



DOCENCIA Y CAPACITACIÓN *TEACHING AND UPGRADING*

Resumen del contenido de la tesis de doctorado presentada a defensa ante el Tribunal Nacional Permanente de Ingeniería Agrícola de la República de Cuba durante el año 2009

Summary of the content of doctorate thesis presented to defense in the Permanent National Tribunal of Agricultural Engineering of the Republic of Cuba during the year 2009

Fundamentación de una tecnología para laboreo mínimo de suelos Vertisoles basada en la aplicación de una máquina compleja en caña de azúcar

Autor: Ing. Osvaldo Leyva Santiesteban¹, UDG, Cuba.

Tutores: Dr.C. Ciro Iglesias Coronel, UNAH, Cuba y Dr.C. Armando García de la Figal Costales, UNAH, Cuba

El presente trabajo está encaminado a fundamentar una tecnología para laboreo mínimo de suelos Vertisoles en caña de azúcar, basada en la aplicación de una máquina compleja que en una sola operación realice la preparación del suelo para la siembra. En una primera etapa se analizó el estado actual del tema; en la segunda se fundamentó teóricamente la utilización de máquinas complejas, se demuestra una interdisposición racional del tambor fresador y el órgano escarificador, y se obtuvo la ecuación de la salida del primero respecto al segundo; la tercera comprende la investigación experimental, una parte de la cual, se efectuó en el CAI "José N. Figueredo", de Río Cauto, Granma, basada en una maqueta experimental de la máquina compleja, en cuatro variantes estructurales, donde se determinan indicadores de calidad y energéticos, luego se comparan las dos tecnologías derivadas de éstas, que en una sola operación preparan el suelo para plantar, con la tecnología tradicional, según rendimiento agrícola y aspecto económico; la otra parte se hizo en la Empresa azucarera "A. Colina", de Mabay, municipio Bayamo, en base al prototipo de la máquina, diseñado a partir de los resultados obtenidos con la maqueta; con el prototipo y otras máquinas, se conformaron seis tecnologías para laboreo mínimo, que se compararon entre sí, en base a indicadores de calidad, explotación, económicos y rendimiento de la cosecha. Se obtuvieron parámetros de diseño del prototipo de máquina compleja, Multilabrador UDG-3,2, ya patentada y los resultados de su evaluación se aplicarán en el diseño y construcción de su serie cero, quedando fundamentada la tecnología, basada en la máquina constituida por dos secciones de órganos de trabajo, que incluyen un tambor fresador de giro convencional, colocado a cierta distancia de un órgano escarificador vibratorio, al cual le sigue un surcador, permitiendo labrar dos surcos a la vez, en una sola operación. La tecnología basada en la Multilabrador sola, redujo el gasto de combustible en 47 y 74 %, y los costos de producción en 66 y 77 %, respecto a la tradicional con DT-75 y Komatsu, como tractores base, y aumentó el rendimiento agrícola de la caña de azúcar en 25...27 %, en relación con la primera y en 29 %, respecto a la que aplica escarificador C-101, generalizado en Cuba.

¹ Ing., Prof., Universidad de Granma, Apdo. 21, Bayamo 85100. Granma. Cuba, E-✉: oleyva@udg.co.cu

Resúmenes del contenido de las tesis de doctorado presentadas a defensa por profesores de la Universidad de Granma, Facultad de Ingeniería, Cuba, ante Tribunales de la Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento de Ingeniería Rural, España, durante los años 2007-2009

Summaries of the content of the doctorate theses presented to defense by professors of the University of Granma, Faculty of Engineering, before Tribunals of the Polytechnic University of Madrid, Superior Technical School of Agricultural Engineers, Department of Rural Engineering, Spain, during the years 2007-2009

Evaluación del impacto del Ciclo de Vida al esquema energético de producción de arroz en el CAI arrocero “Fernando Echenique” en la provincia cubana de Granma

Autor: Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño¹, UDG, Cuba
Tutores: Dr.C. José Luis Hernández Martos, UPM, España y Dr.C. Bienvenido Sarria López, Universidad de Cienfuegos, Cuba

El mundo actual se encuentra sumergido en una gran encrucijada, por una parte necesitamos energía para subsistir y continuar desarrollándonos, por otro lado contaminamos cada vez más el medio ambiente donde coexistimos. Los países tratan de desarrollar tecnologías basadas en fuentes renovables para producir energía, pero aún insuficientes para los niveles deseados, los países del tercer mundo no pueden tener acceso a esas tecnologías, empleando ineficientemente las provenientes de combustibles fósiles. La agricultura, es la vía fundamental para la obtención de alimentos y donde se emplea una gran cantidad de recursos energéticos y materias primas, el arroz, es uno de los productos fundamentales en la alimentación de más del 50 % de la población mundial y de la cual Cuba no es una excepción. En el presente trabajo se utiliza la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para valorar el proceso de la producción de arroz en el CAI Arrocero “Fernando Echenique” en la provincia cubana de Granma. Primeramente se realiza un diagnóstico de la situación energética del complejo, detectando donde se encuentran sus principales consumos energéticos y la influencia de estos en la economía de la empresa. Posteriormente se muestra el flujo del proceso no mejorado y las diferentes entradas energéticas, materias primas y desechos producidos en cada etapa, posibilitando aplicar medidas para reducir las cargas ambientales y mejorar el proceso en la caldera alimentada con biomasa arrocera (cáscara de arroz) la cual se emplea para el proceso de precocido, la sustitución del consumo de mezcla combustible en el secado del arroz por cáscara de arroz, la determinación de los índices físicos de consumo de mezcla combustible ($10 \text{ L/t}_{\text{arroz.seco}}$ para 18 y 19 % de humedad) y electricidad ($18.24 \text{ kWh/t}_{\text{arroz}}$ para el importado con un 5 % de humedad) en el secado y molienda respectivamente para así conformar el flujo del proceso mejorado. Se realiza un análisis energético y exergético a partir de utilizar el condensado como vía para aumentar la temperatura del agua de alimentación y así disminuir las cargas ambientales a partir de reducir el flujo de combustible sólido y por tanto el volumen de gases producto de la combustión, se propone el esquema de la instalación para la quema de la cáscara de arroz. Se realiza una comparación entre el proceso anterior y el mejorado de acuerdo con los potenciales de Calentamiento Global (PEI), Acidificación (PAC) y la Formación de Partículas en Suspensión (PFPS), aplicando el Análisis del Ciclo de Vida. Obteniéndose una disminución del impacto ambiental que supone la nueva propuesta en relación con la anterior en aproximadamente un 39 %, las categorías experimentan una reducción del 31 % para el PEI, 38 % para el PAC y un 66 % para el PFPS.

¹ Ing., Prof., Universidad de Granma, Apdo. 21, Bayamo 85100. Granma. Cuba, defendió en el año 2007, E-✉: ellanesc@udg.co.cu

Determinación de las propiedades físico-mecánicas y dimensionales del café (variedad Caturra Rojo y Caturra Amarillo) y su influencia en la selectividad de la cosecha

Autor: Ing. Idalberto Macías Socarrás¹, UDG, Cuba
Tutores: Dr. I. A. Jacinto Gil Sierra, UPM, España y
Dr.C. Bejamín Gabriel Gaskin Espinosa, Universidad de Granma, Cuba

El conocimiento de los principales modos vibración del sistema fruto-pedúnculo y de las frecuencias de resonancia correspondientes a dichos modos, constituye una información de sumo interés para predecir los regímenes de vibración óptimos a aplicar durante la cosecha mecanizada de café por vibración. Dichas frecuencias de resonancia dependen directamente de las propiedades físico-mecánicas de los componentes del sistema fruto-pedúnculo, lo que establece la diferencia en las frecuencias de vibración a aplicar a distintas variedades de café. En el trabajo se determina, a partir de la evaluación de un modelo matemático computarizado la dinámica del sistema fruto-pedúnculo, la influencia de las diferentes propiedades físico-mecánicas de los frutos y pedúnculos sobre las frecuencias de resonancia de hasta 25 modos de vibración del sistema objeto de estudio. En Cuba se trabaja desde la década de los 80 en el estudio de la cosecha selectiva de café mediante vibraciones, para la cual es necesario conocer las características dimensionales de las plantas de cafetos, otro objetivo fue determinar las características dimensionales y su distribución en el área experimental de la variedad Caturra para lo cual se determinaron las dimensiones principales que caracterizan dicho cultivo y se hicieron análisis estadísticos de correlación y regresión para conocer la relación entre las características dimensionales, dispersión y distribución espacial. Los resultados obtenidos permitirán caracterizar desde el punto de vista dimensional esta variedad de café, aspecto novedoso para este tipo de estudio.

¹ Ing., Prof., Universidad de Granma, Apdo. 21, Bayamo 85100. Granma. Cuba, defendió en el año 2007, E-✉: imacias@udg.co.cu

Influencia de cuatro sistemas de laboreo en las propiedades físicas de un *Fluvisol* y en el balance energético en cultivos de raíces y tubérculos

Autor: Ing. Luis Raúl Parra Serrano¹, UDG, Cuba

Tutores: Dr.C. José Luis Hernández Martos, UPM, España y Dr.C. Armando García de la Figal Costales, UNAH, Cuba

La conservación del recurso natural suelo es de vital importancia para la actual y futuras generaciones. En los últimos años ha crecido rápidamente la potencia de los tractores y la cantidad de energía que se invierte en los cultivos por el uso de fertilizantes, combustible y maquinaria. Sin embargo las tecnologías de labranza no han evolucionado con igual rapidez, con tendencia a la aplicación de las nuevas técnicas agrícolas con los tradicionales métodos de labranza. El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar cuatro sistemas de laboreo (laboreo tradicional T1, laboreo con multiarado y grada de discos T2, laboreo con fresadora y subsolador T3, y laboreo con grada de discos y subsolador T4), y su influencia en la evolución de las propiedades del suelo, a través de la producción de cultivos de raíces y tubérculos (patata, boniato y yuca) y su consumo energético; en un fluvisol con textura franco arcilloso de la provincia cubana de Granma. Las tecnologías de labranza mínima presentaron mejor comportamiento, en particular la tecnología de multiarado y grada de discos T2, la cual mejora significativamente las propiedades físicas del suelo y con ello las condiciones para el desarrollo de los cultivos, obteniendo la mayor producción (33; 13 y 13,9 t ha⁻¹) en los tres cultivos respectivamente; el menor consumo de combustible, el mayor rendimiento de los conjuntos máquina tractor y el mejor balance energético con una eficiencia energética de (3,9; 4,9 y 12) en los tres cultivos respectivamente. La granulometría del suelo después del laboreo y la calidad de la labranza lograda mediante este sistema de laboreo, así como el menor consumo de energía contribuyen a la conservación del suelo y a la reducción de los costes energéticos.

¹ Ing., Prof., Universidad de Granma, Apdo. 21, Bayamo 85100. Granma. Cuba, defendió en el año 2009, E-✉: lparras@udg.co.cu

Influencia de los daños mecánicos sobre la calidad poscosecha de la patata (*Solanum tuberosum*) en Cuba. Evolución de los indicadores químicos durante el almacenamiento frigorífico

Autor: Ing. Melquiades Ramos Escalona¹, UDG, Cuba
Tutores: Dr. I. A. Pilar Barreiro Elorza, UPM, España y
Dr.C. Mario Gustavo Otero Fernández, Universidad de Granma, Cuba

La patata (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo de gran importancia en Cuba, pues está dentro de los principales cultivos alimenticios, dada la posibilidad de producir grandes cantidades en poco tiempo. A él se dedican importantes recursos humanos y financieros, aunque no se aplican adecuadamente las técnicas poscosecha. En este estudio se ha realizado una evaluación de la productividad en la Unidad Básica de Producción Cooperativa “El Palmar” perteneciente a la Empresa de Cultivos Varios “Paquito Rosales” en la provincia de Granma (Cuba), donde se ha cuantificado la incidencia de daños mecánicos y el nivel de pérdidas y podredumbres tanto en recolección (cuatro variedades de patata, Spunta, Romano, Desiree, y Santana), como durante el almacenamiento en frigorífico (dos variedades de patata, Romano y Spunta). Se ha realizado asimismo un seguimiento de los diferentes indicadores químicos (contenido de humedad, sólidos solubles totales, almidón, proteínas, vitamina C y cenizas) para conocer la calidad de este tubérculo a lo largo del almacenamiento frigorífico. En este trabajo, se han determinado niveles de pérdidas (alrededor del 17 % en peso) muy superiores a los niveles recomendados (4 %), y una variación significativa de la mayoría de los indicadores químicos durante el almacenamiento. Se han aplicado técnicas multivariantes al seguimiento en almacenamiento de las variedades Spunta y Romano, lo que ha permitido establecer claramente el comportamiento diferencial de ambas; se ha llevado a cabo la modelización de la incidencia de daños mecánicos en función del tamaño medio de los tubérculos, como punto de partida para un posterior establecimiento de indicadores de calidad del manejo poscosecha en el que se incorporen determinaciones objetivas de los niveles de carga a los que se ven sometidos los tubérculos durante la recolección y manejo poscosecha.

¹ Ing., Prof., Universidad de Granma, Apdo. 21, Bayamo 85100. Granma, Cuba, defendió en el año 2008, E- ✉: mramose@udg.co.cu

Tecnología de labranza para el manejo de los suelos degradados dedicados a la producción de arroz en el Sur de la provincia cubana de Granma

Autor: Ing. Víctor Andrés Ferrer Suárez¹, UDG, Cuba

Tutores: Dr. I. A. Víctor Sánchez-Girón Renedo, UPM, España y Dr.C. Ángel Rosales Valdés, Universidad de Holguín, Cuba

La experiencia se desarrolla en la Granja Agrícola Arrocería. “Bartolomé Masó Márquez”, ubicada en el municipio de Yara, provincia de Granma, donde se evalúan las tecnologías de preparación de suelo: Seco-Fanguero, Seco tradicional y Laboreo Mínimo, atendiendo al efecto que estas provocan sobre las propiedades fisicomecánicas y productivas de los suelos en la zona Sur del Complejo Agro-Industrial arrocería de Granma. Se tiene en cuenta las propiedades físico-mecánicas de los suelos, densidad aparente, densidad real, porosidad total, índice de plasticidad, compactación, textura y estructura. El método de investigación utilizado fue el muestreo con un arreglo bifactorial, con tratamientos por terrazas, dentro de los cuales se realizaron muestreos aleatorios a dos profundidades (0-10 cm y 10-20cm). Los resultados alcanzados se resumen a continuación: Podemos definir que la labranza mínima, con el uso combinado de órganos fresadores y escarificadores, es factible para el manejo de los vertisoles degradados y no degradados por la explotación intensiva en mono cultivo de arroz bajo riego. La tecnología de labranza mínima (T3) es la única que disminuye los valores de la densidad aparente en las dos profundidades y proporcionalmente aumenta la porosidad total del suelo, sin propiciar cambios significativos en el resto de las propiedades evaluadas. Al evaluar la degradación física y las alteraciones del estado del suelo en los casos estudiados, encontramos que la labranza mínima tiende a propiciar cambios favorables para la conservación del suelo, ya que su densidad aparente se acerca a los valores mínimos del intervalo fijado por la FAO para la clase de degradación definida como moderada, mientras que el seco fanguero tiende a un cambio menos favorable porque eleva los valores de la densidad aparente hacia los del límite superior fijado por la FAO para la misma clase de degradación. Desde el punto de vista tecnológico explotativo, la labranza mínima es la de mayor productividad, ya que invierte menos tiempo en la ejecución de las labores y es la que tiene los menores costos tecnológicos. La labranza mínima es la que alcanza los mayores rendimientos, seguida del seco fanguero y seco tradicional respectivamente, no siendo significativas las diferencias. Utilizando esta tecnología propuesta en una máquina combinada donde se integren estos tipos de órganos, se eliminan pasadas sobre el suelo, se ahorra combustible, salario y otros insumos, lo que la haría más económica además de los beneficios que le brinda al suelo.

¹ Ing., Prof., Universidad de Granma, Apdo. 21, Bayamo 85100. Granma. Cuba, defendió en el año 2007, E-✉: vferrers@udg.co.cu

Implantación de una tecnología sostenible de producción de biogás en la comunidad rural “El Caney de las Mercedes”, en Cuba

Autor: Ing. Yoandro Rodríguez Ponce¹, UDG, Cuba
Tutores: Dr. I. A. Jesús Vázquez Minguela, UPM, España y
Dr.C. José Antonio Guardado Chacón, CUBASOLAR, Cuba

La preservación del medio ambiente y el creciente consumo de recursos energéticos constituyen dos cuestiones de relevante significación para el mundo actual así como para el próximo futuro. Es por ello que la aplicación de tecnologías purificadoras seguras, de bajo costo y que propicien la obtención de subproductos aprovechables y la búsqueda de fuentes energéticas renovables, resultan hoy día un reto científico técnico que debe ser afrontado con urgencia. El tratamiento anaerobio constituye un proceso que posee las virtudes antes mencionadas ya que, además de permitir la depuración de residuales orgánicos biodegradables, conduce a la obtención de un gas con alto valor energético. En el presente trabajo, desarrollado en la comunidad rural “El Caney de las Mercedes”, ubicada en el municipio Bartolomé Masó de la provincia Granma en Cuba, se hace un estudio conducente a proponer la mejor tecnología disponible para la producción de biogás en la localidad. La propuesta tecnológica contempla la fiabilidad de la planta, la utilización energética del biogás en cocinas domésticas y la utilización del efluente líquido y los lodos digeridos como fertilizantes en los cultivos de la zona. Primeramente se realiza un diagnóstico, detectando las principales causas que impiden la introducción y generalización de la tecnología y luego se determinan las potencialidades, suficientes para la producción de biogás. Como resultado del estudio se propone la utilización de minidigestores GBV para la construcción de las plantas, luego se determinan los parámetros de diseño de los biodigestores y se proponen las variantes constructivas hasta definir plenamente la tecnología aplicable. Se realiza también un análisis económico de las plantas, incluyendo el tiempo de recuperación de la inversión y una valoración ambiental de la aplicación de la tecnología anaerobia.

¹ Ing., Prof., Universidad de Granma, Apdo. 21, Bayamo 85100. Granma. Cuba, defendió en el año 2008, E-✉: yponce@udg.co.cu