología. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). E-mail: hebert@ideam.gov.co*

Los sistemas de abastecimiento de agua para el riego (fuente abastecedora, captación, conducción, distribución y entrega de agua a cultivos) en Colombia, tradicionalmente se diseñaron y diseñan, sin tener en cuenta la variabilidad hidrológica en tiempo real y el posible impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua, mientras que si tienen en cuenta la oferta de agua y los valores extremos de caudales en los sitios de captación, para una vida útil del sistema de riego que suele superar los 10 y 20 años. Esta tradición en la Ingeniería Agrícola, deja en desventaja a estos sistemas ante un cambio climático a largo plazo y ante los cada vez más frecuentes eventos de inundación y estiaje extremo, produciendo con ello desabastecimiento de alimentos. La restricción en la metodología tradicional de diseño se supera mediante la aplicación de la teoría de los procesos estocásticos, con énfasis en el cálculo de Ito y la aplicación de la Ecuación Prospectiva de Kolmogoroff, la cual permite desarrollar, calibrar y validar para un sistema de riego, un modelo hidrológico con soporte en una ecuación diferencial (determinista y estocástica) que permite prever la amenaza (en términos de la probabilidad de un valor del nivel del agua que afecta al sistema de riego en el sitio de captación del agua), que junto con la pérdida potencial (que ocasionaría el desabastecimiento) facilita pronosticar el riesgo por desabastecimiento de agua en la producción de determinado cultivo. Se plantea el desarrollo científico de una metodología para la prevención del riesgo por desabastecimiento de agua, a través de la modelación hidrológica con énfasis en el sistema

de Pearson, modelo de Kolmogoroff y ecuaciones diferenciales estocásticas (EDE). Entonces, el operador del sistema de riego podrá readecuar el sistema con soporte en la amenaza en tiempo real (en términos de días, semanas y meses), de los niveles del agua que afectan el funcionamiento del sistema de riego y rediseñar su sistema de abastecimiento de agua, ante los escenarios de cambio climático.

Palabras claves: Hidrología, ecuaciones diferenciales estocásticas, cambio climático, riesgo, agricultura.

PREVENTION OF THE RISK FOR NON WATER SUPPLY IN AGRICULTURE BY CLIMATE CHANGE

The systems of water supply for irrigation (supplying source, uptake, conduction, distribution and delivery of water to crops) in Colombia, traditionally were designed and developed without considering hydrological variability in real-time and the potential impact of climate change on water availability, while taking into account water supply and the extreme values of flow at sites catchment for a service life of the irrigation system that often exceed 10 to 20 years. This tradition in Agricultural Engineering makes a disadvantage to these systems before a long-term climate change and to become more frequent flood events and extreme drought, thereby causing disruption of food. The restriction on the traditional design methodology is overcome by applying the theory of stochastic processes, with emphasis on the Ito calculus and the implementation of the prospective of Kolmogoroff equation, which allows to develop, calibrate and validate a system irrigation, a hydrological model supported in a differential equation (deterministic and stochastic) to predict the threat (in terms of the probability of a water level that affects the irrigation system at the site of water uptake), which together with the potential loss (which would cause the disruption) helps predict the risk of disruption of water in the production of certain crops. This raises the scientific development of a methodology for preventing the risk of disruption

of water through the hydrologic modeling with emphasis on the Pearson system, Kolmogoroff model and stochastic differential equations (EDE). Then, the operator of the irrigation system can adapt the system to support real-time threat (in terms of days, weeks and months) of water levels that affect the functioning of the irrigation system and redesign the water supply system according to climate change scenarios.

Key words: Hydrology, stochastic differential equations, climate change, risk, agriculture.

BIOCOMBUSTIBLES: OPORTUNIDAD O AMENAZA. Elkin Alonso Cortés Marín¹

¹ *Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: ecortes @unalmed.edu.co*

Hoy es incuestionable admitir que la agricultura no sólo da pan sino energía, dicho reconocimiento ha desatado una gran polémica en el mundo. De manera casi inesperada, a la tierra apta para producir alimentos, le surgió un fuerte competidor: los combustibles. La bioenergía es un término bastante amplio que abarca a todos los productos energéticos obtenidos por procesos de conversión de productos o residuos agrícolas y animales. Los agrocombustibles son una realidad en varios países en el mundo, incluida Colombia, y se han constituido en un modelo de desarrollo agroindustrial, que pretende insertarse en el concierto de la economía y, cuenta para ello de estímulos y de un amplio marco normativo; así, como múltiples defensores y detractores. Ante el impresionante auge por los biocombustibles (biodiesel y bioetanol) como una fuente de energía renovable, es conveniente considerar de una manera más analítica y ponderada sus posibilidades, beneficios y limitantes en una sociedad que, además demanda por alimentos-nutrientes, para millones de hambrientos. En cualquier caso, la utilización de estos combustibles alternativos tiene efectos negativos, a nivel tanto natural como socioeconómico. Sin desconocer algunos beneficios parciales, a partir de incorporación de nuevas tierras en la producción de cultivos

energéticos y procesos de desarrollo agroindustrial con sus colaterales efectos sobre el empleo y las exportaciones, de un producto con valor agregado, desafortunadamente a partir de subsidios estatales. Igualmente, se requiere confrontar la casi inevitable posibilidad de la competencia entre la producción de alimentos y agrocombustibles, que en una sociedad con altos niveles de pobreza, resulta preocupante ese desplazamiento productivo en el sistema agroalimentario colombiano. Indudablemente, la energía es, al mismo tiempo, una solución y un problema para el desarrollo sostenible. Así, la porfía se centra en la disyuntiva de satisfacer las necesidades del creciente consumo, minimizando el impacto social y garantizando los recursos.

Palabras claves: Energía, alimentos, agrocombustibles, emisiones, competencia.

BIOFUELS: OPPORTUNITY OR MENACE

Today is unquestionably accepts that agriculture is not only bread but also energy, such recognition has unleashed a great controversy in the world. So almost unexpectedly, land suitable for food production, a strong competitor came: fuels. Bioenergy is a fairly broad term that covers all the products obtained by processes of energy conversion products or agricultural and animal waste. Agrofuels are a reality in several countries in the world, including Colombia, and have become a model of agroindustrial development, which aims to enter in the concert of economy and have for this, stimulus and a broad policy framework, so as many defenders and detractors. Given the impressive growth of biofuels (bioethanol and biodiesel) as a renewable energy source, it should be considering a more analytical and pondered way their potential benefits and limitations in a society that also demands diligent-nutrient food for millions of hungry people. Anyway, the use of these alternative fuels has negative impacts, both natural and socioeconomic status. Without ignoring some partial benefits based on incorporation of new lands in the production of energy crops and agrodevelopment processes with their collateral effects on employment and exports, of a value-added product, unfortunately, from state subsidies.

Similarly, it is required to confront the almost unavoidable possibility of competition between food production and agrofuels, which in a society with high levels of poverty, it is worrying about that productive displacement in this agricultural system. Certainly, energy is both a solution and a problem for sustainable development. Thus, the obstinacy focuses on the alternative of satisfying the needs of growing consumption, minimizing the social impact and ensuring natural resources.

Key words: Agrofuels, agroindustry, foods, sustainability, competition.

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE PIÑÓN MANSO (*Jatropha curcas* L.) EN ARGENTINA. *Stella Maris Carballo*¹; *Alicia Anschau*²; *Noelia Flores Marco*³; *Jorge Hilbert*⁴

¹ *Técnica Investigadora. Instituto de Clima y Agua CIRN. INTA, Castelar, Buenos Aires, Argentina. E-mail: scarballo@cni.inta.gov.ar*

² *Técnica Investigadora. Instituto de Clima y Agua CIRN. INTA, Castelar, Buenos Aires, Argentina. E-mail: aanschau@cni.inta.gov.ar*

³ *Técnica Investigadora. Instituto de Ingeniería Rural CIA. INTA, Buenos Aires, Argentina. E-mail: nflores@cni.inta.gov.ar*

⁴ *Investigador y Director Instituto de Ingeniería Rural CIA INTA, Buenos Aires, Argentina. E-mail: hilbert@cni.inta.gov.ar*

Ante un escenario mundial con claras señales de crisis energética, el estudio de cultivos destinados a la producción de biocombustibles ha despertado interés en todo el mundo. Especies como la *Jatropha* aparecen como alternativas para atender a las necesidades que se planteen en este contexto. Actualmente existen aproximadamente 1.000.000 de hectáreas, de las cuales el 85% están en Asia, mientras África cuenta con 120.000 hectáreas, seguida de Latinoamérica con 20.000 hectáreas. Se espera un crecimiento enorme en los próximos años, llegando a 13.000.000 de hectáreas en el 2015, a un ritmo de 2.000.000 de hectáreas anuales. Argentina reúne condiciones agroclimáticas para desarrollar exitosamente el cultivo de piñón manso. El país posee 25.000.000 hectáreas con alta potencialidad agroecológica para *Jatropha curcas* L., de las cuales estarían potencialmente disponibles para la implantación

de esta especie 3.000.000 de hectáreas. Con el presente estudio se busca contribuir al uso ordenado del territorio a partir de las potencialidades agroecológicas que ofrece, generando, mediante un Sistema de Información Geográfica, una primera aproximación cartográfica a escala 1:500.000, en la que se distinguen zonas con un grado de aptitud diferenciado para el cultivo.

Palabras claves: *Jatropha curcas* L., piñón manso, biocombustibles, análisis espacial, Sistemas de Información Geográfica.

AGRICULTURAL ECOLOGICAL ZONE ANALYSIS OF MEEK PINENUT CROP (*Jatropha curcas* L.) IN ARGENTINA

Expectations for the coming years, based on energy scenarios and various policy objectives, indicate a growing increase in the global production of biomass on a global scale and for many nations. Species as *Jatropha* appears as an alternative to assure a reliable supply to reach targets for biomass use for energy without competition with food and feed markets. Several studies show that there are some key regions in the world that have underutilized potential to increase areas with biomass energy plantations, including Argentina. At the moment approximately 1,000,000 hectares of *Jatropha* plantations already exist. Asia counts with 85% of the total area, Africa counts on 120,000 hectares, followed of Latin America with 20,000 hectares. An enormous growth is expected in the next years, arriving at 13,000,000 hectares in the 2015, at a rate of 2,000,000 hectares per year. Argentina has agroclimatic conditions to develop *Jatropha* plantations successfully. The country counts with 25,000,000 hectares with high agro-ecological potential to be destined to *Jatropha* plantations, of which only 3,000,000 hectares would be available for the implantation because of the competition with other actual uses or legal restrictions. The present study represent a contribution to a better territorial management under agro-ecological and economic considerations, generating, by means of a GIS, a cartographic approach, on scale 1:500,000, in which zones with different degrees of aptitude were delimited.

Key words: *Jatropha curcas* L., biofuels, biodiesel, spatial analysis, Geographic Information Systems.

IMPLEMENTACIÓN DE DESTILADORES SOLARES PARA MEJORAR LAS CUALIDADES FÍSICO – QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DEL AGUA UTILIZADA PARA EL CONSUMO HUMANO EN ZONAS RURALES. Alfonso Santos Jaimes¹

¹ Profesor Titular. Escuela de Ingeniería y Administración. Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Seccional Bucaramanga. E-mail: asantosj@upbbga.edu.co

El proyecto tiene como objetivo, validar la utilización de un destilador solar, en el proceso de purificación de agua obtenida de afluentes provenientes de las quebradas Mensulí y Palmichala ubicadas en la zona rural del municipio de Floridablanca (Santander, Colombia); para alcanzar las metas propuestas se construyó un destilador de 0,73 m² de área de exposición, mediante el uso de materiales como madera, metal y vidrio; el equipo permite el paso de la radiación solar hasta el colector - evaporador, lo que origina un aumento de temperatura en el interior del recipiente y por consiguiente una desinfección del agua al pasar por un proceso de evaporación y posterior condensación sobre el vidrio ubicado en la parte superior del mismo. El equipo permite obtener un volumen aproximado de destilado de 2 L·día⁻¹, cantidad necesaria para realizar las pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas que permiten determinar las cualidades del agua después del proceso de destilación. Se realizaron tres lotes de pruebas con el fin de identificar cual es la influencia real de la destilación solar, cada uno de los ensayos se llevó a cabo mediante la exposición del destilador a la radiación solar presente en el momento de la ejecución del ensayo; la duración de la prueba fue de 5 horas, tiempo durante el cual se cuantificó la temperatura del agua dentro del destilador. En las tres pruebas de destilado, se pudo observar la reducción de la magnitud de algunas características físicas como el color y la conductividad; igualmente disminuyeron la dureza,

la alcalinidad, los cloruros y nitritos presentes en el agua. En el primer lote se observó una disminución de coliformes totales de >16.000 NMP/100 ml a 1,8 NMP/100 ml y de coliformes fecales de 5.400 NMP/100 ml a <1,8 NMP/100 ml, valores que permiten inferir una mejor condición del agua utilizada para consumo humano y proveniente de afluentes naturales ubicadas en las zonas rurales del municipio de Floridablanca.

Palabras claves: Destilación solar, coliformes totales, energías renovables, desinfección solar, destilador de caseta.

IMPLEMENTATION OF SOLAR DISTILLERS TO IMPROVE THE PHYSICAL - CHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL QUALITIES OF THE USED WATER FOR THE HUMAN CONSUMPTION IN RURAL AREAS.

The aim of this project is to validate the use of a solar distiller in a water purification process; the water is taken from the Mensuli and Palmichala rivers, located in the rural area at Floridablanca (Santander, Colombia). In order to achieve the objective, a 0.73 m² exposition area has been built, using materials such as wood, metal and glass. This equipment allows solar radiation to pass through it towards the collector – evaporator, originating a temperature rising inside the recipient, thus disinfecting the water due to its evaporation and further condensation over the glass located in the top. The equipment delivers 2 L·day⁻¹ of water approximately; this amount is the necessary to perform physical, chemical and bacteriological tests giving as a result the water characteristics after the distillation process. Three runs have been performed in order to identify the real influence of solar distillation, each of them exposing the distiller to the actual solar radiation at the time of the test. The time of each test was 5 hours, during this time the temperature inside the distiller was monitored. In all the three distillation tests, it has been observed a decrease on the physical characteristics such as heat and conductivity; same that the hardness, alkalinity, chlorides and nitrites present in water. In the first portion, a

decrease of total coliforms >16,000 NMP/100 ml and fecal coliforms 5,400 NMP/100 ml compared to 1.8 NMP/100 ml; considering these values it is concluded, that an improved human drinking water condition has been achieved taken from natural sources located in the rural areas of the town of Floridablanca.

Key words: Solar distillation, total coliforms, renewable energies, solar disinfection.

AGRONEGOCIO MELÓN: PRODUCCIÓN INTEGRADA DE MANEJO EN COSECHA Y POSCOSECHA. Saul Dussán Sarría¹; Ricardo Elesbão Alves²; Ebenézer De Oliveira Silva³

¹ Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. E-mail: sdussans@palmira.unal.edu.co

² Investigador. Embrapa Agroindústria Tropical, CEP Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: elesbao@pesquisador.cnpq.br

³ Investigador. Embrapa Agroindústria Tropical, CEP Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: ebenezer@cpmpat.embrapa.br

El agronegocio colombiano experimenta un franco desarrollo y viene destacándose a nivel mundial en la producción de frutas y hortalizas. Las frutas son una tendencia del siglo XXI por sus propiedades alimenticias, medicinales y nutraceuticas y, debido al crecimiento de la población urbana. En América del Sur, Brasil es el principal país productor y exportador de melón. Colombia aún presenta bajos volúmenes de producción de melón; sin embargo, se proyecta como un mercado próspero tanto para consumo nacional como para exportación. El melón tiene en Colombia y en el mundo, importancia comercial tanto en el mercado en fresco como para el sector agroindustrial, siendo necesarias la utilización de tecnologías precosecha y poscosecha actualmente disponibles para ofrecer una fruta con calidad sensorial e inocua a la salud del consumidor. Para el melón colombiano, el mercado Europeo y Norteamericano sigue siendo importante y brinda oportunidades de comercialización, pero para ello se debe garantizar una producción certificada de acuerdo a los protocolos de calidad, esta exigencia es la principal barrera técnica a ser considerada. Estos mercados dan preferencia por

variedades de melón Amarillos y Cantaloupe. Para que Colombia tenga una importante participación en el mercado de exportación de melón, es necesario que la fruta producida, además de dulce, sea succulenta y de pulpa firme, presentando una coloración característica, dependiendo de la variedad, coloración blanca verdosa en los melones Amarillos (Gold Mine) y naranja en los Cantaloupe. El color y apariencia externa deben ser homogéneos, sin manchas, cortes ni quemaduras por el sol. La producción de melón en Colombia requiere de programas como el PIF (Producción Integrada de Frutas) desarrollado en Brasil, para establecer normas de producción que permitan la obtención de certificación y sellos de calidad que garanticen la trazabilidad del producto. La PIF cuenta con una serie de normas obligatorias, recomendadas y prohibidas durante la etapa de cosecha y poscosecha, que si son seguidas, garantizan un producto con calidad.

Palabras claves: Frutas, manejo integrado, certificación.

AGRICULTURE BUSINESS MELON: INTEGRATED PRODUCTION OF HANDLING IN HARVEST AND POSTHARVEST

Colombian agribusiness, development experience and is a free-standing out worldwide in the production of fruits and vegetables. Fruits are a trend in the XXI century for their food, medicine and nutraceuticals properties, and due to urban population growth. In South America, Brazil is the main country producing and exporting melon. Colombia even presents low volumes of melon production; nevertheless, it projects as a prosperous market for national and export consumption. The melon has in Colombia and the world, commercial importance both in the fresh market and for agroindustrial sector, being necessary the use of pre and postharvest technologies currently available to offer a fruit with a sensory quality and safe for consumer health. For the Colombian's melon, European and North American market remains strong and provides opportunities for marketing, but this should ensure a production certified according to the protocols of quality, this demand is the main

technical barrier to be considered. These markets prefer varieties of melon Cantaloupe and Yellow. Since Colombia has an important participation in the market of melon export is necessary to produce, sweet and succulent fruit and with firm pulp, with characteristic coloration in function of the variety, greenish white coloration in Yellow melons (Gold Mine) and orange flesh in Cantaloupe. The color and appearance should be uniform, without spots, cuts or sunburn. Melon production in Colombia

requires of programs such as the IFP (Integrated Fruit Production) developed in Brazil, to establish production standards to obtain certification and quality labels to ensure product traceability. The IFP has a number of obligatory standards, recommended and forbidden during the harvest and postharvest melon that if followed, guarantee a quality product.

Key words: Fruits, integrated handling, certification.

AGRICULTURA ECOLÓGICA SOCIAL: UN AVANCE DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL. Álvaro Ricardo Murillo Moreno¹; Nadia Socha Campo²

¹ Estudiante de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: armurillom@unal.edu.co

² Estudiante de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: ncschac@unal.edu.co

“La seguridad alimentaria local, regional y mundial, requiere de un conocimiento profundo de los agroecosistemas productivos en las regiones tropicales, ya que éstos presentan condiciones agroecológicas diferentes a otras latitudes. Los alimentos se deben producir en concordancia con los diversos agroecosistemas, con la naturaleza del proceso productivo, con las relaciones sociales, culturales y tecnológicas que han practicado los campesinos a lo largo de la historia”. Colombia es uno de los países ricos, no en el sentido del poder monetario, sino en el gran sentido de biodiversidad; gracias a su posición geoestratégica, posee los mejores suelos del mundo y el relieve andino que crea la diversidad de climas (pisos térmicos) generando así, los diversos tipos de cultivos que se consumen a nivel local y a nivel externo, siendo un país básicamente agroindustrial. A pesar de la riqueza del territorio colombiano, las condiciones socio-económicas de sus habitantes hacen que se genere una cultura de superproducción en los sectores rurales, provocando el deterioro de los recursos renovables y no renovables; generalmente el aspecto económico que ahora se imprime a las nuevas políticas globalizantes han puesto por debajo el aspecto ambiental, que influye en el desarrollo ecológico, incidiendo de forma directa en el ámbito social, primordialmente el problema recae en el manejo inadecuado de los suelos haciendo que el rendimiento de los cultivos disminuya cada vez más, lo cual hace que los campesinos abandonen sus tierras y pasan a una existencia marginal. Muchas son las causas de la pérdida de productividad del suelo; como por ejemplo, el desgaste físico debido a excesivas labores de labranza sin el debido periodo de recuperación, la implementación de monocultivos, que alteran la composición de éste, etc. Aunque cabe enmar-

car que la problemática del manejo inadecuado de los suelos, no solamente tiene las anteriores implicaciones, sino que abarca un problema social mucho más de fondo, como es la deficiencia alimentaria y el crecimiento de la pobreza tanto urbana como rural; todo esto porque no existe una planeación ni una política productiva y además el presupuesto destinado al fortalecimiento agrícola, no es el adecuado o no es usado para el fin propuesto y lo más delicado, es que no existe un modelo educativo fuerte que se base en la enseñanza de la agricultura ecológica, ésta entendida como una estrategia de tránsito hacia sistemas más sostenibles y demostrando que es posible obtener productos de mejor calidad, sin contaminar el medio ni a las personas, que en él habitan. El objetivo principal de esta propuesta, consiste en lograr un manejo adecuado de los suelos por medio de la implementación de un *modelo pedagógico* de agricultura ecológica social, que permita un desarrollo sostenible, manteniendo los niveles de productividad. Mediante éste, implementar en la educación formal, la creación práctica de procesos productivos agrícolas, principalmente en el área rural impulsando procesos educativos.

Palabras claves: Agricultura ecológica social, agroecosistemas, suelos, modelo pedagógico, recursos renovables y no renovables.

SOCIAL ECOLOGICAL AGRICULTURE: AN ADVANCE OF THE ENVIRONMENTAL EDUCATION.

Local food security, regional and global level requires a deep knowledge of productive agroecosystems in tropical regions, because they have different agro-ecological conditions elsewhere. Food must be produced in accordance with various agroecosystems, with the nature of the production process, with social relationships, cultural and technological that peasants have practiced throughout the history. Colombia is one of the rich countries, not with the sense of monetary power, but in the sense of great biodiversity. Thanks to its geostrategic position has the best soils in the world and the andean relief that creates the diversity of climates

(thermal floors) thus, generating different types of crops that are consumed locally and externally is a country basically agribusiness. Despite the richness of the Colombian territory, the socio-economic conditions of its inhabitants do to generate a culture of overproduction in rural areas causing degradation of renewable and non-renewable resources; generally the economic aspect that is print by the new globalizing policies have placed below the environmental aspect, which affects the eco-development, directly affecting the social sphere, the problem primarily lies with the improper handling of soils so that crop yield decreases more, which makes peasants leave their lands and move to a marginal existence. There are many causes of the loss of soil productivity such as physical wear due to excessive tillage work without proper payback period, implementation of monocultures, which alter the composition of this, and so on. Although it is framed that the problem of inadequate management of soils not only has the previous implications, if not covered by a social problem much more substantive, such as food

deficiency and the growth of both urban and rural poverty, all this because there is no planning policy nor a productive and further strengthening the agricultural budget is not adequate and / or is not used for the purpose proposed and most delicate, is that there is no strong educational model that is based on teaching organic farming, is understood as a strategy for transit systems towards more sustainable and showing that it is possible to obtain better quality products without polluting the environment or people who inhabit it. The main objective of this proposal is to ensure proper management of soils through the implementation of a pedagogical model of organic farming that allows social sustainable development while maintaining productivity levels. By implementing this formal education in the creation of productive processes agricultural practice, particularly in rural areas by encouraging educational processes.

Key words: Organic farming social, agro-ecosystems, soils, pedagogical model, renewable and non-renewable resources.

ASPECTOS LEGALES Y EJERCICIO DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA EN COLOMBIA. **Freddy Leonardo Arias Guerrero¹**

¹ *Presidente. Asociación de Ingenieros Agrícolas de Colombia (ASIAC), Bogotá. E-mail: ingagricola@yahoo.com*

Este trabajo descriptivo recoge una serie de escritos, postulados y experiencias de los miembros de la Asociación de Ingenieros Agrícolas de Colombia – ASIAC y de profesionales aglutinados dentro del correo de difusión *ing_agricola@yahoo.groups.com*. Se contextualiza acerca de las necesidades y potencialidades de la ingeniería en el sector agropecuario colombiano y de los aportes que puede dar la Ingeniería Agrícola al desarrollo del país. Luego se relata la experiencia de la ASIAC, en la consolidación de la organización y sus proyecciones, con el fin de aglutinar y de que sirva de referente para las personas que están interesadas en la conformación de proyectos colectivos que permitan desarrollar la Ingeniería Agrícola en el país. Se pasa luego a relatar la experiencia de la ASIAC en los procesos de reglamentación del ejercicio profesional en Colombia. Y por último, se arrojan una serie de interrogantes que permitan unir esfuerzos en pos del desarrollo nacional.

Palabras claves: Ingeniería Agrícola, ejercicio profesional, reglamentación, correo grupal.

LEGAL ASPECTS AND EXERCISE OF THE AGRICULTURAL ENGINEERING IN COLOMBIA

This descriptive work contains a number of writings, principles and experiences of members belonging to Agricultural Engineers Association of Colombia - ASIAC and professionals within the agglutinated mail outreach *ing_agricola@yahoo.groups.com*. Contextualises is about the needs and potentials of Agricultural Engineering in Colombia and the contributions they can make to Agricultural Engineering development. Then it is recount the experience of ASIAC in building the organization and its projections, in order to unite and serve as a reference for people who are

interested in setting up collaborative projects to develop the Agricultural Engineering in Colombia. Then is recount the experience of ASIAC in regulatory processes of professional practice in Colombia. And then a series of questions are proposed leading to unite efforts towards national development.

Key words: Agricultural Engineering, professional exercise, regulation, group mail.

COMPETENCIAS DEL INGENIERO AGRÍCOLA, COMO UNA APLICACIÓN DEL MODELO TUNING AMERICA LATINA. Néstor Enrique Cerquera Peña¹; Julián César Velásquez Rincón²; Eduardo Pastrana Bonilla³

¹ *Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana, Neiva. E-mail: cerquera@usco.edu.co*

² *Profesor Titular. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana, Neiva. E-mail: juvela@usco.edu.co*

³ *Profesor Titular. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana, Neiva. E-mail: pastrana@usco.edu.co*

El trabajo aborda la formación por competencias en los programas de Ingeniería Agrícola a nivel nacional, teniendo en cuenta que la legislación sobre educación superior en el país la exige. Para su ejecución se revisaron los proyectos Tuning Europa, Tuning América Latina y trabajos a nivel internacional y nacional entre los que se destacan los realizados por ICFES- ACOFI, orientados a establecer el marco de fundamentación conceptual y especificaciones de las pruebas ECAES para ingeniería. A partir de esta revisión se definieron las competencias del Ingeniero Agrícola en Colombia y algunas prácticas académicas para la enseñanza, aprendizaje y evaluación basadas en competencias, teniendo como base el modelo Tuning América Latina. La validación de las competencias genéricas y específicas se realizó aplicando encuestas vía web y en medio físico a docentes, estudiantes y egresados de los programas de Ingeniería Agrícola y a empleadores de los egresados. Como resultado del análisis estadístico, se encontró que las 27 competencias genéricas, al igual que las 25 competencias específicas propuestas, recibieron

la confirmación o respaldo por parte de los encuestados ya que todas fueron valoradas en el grado de importancia por encima de tres en una escala de 1 a 4, en donde tres significa "bastante" y cuatro "mucho". Respecto al grado de realización de las competencias genéricas y específicas se encontraron valores inferiores a los otorgados al grado de importancia, lo que resalta un buen nivel crítico y de exigencia por parte de los consultados; estos resultados hacen pensar en la necesidad de reforzar la formación por competencias y mejorar las estrategias utilizadas. Frente a las prácticas académicas de enseñanza aprendizaje y evaluación, basadas en competencias, se tomó como referente la experiencia del modelo Tuning América Latina y el aporte a través de talleres y consultas de experiencias por parte de docentes de los programas de Ingeniería Agrícola.

Palabras claves: Competencias, Ingeniería Agrícola, modelo Tuning, formación por competencias.

COMPETENCES OF THE AGRICULTURAL ENGINEER, AS AN APPLICATION OF THE MODEL TUNING LATIN AMERICA.

The present work addresses the learning for competences issue in Agricultural Engineering at national level, taking into account that the current legislation on higher education in Colombia makes it mandatory. For its implementation the Tuning Europe and Tuning Latin America projects were reviewed, as well as other works at international and national levels among which are those made by ICFES-ACOFI, aimed to establish the conceptual framework and specifications for the tests so called ECAES for engineering. Based on this review were defined the competences of Agricultural Engineering in Colombia and some academic practices for teaching, learning and assessment based on competences, taking into account the model Tuning Latin America. The validation of generic and specific competencies was conducted by a virtual survey applied via the web, and physically to teachers, students and graduates of the

Agricultural Engineering programs and to employers of the graduates. As a result of the statistical analysis it was found that 27 generic competences, as well as the 25 proposed specific competences received confirmation or endorsement by the surveyed subjects once they were rated with a degree of importance over three in a scale from 1 to 4, where three means "in high degree" and four means "fully". Regarding the degree of realization of the generic and specific competences were found lower values than those awarded to the degree of importance, what stands out a good critical level and requirement by the respondents, these results suggest the need to reinforce the learning for competences and to improve strategies used. With respect to the academic practices of teaching, learning and assessment, based on competences, was taken as a reference the experience of model Tuning Latin America and the input through workshops and survey of experiences by professors of the Agricultural Engineering programs.

Key words: Competences, Agricultural Engineering, Tuning model, learning for competences.

SOFTWARE GRATIS O LIBRE COMO HERRAMIENTAS ALTERNATIVAS EN EL DESARROLLO PROFESIONAL DEL INGENIERO AGRÍCOLA. Germán Wbeimar Guarín Giraldo¹; Oscar Alfonso Vega Castro²

¹ *Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: gwguarin@unalmed.edu.co, gwguarin@unal.edu.co*

² *Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: E-mail: oavegac@unalmed.edu.co*

Los procesos de producción primaria, así como los de transformación de productos agrícolas, requieren una serie de conocimientos y manejo de complejas relaciones provenientes de las ciencias básicas. La producción primaria involucra la manipulación de variables climáticas, suministro de agua, flujos de materia y calor en el sistema suelo-planta-atmósfera, entre otras;

asimismo, en la ingeniería de transformación, existen otros parámetros a controlar como temperatura, humedad relativa, pérdida de nutrientes y diferentes reacciones químicas y biológicas. Dichas variables y sus interrelaciones, influyen categóricamente en la calidad final de un producto. Por tanto, es de vital importancia para el Ingeniero Agrícola, poder controlarlas para mejorar la eficiencia en los procesos. Las herramientas computacionales, son de gran ayuda a la hora de manipular los diferentes parámetros que actúan en procesos ingenieriles. En este sentido, el mercado de software privativo ofrece gran cantidad de programas; sin embargo, el uso de estas herramientas, por demás, con gran soporte, garantía y amigables al usuario, generan una serie de inconvenientes que dificultan el acceso a ellas por parte de profesionales independientes o las PYMES. Estos inconvenientes incluyen la restricción en el número de copias, el no acceso o modificación al código del software y sobre todo un alto costo en la licencia. Muchos Centros de Investigación, Entidades Estatales, Universidades, entre otros, han desarrollado un gran número de programas, los cuales tienen sus propias comunidades de usuarios con foros virtuales, donde se discuten las capacidades del software, las características de operación, y donde esta comunidad contribuye a su permanente actualización y al crecimiento en la complejidad del mismo. Generalmente las licencias de estos programas tienen pocas restricciones, son de uso libre, muchas veces son gratuitos o sus costos son tan bajos, que son asequibles para un gran número de personas. En el presente trabajo, se realizó un inventario de software libre concerniente a Ingeniería Agrícola. Este inventario incluye: sistema operativo, software: SIG, CAD, de simulación hidráulica, de flujo de calor y masa, modelación de producción vegetal, procesos de secado, formulación de alimentos, análisis estadístico, balances hídricos, diseño de sistemas de riego; entre otros. Además se evaluaron diferentes aplicaciones, determinando sus potencialidades y alcances en el que hacer del Ingeniero Agrícola. Finalmente, se creó una base de datos con información general para el acceso y utilización de dichos programas computacionales.

Palabras claves: Ingeniería Agrícola, software gratis, software libre, riego y drenaje, procesos agrícolas.

FREE SOFTWARE AS ALTERNATIVE TOOLS TO THE PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL ENGINEER

The processes of primary production, as well as those of agricultural product transformation, require a series of knowledge and handling of complex relations linked to the basic sciences. The primary production involves the manipulation of climatic variables, water provision, flows of matter and heat in the system soil-plant-atmosphere, among others; in addition, in the engineering of transformations, other parameters also exist to control temperature, relative humidity, loss of nutrients and different chemical and biological reactions. These variables and their interrelations, categorically influence the final quality of a product. Therefore, it is vitally important for the Agricultural Engineer to be able to control them to improve the efficiency in the processes. The computer tools are helpful at the time of manipulating the different parameters that are involved in engineering processes. In this sense, the market of private software offers a large variety of programs; nevertheless, the use of these tools, which come with guarantees and are used friendly, also cause a series of disadvantages that make access to them difficult for independent professionals or small and medium sized enterprises. These disadvantages include the restriction in the number of copies, the lack of access or modification to the software code, and principally the high costs incurred in acquiring the license. Many State Research Centers, Organizations, and Universities, among others, have developed a great number of programs, which have their own communities of users with virtual forums, where software capacities and the operation characteristics are discussed, and where this community contributes to its permanent update and the growth in the complexity of the programs. The licenses of these programs have few restrictions, are of free use, and are free or of low cost, so that the costs are within the reach of a great number of people. In the present work, an

inventory of free software concerning Agricultural Engineering was carried out. This inventory includes: operating systems, software: SIG, CAD, of hydraulic simulation, mass and heat flow, modeling of vegetal production, process of drying, food formulation, statistic analysis, water balance, and irrigation systems design, among others. In addition different applications were evaluated, determining their potentialities and uses for the Agricultural Engineer. Finally, a data base was created, which includes general information on the access and use of these computer programs.

Keys words: Agricultural Engineering, free software, open source, irrigation and drainage, agricultural processes.

AGENDAS PROSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN, HERRAMIENTAS PARA LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR AGROPECUARIO COLOMBIANO. Adriana del Pilar Sánchez Vargas¹; Magda Sonia Suarez Rivera²; Claudia Uribe Galvis³; Oscar Fernando Castellanos Domínguez⁴

¹ Ingeniera Agrícola. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: adrsanchezv@gmail.com

² Ingeniera Agrónoma. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: mssuarezr@unal.edu.co

³ Especialista en Agendas de Investigación. Proyecto Transición de la Agricultura. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. E-mail: curibe@minagricultura.gov.co

⁴ Coordinador Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión, Productividad y Competitividad. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: ofcastellanosd@unal.edu.co

A través del desarrollo de cuatro ejercicios piloto, ocho en ejecución y ocho más en su fase preliminar, para un total de veinte Agendas Prospectivas de Investigación y Desarrollo Tecnológico para igual número de cadenas productivas, se pretende fortalecer el sector agrícola colombiano gracias al completo análisis y al direccionamiento estratégico de las cadenas que lo conforman; siendo además, ejercicios en los que se involucran actores y expertos del sector productivo como hecho importante para su reconocimiento y posicionamiento. Bajo el concepto de

cadena productiva, en el que se concibe cada sector como un sistema, conformado por eslabones y segmentos que se interrelacionan entre sí, la definición de agendas prospectivas de investigación, involucra además la participación continúa de expertos y representantes de cada sector en la complementación y validación de los resultados mediante la implementación de tres herramientas i) análisis de desempeño, ii) vigilancia tecnológica y comercial y iii) prospectiva tecnológica, elementos que confluyen en la definición de áreas y proyectos direccionadores de la investigación en cada sector, encaminadas al desarrollo competitivo agrícola, temática central del presente evento. Partiendo de un estado que apuesta alcanzar en el año 2015 o 2025, mayor productividad, según las particularidades de cada sector, por lo que cada cadena productiva luego de la priorización de demandas tecnológicas, define la ruta de investigación e inversión con la formulación de la Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico. En el caso de la cadena productiva del cacao - chocolate, los proyectos definidos se agruparon en tres áreas estrategias i) investigación y desarrollo en sistemas agrícolas, ii) Investigación y Desarrollo en los procesos de transformación y productos obtenidos y iii) Innovación y nuevos mercados. Con un total de 33 proyectos, que atienden las principales demandas tecnológicas enfocadas en los principales requerimientos de eslabones de la cadena. Para la cadena productiva láctea, en la definición de la agenda se evidencia la importancia de llevar a cabo proyectos adaptativos, aplicados y estratégicos referentes a incertidumbres concretas presentes en la cadena productiva como lo es el alimento del ganado, la conservación del medio ambiente frente a la productividad del sistema, la sanidad de los bovinos, la calidad de los procesos productivos, el aprovechamiento de la sociedad de la información, la presencia del frío como factor de conservación de los productos y el valor agregado a los mismos, que puedan generar un verdadero horizonte competitivo tanto en el mercado interno como externo.

Palabras claves: Agenda prospectiva de investigación, demandas tecnológicas, prospectiva tecnológica, vigilancia tecnológica.

PROSPECTIVE DIRECTORY OF INVESTIGATION, TOOLS FOR THE COMPETITIVENESS OF THE COLOMBIAN AGRICULTURAL FIELD

Through development of four pilot exercises, eight in execution and in its preliminary phase, for a total of twenty Prospective Research Agendas and Technological Development for equal number of productive chains, it is tried to fortify the colombian agricultural sector thanks to the complete analysis and to the strategic direction that it is pretended for the chains that conform it; being in addition, exercises in which professionals of the sector as an important fact for their recognition and positioning. Under the concept of productive chain, in which each sector is conceived like a system, conformed by links and segments that interrelate to each other, the definition of Prospective Research Agendas involves, in addition the participation continues of representing experts and of each sector in the completeness and validation of the results by means of the implementation of three tools i) performance analysis, II) technological and commercial monitoring and III) technological prospective, elements that come together in the definition of areas and directional projects of the investigation in each sector, directed to the agricultural competitive development, main thematic of the present event. To start with a State Bet to reach in 2015, each productive chain after the priorización of technological demands, it defines the route of research and investment with the formulation of the Prospective Research Agendas and Technological Development. In case of the productive chain of the cacao-chocolate, the defined projects were grouped in three strategical areas i) research and development in agricultural systems, II) research and development in the transformation processes and obtained products and III) innovation and new markets. With a total of 33 projects that take care of the main technological demands, focused in the main requirements of links of the chain. For the milky productive chain, in the definition of the agenda is demonstrated the importance of carrying out adaptive, applied and strategic projects, referring to current concrete un-

certainties in the productive chain as it is: the food of the cattle, the conservation of the environment against the productivity of the system, the health of the bovines, the quality of the productive processes, the advantage of the society of the information, the presence of the cold like factor of conservation of products and their plus value, it can generate a true competitive horizon as much in the internal market as in the external.

Key words: Prospective research agendas and technological development, technological prospective, technological monitoring.

AGRICULTURA CAMPESINA, AGRONEGOCIOS Y DESARROLLO RURAL. MÁS INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO ALTERNATIVO SOSTENIBLE. *Carlos Federico Espinal Gómez*¹

¹ Gerente del Componente de Agronegocios del Programa Midas-USAID, Bogotá, D.C. E-mail: infoagronegocios@midas.org.co

La Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, USAID, es la principal agencia gubernamental responsable de la administración y financiación de los programas de asistencia social, económica y humanitaria del gobierno de Estados Unidos a nivel mundial. En Colombia la USAID, en coordinación con la Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional, Acción Social, lleva a cabo un esfuerzo que se llama MIDAS "Más Inversión para el Desarrollo Alternativo Sostenible". El programa MIDAS de USAID es una iniciativa que genera y fortalece fuentes sostenibles de ingresos y empleos lícitos en el sector privado, y a su vez, fomenta el crecimiento económico y la competitividad del sector productivo del país. El programa está comprometido con la promoción de opciones lícitas que mejoren la calidad de vida de trabajadores, pequeños agricultores y comunidades. Se implementa a través de las siguientes áreas de trabajo: agronegocios, bosques naturales, forestación comercial, pequeña y mediana empresa, y apoyo a políticas gubernamentales para estimular el

desarrollo rural, la competitividad de la economía colombiana y la inversión.

Palabras claves: USAID, MIDAS, desarrollo rural sostenible, agronegocios.

RURAL AGRICULTURE, AGRICULTURAL BUSINESS AND RURAL DEVELOPMENT. MORE INVESTMENT FOR THE SUSTAINABLE ALTERNATIVE DEVELOPMENT– MIDAS.

The Agency of United States for the International Development, USAID, is the main government agency responsible for the administration and financing social, economic and humanitarian programs at world level. In Colombia the USAID, in coordination with the Presidential Agency for the Social Action and the International Cooperation, Social Action, carries out an effort that calls himself MIDAS "More

Investment for the Sustainable Alternative Development". The program MIDAS of USAID is an initiative that generates and it strengthens sustainable sources of revenues and licit employments in the private sector, and in turn, it foments the economic growth and the competitiveness of the productive sector of the country. The program is committed with the promotion of licit options that improve the quality of workers' life, small farmers and communities. It is implemented through the following workspaces: agricultural business, natural forests, forest commercial, small and medium company, and support to political government to stimulate the rural development, the competitiveness of the Colombian economy and the investment.

Key words: USAID, MIDAS, sustainable rural development, agricultural business.

COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA COMPACTACIÓN EN UN SUELO DE ORIGEN VOLCÁNICO EN LA SABANA DE BOGOTÁ (COLOMBIA). César Andrés Cortés Bello¹; Fabio Rodrigo Leiva Barón²; Jesús Hernán Camacho Tamayo³

¹ Ingeniero Agrícola. Cartografía Agropecuaria. Corporación Colombia Internacional. Bogotá. E-mail: cacortesb@unal.edu.co, esarcortesb@gmail.com

² Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: frleivab@unal.edu.co

³ Profesor Asistente. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: jhcamachot@unal.edu.co

La compactación de los suelos agrícolas es un tipo de degradación, que afecta la estructura del suelo y genera cambios indeseables en la producción de cultivos (Lipiec and Hatano, 2003). Este tipo de daño se ha investigado por varias décadas, pero en los últimos años, ha ganado interés el uso de técnicas geoestadísticas para evaluar su comportamiento espacial, que puede ocurrir debido a efectos naturales, aunque normalmente se asocia con aspectos antrópicos, esto es con el manejo mecanizado del suelo (Freddi *et al.*, 2006). Para evaluar la variabilidad espacial de la compactación a nivel de lote de cultivo, se requieren muestreos intensivos, y de métodos de interpolación como Kriging para generar mapas. La compactación se mide, comúnmente a través de la resistencia a la penetración (RP) o de la densidad aparente (DA), con medidas simultáneas de contenido de humedad (CH) y textura (TX) (Brye *et al.*, 2005). La presente investigación se realizó en Mosquera, Cundinamarca (Colombia) 4°42'00" latitud norte y 74°12'59" longitud oeste, en un lote de 2 ha. Para el efecto se estableció una cuadrícula regular de 25 m x 25 m, con 32 nodos en los cuales se tomaron medidas de RP, utilizando un penetrógrafo de cono estándar de 30° y 12,83 mm de diámetro, hasta una profundidad de 0,2 m; además, se tomaron muestras en campo usando cilindros estándar, para determinar a nivel de laboratorio, los valores de DA, CH y TX para esa profundidad. En el análisis de datos se utilizó estadística descriptiva, para determinar su comportamiento, dispersión y distribución, así

como geoestadística, para evaluar distribución, dependencia y correlación espacial, mediante semi-variogramas, Kriging y semivariograma cruzado. Los resultados mostraron alta variabilidad de RP, con valores limitantes para la producción agrícola en diferentes sitios del lote (>2 MPa), particularmente en las cabeceras y zonas de mayor tránsito de maquinaria agrícola. Se encontró dependencia espacial para las variables muestreadas, excepto para DA y arena (A). Igualmente se presentó correlación espacial entre RP con CH y RP con limo (L) y arcilla (Ar). Sin embargo, RP no correlacionó espacialmente con DA. La metodología utilizada resultó ventajosa para identificar y evaluar la variabilidad de la compactación del suelo, lo cual facilita establecer manejos específicos eficientes en la corrección de este tipo de degradación.

Palabras claves: Variabilidad espacial, degradación de suelos, resistencia a la penetración, propiedades físicas del suelo.

SPATIAL BEHAVIOUR OF SOIL COMPACTATION IN A VOLCANIC SOIL IN SABANA DE BOGOTÁ (COLOMBIA)

Soil compaction is a type of degradation which affects soil structure and causes undesirable changes in crop production (Lipiec and Hatano, 2003). Such soil degradation has been studied during several decades but in recent years, it has gained interest its spatial behaviour that may occur due to natural processes but mainly by human activities, particularly farm mechanization (Freddi *et al.*, 2006). Assessment of spatial behaviour of soil compaction may require intensive sampling, structural analysis (variograms) and interpolation techniques such as kriging to derive maps. Soil compaction is commonly measured through soil penetration resistance (RP) or bulk density (DA) with simultaneous measurements of soil moisture content (CH) and texture (TX) (Brye *et al.*, 2005). This research was undertaken at Mosquera, Cundinamarca (Colombia), 4°42'00" North latitude and 74°12'59" West in a 2 hectare field. A regular grid 25 m x 25 m with 32 nodes was used to soil sampling. RP was measured using a 30°, 12" cone standard penetrometer to a depth of 0.20 m at each node.

By using standard soil sampler, undisturbed soil samples were collected at the mentioned depth and taken to the lab in order to determine DA, CH and TX. Data analysis used descriptive statistics to determine distribution and dispersion as well geo-statistical to assess spatial distribution, dependence and correlation using variograms, kriging and cross variogram. The outputs showed high variability of RP with restricted crop production values (>2 MPa), particularly in field heads where machinery traffic is higher. Unless DA and sand content (A), it was found spatial autocorrelation for most of studied variables. RP correlated with CH, and RP with both L and clay content (Ar); however RP did not correlate with DA. The approach used was useful to identify and assess variability of soil compaction which may help in establishing site specific farming practices to deal with such soil degradation.

Key words: Spatial variability, soil degradation, soil penetration resistance, soil physical properties.

DESGASTE ABRASIVO EN CUCHILLAS DE ARADO ROTATIVO DE EJE HORIZONTAL OPERANDO EN UN SUELO FRANCO ARENOSO. Wilmer Pérez Galeano¹; Hugo González Sánchez²; Alejandro Toro Betancur³

¹ Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: wilmeralonsop@gmail.com

² Profesor Asistente. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: hagonzal@unal.edu.co

³ Profesor Asociado. Escuela Ingeniería de Materiales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: aotoro@unal.edu.co

Se relacionó la tasa de desgaste de cuchillas de arado rotativo de eje horizontal con la velocidad de giro de las mismas y con algunas propiedades físicas del suelo. El trabajo de campo se llevó a cabo en el Centro Agropecuario Paysandú de propiedad de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Se seleccionó una velocidad de avance del tractor de $2,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y una profundidad de trabajo promedio de 120 mm; el rotor se trabajó con tres velocidades de

giro (tres tratamientos): baja (141 rpm), media (177 rpm) y alta (251 rpm). Las operaciones de labranza se efectuaron en un suelo franco arenoso utilizado en pastoreo de ganado de leche. Se cuantificó la pérdida de masa de las cuchillas utilizadas en cada uno de los tres tratamientos y se correlacionó con la densidad aparente del suelo, la humedad, la porosidad y la resistencia a la penetración de éste. Mediante la utilización de microscopía óptica y electrónica de barrido, se identificaron los mecanismos de desgaste predominantes en las cuchillas, donde se observó que sobresalió respecto al tipo de desgaste la acción tipo corte y en menor grado la acción tipo arado (remoción del material hacia los lados) y deformación plástica. La pérdida de masa en campo fue de 1,88 g; 2,60 g y 3,07 g respectivamente, para cada tratamiento y un tiempo efectivo acumulado de trabajo de dos horas. Las propiedades físicas del suelo evaluadas antes y después de la labranza, no presentaron diferencias significativas comparativamente entre tratamientos. Se determinó además la resistencia al desgaste abrasivo de las cuchillas en condiciones de laboratorio de acuerdo a la norma ASTM G65 (procedimiento A).

Palabras claves: Arado rotativo, desgaste, tribología, cuchilla, propiedades físicas del suelo.

ABRASIVE WEAR IN ROTARY PLOW BLADES OF HORIZONTAL AXIS OPERATING IN A SANDY LOAM SOIL

The rate of wear of rotary plow blades of horizontal axis was related to the rotational speed of them and with some physical soil properties. The fieldwork was carried out in the Agricultural Center Paysandú belonging to the Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. There was selected a tractor advance speed of $2.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and a work depth average of 120 mm; the rotor worked with three turn speeds (three treatments): low (141 rpm), half (177 rpm) and high (251 rpm). Tillage operations were conducted in a sandy loam soil used in free-grazing dairy cattle. Mass loss of blades used in each of the three treatments was quantified and it was correlated with apparent

density of soil, humidity, porosity and penetration resistance of this. Using optical and scanning electron microscopy the predominant mechanisms of blades wear were identified, where it was observed that prevailed, regarding the wear type, cut action and less action-type plow (removal of material off the sides) and plastic deformation. Mass loss in field was of 1.88 g, 2.60 g and 3.07 g respectively for each treatment and one-time cumulative effective of two hours of work. Soil physical properties evaluated before and after plowing did not show significant differences comparatively between treatments. It was also determined the abrasive wear resistance of blades under laboratory conditions according to ASTM G65 (procedure A).

Key words: Rotary plow, wear, blade, soil's physical properties.

UNA HERRAMIENTA SELECTIVA PARA LA COSECHA DEL CAFÉ¹. César Augusto Ramírez Gómez²; Juan Alejandro Alvarez Valencia³; Carlos Eugenio Oliveros Tascón⁴; Juan Rodrigo Sanz Uribe⁵

¹ *Patente de Invención: A esta herramienta le fue concedida la patente de invención por la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia, con título "Desgranador mecánico de frutos de café"*

² *Investigador Científico. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe-Federacafe. Chinchiná, Caldas. E-mail: cesara.ramirez@cafedecolombia.com*

³ *Investigador Asociado. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe-Federacafe. Chinchiná, Caldas. E-mail: alejandro.alvarez@cafedecolombia.com*

⁴ *Investigador Principal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe-Federacafe. Chinchiná, Caldas. E-mail: carlos.oliveros@cafedecolombia.com*

⁵ *Investigador Científico II. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe-Federacafe. Chinchiná, Caldas. E-mail: juanr.sanz@cafedecolombia.com*

La herramienta DESCAFE IV, es accionada por pequeños motores eléctricos DC y es operado por baterías. Con un sistema de recolección de café conformado por la herramienta y adicionalmente mallas tipo "sarán" y cierre rápido o "velcro" en sus bordes para evitar la pérdida de frutos al suelo se realizaron evaluaciones de campo. Se utilizaron lotes sembrados con café variedad Colombia, de tercera y cuarta cosecha, con

distancias de siembra 1,2 m y 1,4 m y pendientes de hasta 90% para la finca ubicada en Sasaima, Cundinamarca (Colombia) y café variedad Colombia de tercera cosecha, sembrado a 1,5 m x 1,5 m y pendiente hasta 80% para la finca ubicada en Concordia, Antioquia (Colombia). Las concentraciones de frutos maduros y la carga por árbol variaron entre 55,7% a 68,1% y 545 g·árbol⁻¹ y 1.742 g·árbol⁻¹, respectivamente. Los resultados en calidad, rendimiento y reducción del costo unitario con relación al método tradicional, se obtuvieron en pases "pico" de la cosecha con carga y concentración promedio de frutos maduros superiores a 1,0 kg y 60%, respectivamente, y relación máquinas/operarios de 1/1. En estas condiciones se obtuvo rendimiento de 24,6 kg de café en cereza/hora, frutos inmaduros en la masa cosechada inferior al 2%, reducción en el costo unitario de hasta el 9,2% y pérdidas de frutos/sitio de 1,1. Los resultados obtenidos indican que la tecnología DESCAFE IV con empleo de mallas plásticas conocidas comercialmente como "sarán", es promisoría para asistir la recolección manual de café en Colombia.

Palabras claves: Café, cosecha semimecanizada, cosecha selectiva, equipo portátil.

A SELECTIVE DEVICE TO AID COFFEE HARVESTING

The device DESCAFE IV, a tool to aid coffee harvesting, is battery operated and driven by small DC motors. This tool was evaluated in conjunction with meshes on the ground, with Velcro in the ends in order to cover all the area beneath the coffee trees and avoid fruit losses. The systems were evaluated in a plantation with trees in third and fourth crops following a pattern with distances of 1.2 m x 1.4 m and terrain slopes up to 90% and in another plantation with trees in third crop, in pattern with distances of 1.5 m x 1.5 m and slopes up to 80%. The mature fruit concentration varied between 55.7 and 68.1%, and the load between 545 and 1,742 g·tree⁻¹. The best results were obtained when the load was above 1.0 kg·tree⁻¹ and the mature fruit concentration above 60%. The results lead to the conclusion that this tool is promising to reduce the production costs.

Key words: Coffee harvesting, semi-mechanized harvesting, selective harvesting, portable device.

MANGA CENICAFÉ, UNA NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA COSECHA MANUAL ASISTIDA DE CAFÉ CON ALTA CALIDAD. Hugo Andrés López Fisco¹; Carlos Eugenio Oliveros Tascón²; Cesar Augusto Ramírez Gómez³; Juan Rodrigo Sanz Uribe⁴

¹ Investigador Asociado. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas. E-mail: andreslopezf@gmail.com

² Investigador Principal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas. E-mail: carlos.oliveros@cafedecolombia.com

³ Investigador Científico I. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas. E-mail: cesara.ramirez@cafedecolombia.com

⁴ Investigador Científico II. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas. E-mail: juanr.sanz@cafedecolombia.com

El entorno cafetero mundial ha cambiado notoriamente por factores económicos y sociales forzando a optimizar el proceso de producción para ser competitivos. En Colombia la prioridad es disminuir los costos de producción y al ser la recolección la actividad con mayor participación (entre 35 y 45%), cualquier esfuerzo para reducir su peso incidirá positivamente. La cosecha de café se realiza en forma manual, selectiva, similar a como se hacía hace más de 170 años, cuando se establecieron las primeras plantaciones con fines de exportación, conservando en general, los métodos tradicionales utilizados. Por tal motivo y con el fin de incrementar la rentabilidad del negocio cafetero, la disciplina Ingeniería Agrícola de Cenicafe, viene desarrollando investigaciones e implementaciones tecnológicas intensivas en esquema IPA a nivel nacional con agricultores, para apropiarse las soluciones obtenidas. Las pruebas de validación se han realizado con más de 250 recolectores, en ocho departamentos, midiendo los indicadores técnicos de la labor y socioeconómicos de los trabajadores, en cafetales de diversos grados de tecnificación, de diferentes edades de producción y en variedades (Colombia, Caturra, Típica y

Tabi); con arreglos de siembra entre 1,0 x 1,0m y 2,0 x 1,5 m, densidades entre 3.000 y 15.000 árboles · ha⁻¹. Antes de iniciar las pruebas se ha capacitado a los recolectores en el empleo de la nueva tecnología. Se ha observado que es posible obtener ventajas para los productores por que proporcionan un incremento en la capacidad de trabajo de los operarios, disminuyendo además las pérdidas de café al suelo y para los recolectores, por que incrementan sus ingresos y se mejora ergonómicamente las condiciones de trabajo. La implementación más avanzada de la nueva tecnología "Manga Cenicafe", permitió observar claras ventajas en relación con la cosecha tradicional, debido a que se aumenta el café cosechado hasta un 55,6%, se reducen las pérdidas de café al suelo hasta en un 36,9%, se dejan 41,7% menos frutos sin cosechar y se mejora la calidad de los frutos cosechados. Cosechando con la Manga Cenicafe se posibilita el establecimiento de nuevas estrategias tecnológicas implementándola en el canasto tradicional (Arococo), en los nuevos dispositivos para la cintura (Canguaro) y en la espalda con el Aroandes. Permitiendo adicionalmente, alterar los sistemas de contratación o pago en las cuales el caficultor puede reducir sus costos de producción y mejorar los ingresos del recolector. Asimismo, la nueva forma de transporte facilita los desplazamientos, mejora la visibilidad y disminuye la fatiga.

Palabras claves: *Coffea arabica*, cosecha manual asistida, pérdidas, alta calidad, ergonomía.

SLEEVE CENICAFÉ, A NEW HIGH QUALITY TECHNOLOGY FOR THE COFFEE ASSISTED MANUAL HARVESTING

Economical and social factors have unforced the coffee activity toward processing optimization in order to be competitive. Since harvesting is the most expensive labor in coffee production, responsible for 35 to 45% of the total costs, any attempt to reduce its participation will have positive impact. Currently, coffee harvesting is done by hand, picking one by one the ripe fruits on the trees, in the same way that has been done since the first coffee plantations with commercial purposes were established, 170 years

ago. Today the most notorious change has been the replacement of the basket made of natural fibers by a plastic reservoir, maintaining the methods. In order to increase the profitability, the Department of Agricultural Engineering of Cenicafé developed more effective and efficient harvesting technologies that are ready to be evaluated in a participative way. The validation tests were conducted with more than 250 pickers, in eight Departments, measuring not only technical aspects but socio-economical aspects of the workers, in coffee plantations with different densities, ages, plantation patterns and varieties. Before stating the tests the pickers were trained. It was possible to obtain advantages for the growers because the picking yield of the workers increased and the fruit losses were reduced. There were advantages for the pickers because they increased their income and because the labor was more comfortable. The most advanced implementation of the "Sleeve Cenicafé" allowed the pickers to obtain up to 55.6% more coffee, the fruit losses were reduced in 36.9%, the harvestable fruits left on the trees were reduced in 41.7% and the harvesting quality was improved. The Sleeve Cenicafé can be used with the traditional plastic basket (Arococo), with a bag hanging in the operator waist (Caguaro) and with a backpack (Aroandes). It is also possible to change the contracting systems to promote increasing the income for both growers and pickers. In the other hand, the carrying system eases displacements, improves visibility and reduces fatigue.

Key words: *Coffea arabica*, assisted manual harvests, losses, high quality, ergonomics.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOPROPULSADO PARA RECOLECCIÓN ASISTIDA DE HORTALIZAS. David Eduardo Aljure¹; Gynna Marisol Martínez Ramírez²; Raúl Eduardo Betancur³

¹ *Estudiante Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. E-mail: dealjureo@unal.edu.co*

² *Estudiante Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. gmmartinezr@unal.edu.co*

³ *Estudiante Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. rebetancura@unal.edu.co*

Se presenta la fundamentación teórica para el desarrollo del proyecto "Diseño y construcción de un vehículo autopropulsado para recolección asistida de hortalizas", y se documenta la evolución del mismo en sus distintas etapas de diseño y construcción.

Palabras claves: Diseño de máquinas, mecanismos de recolección, recolección asistida.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SELF-PROPELLED VEHICLE FOR ASSISTED VEGETABLES HARVEST

This document presents the theoretical bases for the development of the project "Design and construction of a self-propelled vehicle for assisted vegetables harvest" and it is documented the evolution of the same one in their different stages of design and construction.

Key words: Machine design, mechanisms of harvesting, assisted harvest.

ANÁLISIS DEL PARQUE DE TRACTORES AGRÍCOLAS EN EL ECUADOR. José Lizardo Reyna Castro¹; Edmundo Hetz Huenchullán²

¹ *Profesor Agregado de Tiempo Parcial. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. E-mail: jreyna@udec.cl*

² *Profesor Titular. Departamento de Energía y Mecanización. Universidad de Concepción de Chile. E-mail: ehetz@udec.cl*

El principal objetivo de este trabajo fue el establecer la demanda de horas tractor en los sistemas productivos del Ecuador, determinar el parque actual de tractores agrícolas y relacionar la potencia disponible con la demanda actual y futura de los sistemas productivos y analizar los principales índices de mecanización en la agricultura ecuatoriana. Las principales fuentes de información constituyeron el III Censo Nacional Agropecuario, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Nacional Agropecuario (INIAP), el Banco Central del Ecuador

(BCE), Universidades Técnica de Manabí y Nacional de Loja, profesionales agrícolas que trabajaron en programas de mecanización agrícola y agricultores de las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Loja (Región Sierra) y Guayas, Los Ríos y Manabí (Región Costa). Para determinar el área del sistema productivo, se consideraron los 12 principales cultivos de ciclo permanente y transitorio de acuerdo a la mayor superficie sembrada. Para la demanda de horas tractor, se consideró el tiempo operativo (h/ha) para cada una de las labores agrícolas mecanizadas más utilizadas en cada cultivo. Los resultados de los sistemas productivos de la agricultura ecuatoriana se caracterizan por tener áreas similares con aproximadamente 1,2 millones de hectáreas de cultivos transitorios y permanentes. La demanda promedio anual de horas/tractor por unidad de área de los cultivos transitorios es 2,56 veces mayor que los permanentes. El parque actual de tractores agrícolas es de 14.652 unidades y generan una potencia de 716.880 kW, incorporando la potencia humana y animal asciende a un total de 1.217.945 kW. Esta potencia no satisface la demanda actual de los cultivos permanentes y transitorios; lo que genera un déficit de 2.600 tractores y se incrementa a 6.500 unidades al incorporar las áreas de pastos cultivados y descanso. El actual índice de mecanización en el Ecuador es de $0,30 \text{ kW}\cdot\text{ha}^{-1}$, considerando las áreas de cultivos permanentes y transitorios. Este índice aumenta tan solo a $0,36 \text{ kW}\cdot\text{ha}^{-1}$ al incorporar al parque actual de tractores el déficit de 2.600 unidades. Estos valores están distantes de los índices de la mayoría de los países latinoamericanos y de los recomendados para los países en desarrollo. La hipótesis de trabajo planteada, en esta investigación fue que el nivel de mecanización de la agricultura ecuatoriana, está por debajo de los niveles recomendados por organismos internacionales para países en desarrollo y que ello afecta negativamente la productividad de la tierra y de la mano de obra.

Palabras claves: Mecanización, niveles de potencia, indicadores.

AGRICULTURAL TRACTORS PARK ANALYSIS IN THE ECUADOR

The principal objective of this work was to establish the tractor hours demanded by agricultural production systems of Ecuador, to compare this demand with the actual tractor park and the total power available for agriculture, and to analyze mechanization indicators of Ecuadorian agriculture. Main sources of information were the 2000 Agricultural Census, the Ministry of Agriculture, the Institute of Agricultural Research, the Central Bank of Ecuador, the Technical University of Manabí, the University of Loja, several Agricultural Engineers working in mechanization programs, and 18 producers in the provinces of Pichincha, Cotopaxi and Loja (Sierra Region) and Guayas, Los Ríos and Manabí (Coastal Region). The production systems, cultivated area with 12 main annual and perennial (tree) crops, tractor hours demanded by these systems, human, animal and tractor power were established. Mechanization level indicators obtained were compared with levels recommended for developing countries and with the levels existing in other Latin American countries. Results show that productive systems of annual and perennial crops have similar areas with about 1.2 million hectares each. To this 3.3 million hectares of cultivated pastures were added. Annual crops have a much larger demand (2.56 times) of yearly tractor hours than perennial crops; cultivated pastures use very little tractor hours. The actual tractor park is 14,652 units that provide 716,880 kW of power. When human and animal power is added a grand total of 1,217,945 kW is reached. This power does not satisfy the yearly demand of annual and perennial crops, giving origin to a 2,600 tractors deficit; larger deficits appear when pastures are considered and when recommended power levels for developing countries are considered. The actual mechanization level of Ecuador is 0.30 kW per hectare in annual and perennial crops. This indicator would go up to $0.36 \text{ kW}\cdot\text{ha}^{-1}$ if the tractor deficit of 2,600 units is added. These levels are far from ones existing in the majority of the other Latin American countries, and farther from the levels recommended for developing countries.

Key words: Mechanization, power level, indicators.

PROPUESTA METODOLÓGICA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD DE UN BANCO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA AUTOSOSTENIBLE. Pablo Agudelo Giraldo¹; Héctor Betancur Pérez²; Alejandro Gómez³; Jorge González⁴

¹ Ingeniero Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: peagudel@hotmail.com

² Estudiante Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: hectorito66@hotmail.com

³ Estudiante Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: agogomez81@hotmail.com

⁴ Ingeniero Agrónomo. Departamento de Ciencias Agronómicas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: jonan6310@yahoo.es

En Colombia se han hecho esfuerzos por mecanizar la producción agropecuaria de manera aislada, poco estructurada, sin criterios ingenieriles y con planeación incipiente. Esto ha ocasionado que se adquiriera maquinaria agrícola sin los estudios necesarios (de mercado, técnico, administrativo, ambiental y financiero). Lo anterior, ha marcado el fracaso de los bancos de maquinaria agrícola y un panorama incierto para los pequeños productores, usuarios o potenciales beneficiarios de los mismos. Se propone una metodología para la conformación de un banco de maquinaria agrícola como empresa prestadora de servicios autosostenible, basada en el reconocimiento de la zona de estudio y de la planeación productiva; mediante la recolección y análisis de información primaria y secundaria, identificación de las necesidades de sus habitantes y la planificación agropecuaria. Las propuestas de mecanización convienen ser evaluadas por un grupo inter-disciplinario, que mediante criterios técnicos seleccione la más apropiada. En ésta corresponde especificar: plan agropecuario; tipo, características y cantidad de máquinas y equipos requeridos; programa de mantenimiento, plan de manejo ambiental; estudio administrativo, selección de la figura jurídica de la empresa, el personal necesario y su perfil; costos de inversión, costos de operación y gastos generales; cálculo de flujo de fondos, evaluación de tarifas de servicio y factibilidad financiera; determinación de viabilidad y sostenibilidad en el tiempo.

Palabras claves: Banco de maquinaria agrícola, sostenibilidad, factibilidad, mantenimiento, pequeños productores.

METHODOLOGICAL PROPOSAL OF FORMULATION AND EVALUATION OF THE SUSTAINABLE FEASIBILITY AGRICULTURAL MACHINERY BANK

In Colombia there have been efforts to mechanize agriculture in isolation, unstructured, without engineering criteria and planning. This has resulted in acquiring farm machinery without the necessary studies (market, technical, administrative, financial and environmental). This had marked the failure of banks in agricultural machinery and uncertain outlook for small producers, users and potential beneficiaries of the same. A methodology is proposed to establish a bank of agricultural machinery such as self-service provider, based on the recognition of the study area and production planning, and by collecting and analyzing primary and secondary information, identifying needs of its inhabitants and the agricultural planning. Mechanization proposals agree to be evaluated by an inter-disciplinary group by which technical criteria select the most appropriate. In this corresponds specify: agricultural plan, type, characteristics and quantity of machinery and equipment required, maintenance program, environmental management plan; administrative study, selection of legal figure of the company, the necessary personnel and their profile, investment costs, operational costs and overheads; calculating cash flow, assessment of service fees and financial feasibility, determination of viability and sustainability over time.

Key words: Agricultural machinery bank, sustainability, feasibility, maintenance, small producers.

ANÁLISIS ESPACIAL DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS DE TEXTURA PESADA DE CLIMA CÁLIDO SECO DE ANTIOQUIA (COLOMBIA). Daniel Jaramillo Jaramillo¹; Hugo González Sánchez²; María Luisa Anaya Gómez³; Carlos

Andrés Restrepo Moná⁴; Fernando Álvarez Mejía⁵; Alejandro Toro Betancur⁶

¹ Profesor Titular. Escuela de Geociencias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: djaramal@unalmed.edu.co

² Profesor Asistente. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: hagonzal@unal.edu.co

³ Estudiante de Ingeniería Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: mlanayago@gmail.com

⁴ Estudiante de Ingeniería Agrícola. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: carestr2@gmail.com

⁵ Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: falvarez@unalmed.edu.co

⁶ Profesor Asociado. Escuela Ingeniería de Materiales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. E-mail: aotoro@unal.edu.co

Se estudió el comportamiento espacial de la resistencia a la penetración (RP), la densidad aparente (Da), la humedad del suelo secado al aire o coeficiente higroscópico (CH), del contenido de fragmentos de roca (FR) y del contenido de materia orgánica (MOS) en suelos de textura pesada de clima cálido seco, del Centro Agropecuario Cotové de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ubicado en el municipio de Santafé de Antioquia (Colombia). El uso histórico de los suelos estudiados se caracteriza por la utilización repetida de labranza convencional por más de 30 años. Se realizó un muestreo sistemático en red con una distancia aproximada, entre sitios, de 14 m con dirección próxima al norte y de 10 m con dirección próxima al occidente, con el cual se obtuvieron 57 sitios de muestreo en un área efectiva de 0,6 ha. Las muestras se tomaron entre 150 mm y 200 mm de profundidad, rango promedio de trabajo de la mayoría de herramientas agrícolas de labranza. Los valores promedios de la RP, la Da, el CH, el FR y la MOS fueron 133,02 psi, 1,41 Mg·m⁻³, 6,25%, 7,45% y 6,14% y los coeficientes de variación de las mismas variables fueron de 18,12%, 9,46 %, 7,04%, 128,02% y 44,68%, respectivamente. Las variables RP, Da, CH y FR presentaron variabilidad espacial entre

alta y media (nugget/sill < 50%), con rangos de 14,6 m, 25,5 m, 16,2 m y 38,0 m para RP, Da, CH y FR, respectivamente, mientras que en MOS no hubo dependencia espacial.

Palabras claves: Análisis espacial, geoestadística, propiedades físicas y mecánicas de suelos, suelos agrícolas, labranza.

SOME PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE HEAVY-TEXTURE SOIL OF DRY WARM CLIMATE IN ANTIOQUIA (COLOMBIA)

The variation of penetration resistance (RP), bulk density (Da), hygroscopic coefficient (CH), content of rock fragments (FR) and organic matter content (MO) was studied in a heavy-texture, dry warm weather soil at the Cotové Agricultural Center belonging to the Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. This soil has been used for traditional tillage for over 30 years. A sampling grid was defined with an approximate distance between sampling points of 14 m in North-South direction and 10 m in West-East direction, which led to an effective area of 0.6 ha and 57 different measurements. The soil samples were taken at a depth that varied between 150 and 200 mm, which is the average working range of most arable farming tools. The mean values of RP, Da, CH, FR and MOS were 133.02 psi, 1.41 Mg·m⁻³, 6.25%, 7.45% and 6.14% with coefficients of variation of 18.12%, 9.46%, 7.04%, 128.02% and 44.68%, respectively. The variables RP, Da, CH and FR showed spatial variability between high and medium (nugget/sill <50%), with ranges of 14.6 m, 25.5 m, 16.2 m, 38.0 m to RP, Da, CH and FR respectively, while MOS did not show spatial dependence.

Key words: Spatial analysis, geostatistic, physical and mechanical properties of the soil, agricultural soils, tillage.