

# **Resúmenes del contenido de las tesis de doctorado presentadas a defensa ante el Tribunal Nacional Permanente de Ingeniería Agrícola de la República de Cuba durante el año 2014**

*Summaries of the content of the doctorate theses presented to defense in the Permanent National Tribunal of Agricultural Engineering of the Republic of Cuba during the year 2014*

## **Tecnología para el mejoramiento del riego por surcos asociado al cultivo de la cebolla en suelo Ferralítico Rojo lixiviado**

Autor: M.Sc. Manuel Rodríguez González<sup>1</sup>, UNISS, Cuba.

Tutores: Dr.C. Martín Santana Sotolongo, UNISS, Cuba.

Dr.C. Oscar N. Brown Manrique, UNICA, Cuba.

En esta investigación se presentan los resultados del diseño y evaluación del riego por surcos con flujo intermitente en la finca “La Esperanza” ubicada en la comunidad Banao con el objetivo de proponer una tecnología que contribuya al mejoramiento de los sistemas, asociados al cultivo de la cebolla en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado con 1,5% de pendiente. Se empleó un diseño de parcelas en franjas con cinco tratamientos: (A) riego con flujo continuo, (B) riego intermitente con distancias de avance constantes con el uso de espitas de polietileno de tereftalato, (C) tanque de descarga por el fondo con tuberías con salidas múltiples y calzetines, (D) válvula intermitente con tuberías con salidas múltiples y calzetines, (E) válvula intermitente con tuberías con salidas múltiples sin calzetín. Se evaluaron los principales parámetros de diseño, manejo, evaluación de la calidad del riego, pérdidas de suelo por escorrentía y el comportamiento agro-productivo del cultivo con una magnitud de caudal entre 0,38 - 0,43 L s<sup>-1</sup> para los cinco tratamientos. Los resultados demostraron que el tratamiento D fue el que presentó el mejor comportamiento al reducir el tiempo de aplicación en 1,4 veces respecto al método tradicional, disminuye 24,9% los volúmenes de agua aplicado, mejora la lámina infiltrada en el último cuarto de surco en 1,2 veces, la eficiencia de aplicación y la uniformidad de distribución hasta valores de 81,1% y 74,1% respectivamente, lo que equivale a incrementar hasta un 29,9% la superficie regada, reducir las pérdidas de agua por escorrentía en un 63,6% y la producción de sedimento en 84,8% por cada riego. El análisis económico revela un beneficio neto del 31,2% superior al método tradicional y un costo por peso de producción de 1,4 veces menor.

<sup>1</sup> Ing., Prof. Aux., Universidad de Sancti Spiritus “José Martí Pérez”, Sancti Spiritus, Cuba. Correo electrónico: [manuel@uniss.edu.cu](mailto:manuel@uniss.edu.cu)

## **Desarrollo de un modelo computacional para la estimación de la densidad del suelo mediante el sensoramiento continuo**

Autora: Ing. Darina Lara Coba<sup>II</sup>, UDG, Cuba.

Tutores: Dr.C. Miguel Herrera Suárez, UCLV, Cuba.

Dr.C. Ciro E. Iglesias Coronel, UNAH, Cuba.

En el presente trabajo se desarrolló un modelo computacional para la estimación de la densidad del suelo mediante el sensoramiento continuo. Para cumplimentar dicho objetivo se comprobó en condiciones controladas del canal de suelos la validez de los modelos que se han desarrollado para la estimación de la densidad del suelo mediante el sensoramiento continuo. Se determinaron

las variables que caracterizan las condiciones de suelo y los parámetros de operación del sensor que mayor influencia tienen en las predicciones. Finalmente se desarrolló un modelo computacional para la estimación de la densidad del suelo a partir del empleo de dos métodos de predicción numérica. Los resultados mostraron que los modelos de Andrade y Mouazen alcanzaron errores en las predicciones del 44 a 260%, respectivamente. De los métodos de predicción numérica empleados, el método de los K vecinos más cercanos fue el que mejores resultados mostró, con errores en las predicciones menores del 6%, además de exhibir el mayor coeficiente de correlación ( $r=0,89$ ), las variables de mayor peso son la humedad del suelo seguido de la velocidad, la fuerza de tiro, el ancho y la profundidad de trabajo del sensor. Los resultados de la validación experimental mostraron una alta correlación entre los valores observados y predichos por el modelo desarrollado ( $r=0,957$ ); y un error cuadrático medio estandarizado de 0,0017 g-cm<sup>-3</sup>, lo cual es un indicador de que el modelo es válido para la estimación de la densidad del suelo en los límites analizados.

<sup>ii</sup> Profesora, Universidad de Granma (UDG), Bayamo, Granma, Cuba. Correo electrónico: [d.lara@udg.co.cu](mailto:d.lara@udg.co.cu)

## **Adecuación de los parámetros constitutivos del modelo de Drucker Prager Extendido para la simulación de la respuesta mecánica de un vertisol mediante el método de elementos finitos**

Autor: Ing. Alain Ariel de la Rosa Andino<sup>iii</sup>, UDG, Cuba.

Tutor: Dr.C. Miguel Herrera Suárez, UCLV, Cuba.

En el presente trabajo se adecuan los parámetros constitutivos del modelo de Drucker Prager Extendido (DPE) que definen la fricción y la dilatación del suelo en la fase de deformación plástica, para minimizar los errores en las predicciones durante la simulación de la respuesta mecánica de un Vertisol mediante el Método de Elementos Finitos. Para lo cual inicialmente se analizaron las bases teóricas que soportan este modelo, se determinaron las propiedades y parámetros físico-mecánicos del suelo requeridos como datos de entrada por el modelo, se determinó la exactitud de este modelo en las predicciones de la respuesta mecánica del suelo, se estimaron mediante el método de aproximación de funciones de Levenberg-Marquardt los parámetros constitutivos que definen la trayectoria de la curva esfuerzo-deformación plástica. Finalmente se comprobó la exactitud de las predicciones a partir de las adecuaciones realizadas al modelo. Los resultados permitieron determinar las propiedades y parámetros del suelo, requeridos como datos de entrada por el modelo, mostrando que su magnitud está en función su estado de humedad y densidad, además se obtuvieron los modelos empíricos de estas relaciones exhibiendo un  $R^2 > 94\%$ . Se definieron las variables que provocan las inexactitudes del modelo constitutivo (**ángulo de fricción y dilatación**), mostrando que las mismas están relacionadas con la etapa de falla y deformación plástica. Finalmente se estimaron los valores óptimos de estos ángulos, disminuyendo los errores en las predicciones del modelo DPE por debajo del 4,35% haciéndolo adecuado para la simulación de la respuesta mecánica del suelo investigado.

<sup>iii</sup> Profesor, Universidad de Granma (UDG), Bayamo, Granma, Cuba. Correo electrónico: [rosaa@udg.co.cu](mailto:rosaa@udg.co.cu)

## **Sistema de riego por goteo con bombeo solar fotovoltaico para el cultivo del tomate en el valle de Cavaco, provincia de Benguela, Angola**

Autor: Ing. Anaclides Rogério Mossande<sup>iv</sup>, Benguela, Angola.

Tutor: Dr.C. Oscar Brown Manrique, UNICA, Cuba.

La investigación consistió en el diseño de un sistema de riego por goteo con bombeo solar fotovoltaico para el cultivo del tomate variedad Heat Master en el valle de Cavaco en la provincia de Benguela, Angola. Se realizó el diseño agronómico e hidráulico. Se determinó la radiación solar mediante los modelos de Hottel y Solener. Se definieron las necesidades hídricas del cultivo según sus fases fenológicas. Se diseñó el sistema mediante los métodos de la menor radiación solar y fotorriego. Los resultados de la investigación demostraron que la modelación matemática permitió estimar la radiación solar en la localidad de estudio, que no dispone de instrumentos para medir este parámetro. El diseño agronómico e hidráulico contribuyó a suplir los requerimientos hídricos del cultivo en el periodo de máxima demanda. El sistema solar fotovoltaico para el bombeo de agua en el riego por goteo aseguró la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de la instalación. Se precisó el consumo de agua en las fases fenológicas del cultivo a través de la determinación experimental del coeficiente de cultivo  $K_c$  y de la evapotranspiración  $ET_c$ . El costo total del sistema fue de 8327,599 USD con un ahorro de energía de 1159,03 USD y un tiempo de recuperación de las inversiones

de 7,18 años y produjo un beneficio neto de 5248,86 dólares, un costo por peso de producción de 0,34 dólares por beneficio bruto y una relación beneficio - costo de 1,93.

<sup>IV</sup> Ingeniero agrónomo, funcionario del Gobierno Provincial de Benguela, Angola, Profesor colaborador de la Universidad Metropolitana de Angola, Correo electrónico: [ranaclides@yahoo.com.br](mailto:ranaclides@yahoo.com.br)

## **Sistema de Gestión de Sequía para la mitigación y adaptación de los impactos negativos en áreas agrícolas del municipio Venezuela de la provincia Ciego de Ávila**

Autor: M.Sc. Yurisbel Gallardo Ballat<sup>V</sup>, UNICA, Cuba.

Tutor: Dr.C. Oscar N. Brown Manrique, UNICA, Cuba.

Se desarrolló un Sistema de Gestión de Sequía (SGS) para la mitigación y adaptación de los impactos de la sequía agrícola en áreas del municipio Venezuela de la provincia Ciego de Ávila el cual consistió esencialmente en la propuesta de tres nuevos índices para la evaluación de la sequía agrícola: Índice Potencial HidroEdáfico (IPHE), Índice de Sequía Agraria (ISA) e Índice de Sequías Agronómica (ISAg); la elaboración de los mapas de isolíneas de sequía agrícola; la construcción de las curvas de intensidad, frecuencia y duración de la sequía (IFD) y la determinación del impacto económico producido por la sequía agrícola para el cultivo del maíz (*Zea Mays*) mediante el análisis de la matriz de riesgo. Los principales resultados alcanzados demostraron que el IPHE, el ISA y el ISAg permitieron determinar la magnitud de la sequía agrícola. Los mapas de isolíneas de sequía agrícola construidos permitieron dar un seguimiento a la evolución del fenómeno de sequías desde el punto de vista espacial y temporal. Las curvas IFD para la sequía demostraron su efectividad para la estimación de las variables de severidad de sequía y el análisis económico permitió cuantificar los beneficios según los escenarios de precipitación; así como los niveles de impactos. Se comprobó que es posible la producción de maíz (*Zea Mays*) en condiciones de secano para los escenarios medios y lluviosos con beneficios brutos entre 442129,44 y 4772308,17 pesos.

<sup>V</sup> Ing. Hidráulico, Prof., Universidad de Ciego de Ávila, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH), Carretera a Morón, km 9 ½, Ciego de Ávila, Cuba. Correo electrónico: [yurisbelgb@unica.cu](mailto:yurisbelgb@unica.cu)

## **Fundamentación de un arado de tracción animal para la labranza de suelos en las milpas de los valles centrales de Oaxaca, México**

Autor: M.Sc. Fidel Diego Nava<sup>VI</sup>, CIIDIR, Unidad Oaxaca IPN, Oaxaca, México.

Tutores: Dr.C. Miguel Herrera Suárez, UCLV, Cuba.

Dr.C. Armando Eloy García de la Figal Costales, UNAH, Cuba.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamentar los parámetros de diseño de un arado de tracción animal para la labranza en las condiciones de las milpas de los Valles Centrales de Oaxaca, México. Para cumplimentar dicho objetivo se fundamentó teóricamente la composición, dimensiones y geometría del arado; se caracterizó la zona objeto de estudio y se determinaron las propiedades físico-mecánicas del Regosol objeto en estudio. Finalmente se construyó un prototipo al cual se le realizó la evaluación experimental en condiciones de campo, determinándose la demanda energética del nuevo arado, la calidad del trabajo, así como, los índices tecnológicos explotativos, los cuales fueron comparados con la variante tradicional. Finalmente se determinó la factibilidad económica de su introducción. Los principales resultados evidencian que la

composición, estructura y dimensiones del nuevo arado obtenidas del análisis teórico, posibilitaron un trabajo más estable, mayor maniobrabilidad, y un menor peso, lo cual redundó en la disminución de la demanda tractiva con respecto al arado de madera (33% menor), así como en la fuerza requerida por metro de suelo removido (17,5 N/m<sup>2</sup>). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el área removida por el arado de madera (0,053 m<sup>2</sup>) y el arado de metal (0,052 m<sup>2</sup>). Los indicadores de productividad fueron superiores en el nuevo arado, así como los coeficientes de explotación y tecnológicos. El costo del nuevo arado fue inferior al del arado de madera en 1 417 pesos mexicanos.

<sup>VI</sup> Profesor, CIIDIR, Unidad Oaxaca IPN, Horno 1003, Xoxocotlán, Oaxaca, México, Correo electrónico: [fdiego@ipn.mx](mailto:fdiego@ipn.mx) [fdiego1954@yahoo.com](mailto:fdiego1954@yahoo.com)

## **Fundamentación de parámetros de diseño y operación de sondas destinadas al sensoramiento continuo de la resistencia a la penetración del suelo**

Autor: M.Sc. Ernesto Ramos Carbajal<sup>VII</sup>, UNAH, Cuba.

Tutores: Dr.Cs. Arturo Martínez Rodríguez, UNAH, Cuba.

Dr.C. Armando García de la Fígal Costales, UNAH, Cuba.

Se llevó a cabo una investigación teórico-experimental dirigida a la fundamentación de parámetros geométricos y de operación de sondas para el sensoramiento continuo de la resistencia a la penetración en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, típico de Cuba. Para cumplir este objetivo se desarrollan, a partir del análisis del equilibrio de fuerzas en la interacción sonda-suelo, sendos modelos matemáticos conceptuales (para sondas cónicas y prismáticas) que describen esta interacción y que permiten calcular la resistencia a la penetración obtenida por sondas de diferentes formas geométricas, en función de las propiedades físicas y fisico-mecánicas del suelo y de los parámetros geométricos de la sonda. En la fase experimental de la investigación se obtienen relaciones funcionales medianamente fuerte o fuerte entre la tensión interna del suelo compactado y el índice de cono ASABE ( $R^2=0,70$  a  $0,86$ ), así como una débil correlación entre la tensión interna y la densidad volumétrica seca ( $R^2=0,12$  a  $0,41$ ). Asimismo se determinó que la sonda en forma de cuña prismática con ángulo de  $30^\circ$  y área de la base de  $520 \text{ mm}^2$ , avanzando horizontalmente a una velocidad no superior a  $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , separada de la barra soporte de la sonda una distancia igual o mayor a  $110 \text{ mm}$  y con un diámetro del vástago no superior a los  $10 \text{ mm}$ , constituye la mejor alternativa para la estimación del estado de compactación del suelo a través del sensoramiento horizontal y continuo de la resistencia a la penetración.

<sup>VII</sup> Especialista, Profesor, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, Correo electrónico: [carbajales@unah.edu.cu](mailto:carbajales@unah.edu.cu)

## **Fundamento teórico del proceso de compresión de los tallos de caña panelera por medio de rodillos cilíndricos con fines de extracción de su jugo**

Autor: M.Sc. Alexander Díaz Arias<sup>VIII</sup>, Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), Pereira, Colombia.

Tutor: Dr.C. Ciro Enrique Iglesias Coronel, UNAH, Cuba.

La presente investigación de carácter teórico-experimental tiene como objeto de estudio el fundamento teórico del proceso de compresión de los tallos de caña panelera con fines de extracción de su jugo, presentando como objetivo la determinación de la fuerza y potencia requerida en la compresión de los tallos por medio de rodillos cilíndricos. En cumplimiento del objetivo propuesto se determinó experimentalmente la dinámica de compresión de los tallos de caña y la ecuación empírica que la rige. Se adopta un modelo de compresión de los tallos de caña, se identifican y determinan las propiedades fisico-mecánicas del proceso. Se obtiene el modelo teórico para la determinación de la fuerza y potencia requerida en la compresión de los tallos de caña por medio de rodillos cilíndricos. Como principal novedad científica se realiza la validación experimental del modelo teórico propuesto, utilizando una maqueta experimental diseñada y construida para tal propósito, obteniéndose resultados altamente satisfactorios con coeficientes de determinación de  $0,95$  y  $0,99$  en la valoración de la fuerza y potencia requerida respectivamente. Los resultados obtenidos se constituyen en una herramienta fundamental para el diseño mecánico de los molinos paneleros, en función de las particularidades y requerimientos del proceso.

<sup>VIII</sup> Ing. Profesor, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Correo electrónico: [alexdiaza@utp.edu.co](mailto:alexdiaza@utp.edu.co)

## **Desarrollo de un modelo mediante el Método de los Elementos Distintos (MED) para la simulación computacional del desgaste abrasivo de órganos de trabajo de los aperos de labranza**

Autor: M.Sc. Ángel Lázaro Sánchez Iznaga<sup>IX</sup>, Universidad de Cienfuegos, Cuba.

Tutores: Dr.C. Miguel Herrera Suárez, UCLV, Cuba.

Dr.Cs. Carlos Alexander Recarey Morfa, UCLV, Cuba.

A escala global, la simulación del desgaste abrasivo se ha desarrollado para estudiar el desgaste en útiles de excavación destinados al corte de rocas o a la excavación de minas y suelos donde sus características difieren a las de los suelos agrícolas, sin embargo, no se conocen aplicaciones para investigar este fenómeno en los aperos de labranza de suelos agrícolas. El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo en el Método de los Elementos Distintos (MED) para la simulación computacional del desgaste de órganos de trabajo de los aperos de labranza. Para cumplimentar este objetivo se determinaron las propiedades macroestructurales de un Ultrasol del centro de Cuba, así como las de la interfase suelo-apero necesarias para estimar los parámetros microestructurales que definen la respuesta mecánica del suelo a nivel de contacto entre partículas. Finalmente el modelo desarrollado en el MED fue validado y calibrado en condiciones de laboratorio y campo, respectivamente. Los resultados posibilitaron la determinación de las propiedades macroestructurales del suelo en estudio, mostrando que estas son dependientes del estado de humedad y la densidad, con valores y tendencias similares a las reportadas para suelos de naturaleza semejante. A partir de estas se estimaron los parámetros microestructurales de los modelos de contacto. Finalmente se validó y calibró el modelo desarrollado en el MED para la simulación computacional del desgaste de los aperos de labranza, el cual es capaz de reproducir con exactitud ( $e < 0,0322583$ ), la masa perdida durante tiempo de laboreo, así como los cambios de geometría y dimensiones.

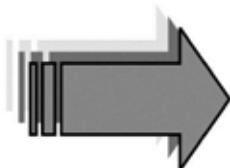
<sup>IX</sup>M.Sc., Prof. Auxiliar, Universidad de Cienfuegos. Dpto. Tecnología Agropecuaria, Cienfuegos, CP: 59430. Correo electrónico: [alsanchez@ucf.edu.cu](mailto:alsanchez@ucf.edu.cu)



## CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

# LABORATORIO DE OLEOHIDRÁULICA

### SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS



- Descontaminación de aceites oleohidráulicos
- Fabricación de equipos portátiles de filtraje de aceites
- Recuperación (emboquillado) y fabricación de mangueras
- Diagnóstico y evaluación de circuitos oleohidráulicos y sus componentes
- Cursos y entrenamientos de posgrado

#### Solicitudes de ofertas a:

Dr.C. Ernesto Ramos Carbajal  
Centro de Mecanización Agropecuaria  
Autopista Nacional y Carretera de  
Tapaste. km 23, San José de las Lajas,  
Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19  
Tel.: (53)(47) 864346  
E\_mail: [carbajales@unah.edu.cu](mailto:carbajales@unah.edu.cu)