

ARTÍCULO ORIGINAL

Sistema automatizado para la evaluación de explotación de las máquinas agrícolas

Automated system for the evaluation of operation of the agricultural machines

M.Sc. Héctor R. de las Cuevas Milán, M.Sc. Tomasa Rodríguez Hernández, Dr.C. Maximino Díaz Álvarez

Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. El sistema automatizado “TECEXP”, determina los índices de la efectividad tecnológica de las máquinas agropecuarias y forestales según la norma NC 34 -37, a partir de cronometrajes realizados a la máquina a prueba en condiciones de campo. Brinda los resultados de cada turno de control, contemplando el volumen de trabajo realizado, balance de tiempo (limpio, operativo, productivo, de turno y de explotación), productividad horaria y en 8 horas, gasto de combustible por unidad de trabajo realizado y en tiempo de explotación, tiempo de eliminación de desperfectos tecnológicos y técnicos, coeficiente de seguridad tecnológica y técnica, coeficiente de utilización del tiempo productivo y de explotación. Además nos ofrece un resumen de los índices primarios del turno de control, determinando la cantidad de veces que se repite los tiempos según su código, así como el tiempo total consumido en el mismo. Por último determina los indicadores tecnológicos generales de la evaluación de la máquina a prueba según la cantidad de turnos de control realizada. Este programa ha sido utilizado para la evaluación tecnológica y de explotación de las máquinas asperjadoras de chorro proyectado EOLO y MARTINIANI, en el cultivo de los cítricos, así como en diferentes trabajos de diploma y de curso de la Facultad de Mecanización Agropecuaria. El mismo disminuye en un 80% del tiempo empleado en los cálculos de los diferentes indicadores, comparado con el procesamiento manual.

Palabras clave: Evaluación tecnológica.

ABSTRACT. The automated “TECEXP” determines the technological indices of the effectiveness of the agricultural and forestry machines according to standard NC 34 -37, timings from the machine made in field test. We provide the results of each shift control, watching the amount of work done, balance of time (clean, operating, production, shift and operation), and hourly productivity in 8 hours, fuel consumption per unit of work performed and operating time, clearance time technological and technical defects, technological safety factor and technical coefficient uptime and operation. In addition we provide a summary of the primary indices shift control, determining the number of times to repeat the times by code and the total time spent in it. Finally Technological indicators determines overall evaluation test machine according to the shift amount control performed. This program has been used for technology assessment exploitative machine projected jet asperjadoras EOLO and MARTINIANI, in the cultivation of citrus, as well as various diploma work and course of the Faculty of Agricultural Mechanization. It decreases by 80% of the time spent in the calculations of the different indicators, compared with manual processing.

Keywords: Technology assessment.

INTRODUCCIÓN

Varios factores tienen considerable influencia en la obtención de una producción agrícola cada vez mayor y con los menores costos energéticos y de explotación. Un uso incorrecto de las tecnologías conduce indiscutiblemente al aumento de los costos de producción y al deterioro del medio ambiente.

La agricultura de conservación consiste en una serie de prácticas agronómicas que permiten un manejo del suelo que

altera lo menos posible su composición, estructura y biodiversidad, defendiéndolo de la erosión y degradación. Algunas de las técnicas que constituyen la agricultura de conservación son la siembra directa (no laboreo), el laboreo reducido (mínimo laboreo), la no incorporación o incorporación parcial de los restos de cosecha, y el establecimiento de cubiertas vegetales, bien de vegetación espontánea o a través de la siembra de aque-

llas especies que reúnan condiciones apropiadas- en cultivos leñosos o entre cultivos anuales sucesivos.

Romay, (2004) constató, que los sistemas de labranza reducida y cero, permiten una reducción de los costos de explotación por unidad de área de 21,33 y 64,95% respectivamente.

Con el uso del laboreo o labranza reducida (mínima) y cero podría reducirse la flota de tractores en más de un 35%, sumándose a esto los innumerables beneficios inherentes a la labranza conservacionista y que pueden resumirse en una menor degradación de los suelos y del medio ambiente (Unger y Mc Calla, 1980; Frye, 1984; FAO/INTA, 1992; Socoschi, 1993).

Para Cuba la adopción de la agricultura conservacionista, puede resultar difícil, por lo menos en los primeros años. Las tecnologías necesarias debidamente probadas a menudo no están disponibles, son necesarias máquinas para la labranza cero, de las cuales actualmente no están disponibles en el país, siendo necesario desarrollar máquinas de factible producción nacional que satisfagan los requerimientos de las plantaciones actuales y futuras, que a la vez garanticen inversiones mínimas, efecto económico positivo y plazos satisfactorios de recuperación de las inversiones.

Velasco *et al.* (2003), plantea que es necesario realizar un adecuado análisis de los costos antes de sustituir una tecnología por otra.

Ibáñez y Villar (1994) y Vega (2000), destacan que el factor económico es determinante para controlar el éxito de la mecanización en cualquier país, donde uno de los aspectos importantes a considerar es el costo de producción por concepto de maquinaria agrícola, donde es imprescindible conocer el costo de operación de los equipos y el costo de las labores agrícolas realizadas por ellos.

Estos autores plantean, que la determinación exacta de los costos de una maquinaria para el agricultor, contribuye a la formación de un juicio que le permite determinar si la explotación cuenta con los recursos económicos para cubrir dichos gastos. Del mismo modo, hace posible conocer la magnitud de los gastos que se producirán al emplear otras máquinas y sistemas de trabajo, antecedentes que facilitan la elección del grado de mecanización a utilizar. También constituye un elemento de juicio fundamental para decidir entre maquinaria propia o alquilada (Ivniisky, 2002).

La investigación de los costos de un grupo de máquinas es de alta relevancia, pues permite contar con los antecedentes necesarios para comparar alternativas de compra o variantes de organización de tecnologías, de forma tal que se reduzcan los egresos y aumenten las utilidades. (Marrón, 2002).

En este sentido en el Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), se desarrolla un proyecto de investigación perteneciente al Programa Ramal de Mecanización, del Ministerio de la Agricultura denominado Evaluación de un conjunto de máquinas para la labranza conservacionista (2005), el cual contempla dentro de sus tareas la determinación experimental de los indicadores de explotación de las máquinas para el manejo de la cobertura, siembra directa y la aplicación e herbicidas.

Partiendo de lo anterior, en el presente trabajo se propone la confección de un sistema automatizado, que permita la eva-

luación tecnológica y de explotación de las máquinas agrícolas, a partir de cronometrajes realizados a la máquina a prueba en condiciones de campo, obteniéndose una elevada confiabilidad y prontitud de los resultados obtenidos.

MÉTODOS

Fundamentos teóricos

Los índices fundamentales que caracterizan la evaluación tecnológica – explotativa de las máquinas agrícolas son (NC 34 – 37):

Productividad por hora de tiempo limpio:

$$W_1 = \frac{Q}{T_1} \quad (1)$$

donde:

Q – volumen de trabajo realizado con la máquina, ha, kg, otros;

T₁ – tiempo de trabajo limpio, h;

Productividad por hora de tiempo operativo:

$$W_{02} = \frac{Q}{T_{02}} \quad (2)$$

donde:

T₀₂ – tiempo operativo, h.

Productividad por hora de tiempo productivo:

$$W_{04} = \frac{Q}{T_{04}} \quad (3)$$

donde:

T₀₄ – tiempo productivo, h.

Productividad por hora de tiempo de explotación:

$$W_{07} = \frac{Q}{T_{07}} \quad (4)$$

donde:

T₀₇ – tiempo de explotación, h.

Gasto de combustible por unidad de trabajo realizado:

$$C_e = \frac{C}{Q} \quad (5)$$

donde:

C - gasto de combustible durante la realización del volumen de trabajo, L.

Gasto de combustible por hora de tiempo de explotación:

$$C_h = \frac{C}{Q} \quad (6)$$

donde:

C_h – combustible gastado por hora de tiempo explotativo, L/h.

Coficiente de pase de trabajo:

$$K_{21} = \frac{T_1}{T_1 + T_{21}} \quad (7)$$

donde:

T_{21} – tiempo de viraje, h.

Coficiente de seguridad tecnológica:

$$K_{41} = \frac{T_1}{T_1 + T_{41}} \quad (8)$$

donde:

T_{41} – tiempo de eliminación de fallos tecnológicos, h.

Coficiente de seguridad técnica:

$$K_{42} = \frac{T_1}{T_1 + T_{42}} \quad (9)$$

donde:

T_{42} – tiempo para eliminar fallos técnicos, h.

Coficiente de utilización del tiempo productivo:

$$K_{04} = \frac{T_1}{T_{04}} \quad (10)$$

Coficiente de utilización del tiempo de explotación:

$$K_{07} = \frac{T_1}{T_{07}} \quad (11)$$

Sistema automatizado para la evaluación tecnológica y de explotación de las máquinas agrícolas

El sistema automatizado “TECEXP” se desarrolló sobre plataforma de trabajo EXCEL para Windows, a partir del diagrama de flujo sintetizado que se muestra en la Figura 1. Según este diagrama se determinan los indicadores tecnológicos y de explotación del conjunto a prueba, para las condiciones organizativas y productivas del proceso de trabajo.

El sistema cuenta con un panel de control interactivo que permite el vínculo del usuario con cada una de las partes que lo conforman, dividiéndose en dos partes fundamentales: *Entrada de datos* y *Resultados* (Figura 2)

- La entrada de datos contiene los siguientes botones

Turno de Control 1 hasta el 5: Permite acceder a la hoja de cálculo para la entrada de la información primaria de cronometrajes realizados a la máquina de prueba, para cinco turnos de control.

Estas hojas contienen la información relacionada con el tipo de agregado utilizado, lugar de la prueba, tipo de labor, volumen de trabajo realizado, consumo de combustible, velocidad de trabajo, personal en el agregado, tiempo de la observación, etc.

Además aparece una tabla donde es necesario plasmar el número de la pasada, tipo de operación, lectura al final de la operación, etc.

Estas hojas poseen un botón de comando que permite el regreso al panel de Control.

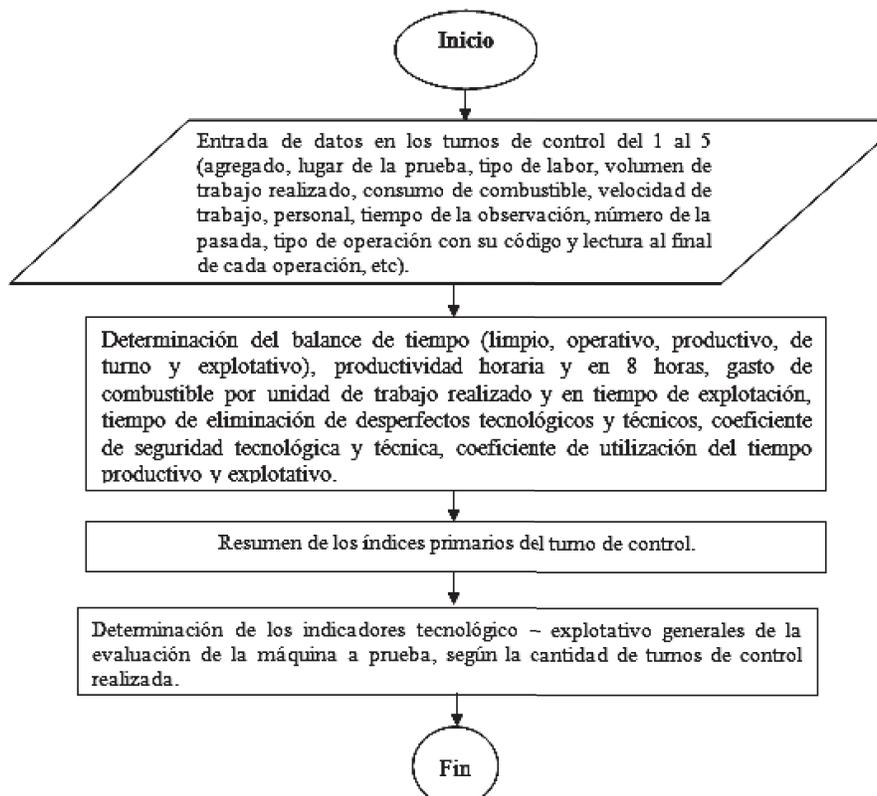


FIGURA 1. Diagrama de flujo sintetizado del sistema automatizado TECEXP.

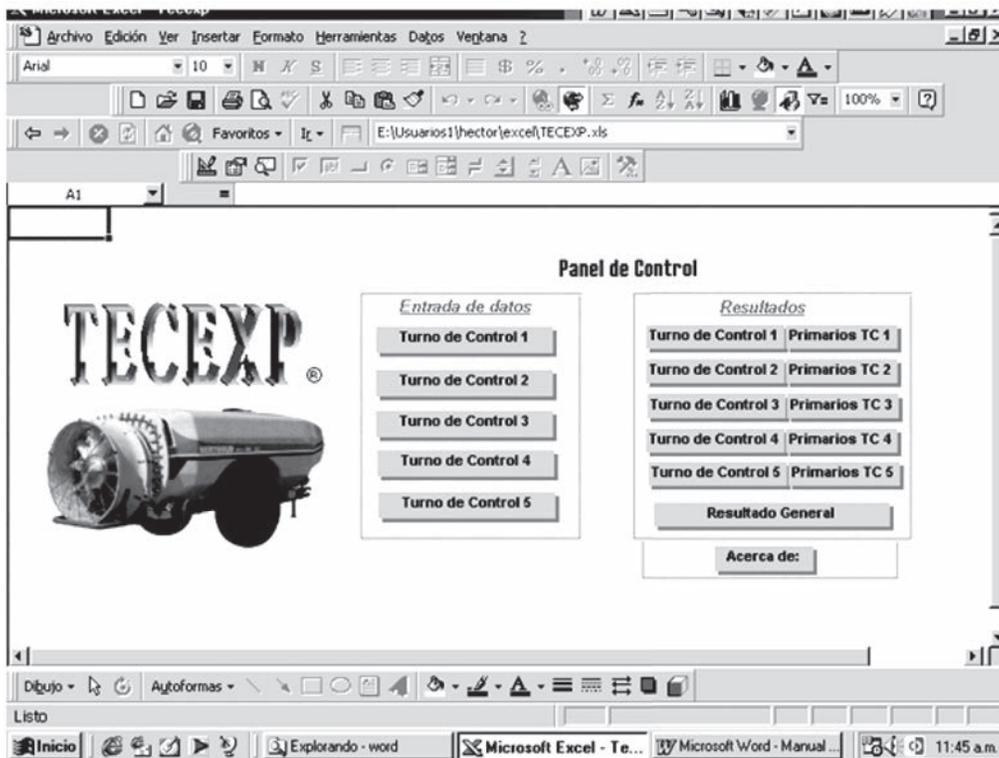


FIGURA 2. Panel de Control.

• **Los resultados contienen los siguientes botones**

Turnos de Control de 1 al 5: Nos brinda los resultados de la evaluación tecnológica y de explotación de cada turno de control, contemplando el volumen de trabajo realizado, balance de tiempo (limpio, operativo, productivo, de turno y de explotación), productividad horaria y en 8 horas, gasto de combustible por unidad de trabajo realizado y en tiempo de explotación, tiempo de eliminación de desperfectos tecnológicos y técnicos, coeficiente de seguridad tecnológica y técnica, coeficiente de utilización del tiempo productivo y de explotación.

Posee botón de comando para regresar al panel de control.

Primario TC 1 al TC 5: Brinda un resumen de los índices

primarios del turno de control, determinando la cantidad de veces que se repite los tiempos según su código, así como el tiempo total consumido en el mismo (Tabla 1), posee al igual que las hojas anteriores botón para el regreso al panel de Control Principal.

Resultado general: Determina los indicadores tecnológico y de explotación o generales de la evaluación de la máquina a prueba según la cantidad de turnos de control realizada.

Los resultados del programa “TECEXP” para el caso del conjunto formado por el tractor NEW HOLLAND y la asperjadora de chorro transportado EOLO TEYME, utilizada para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de los cítricos, se muestran a continuación

TABLA 1. Resmen de los índices primarios del turno de control

| Fecha: | 01/11/06 | Marca de la máquina: | EOLO TEYME | | |
|--------|-------------------|----------------------|--------------|-------------------|--------------------|
| Código | Cantidad de veces | Tiempo total (min) | Código | Cantidad de veces | Tiempo total (min) |
| T1 | 35 | 202,90 | T5 | 0 | 0,00 |
| T21 | 36 | 24,88 | T61 | 2 | 57,27 |
| T22 | 9 | 13,97 | T62 | 0 | 0,00 |
| T23 | 27 | 31,98 | T6 | | 57,27 |
| T2 | | 70,83 | T7 | 0 | 0,00 |
| T31 | 0 | 0,00 | T81 | 0 | 0,00 |
| T32 | 1 | 0,17 | T82 | 0 | 0,00 |
| T33 | 0 | 0,00 | T83 | 0 | 0,00 |
| T3 | | 0,17 | T8 | | 0,00 |
| T41 | 0 | 0,00 | Total | | 331,17 |
| T42 | 0 | 0,00 | | | |
| T4 | | 0,00 | | | |

En la Tabla 2 se observa los resultados generales de la evaluación de la asperjadora EOLO TEYME, contemplando el volumen de trabajo realizado, balance de tiempo, productividad, gasto de combustible y coeficientes de seguridad tecnológica, técnica, de tiempo productivo de explotación. En la Figura 3 se muestra la

variación que experimenta la productividad horaria en tiempo limpio hasta tiempo de explotación (3,124 hasta 2,05 ha/h) del conjunto, siendo de gran importancia estos resultados con vistas a evaluar el comportamiento de la máquina en el campo, así como datos primarios para evaluaciones económicas posteriores.

TABLA 2. Índices de explotación

| No. | Denominación de los índices de explotación | U/M | Índices |
|-----|---|------|---------|
| 1 | Lugares de trabajo, composición del agregado, condiciones en que se realizan las pruebas y regímenes de trabajo: JAGUEY GRANDE, NEW HOLLAND + EOLO TEYME | | |
| 2 | Volumen de trabajo realizado | ha | 32,82 |
| 3 | Duración de la observación cronométrica | h | |
| | Tiempo limpio | | 10,505 |
| | Tiempo operativo | | 13,514 |
| | Tiempo productivo | | 13,517 |
| | tiempo de explotación | | 15,972 |
| 4 | Productividad por hora | ha | |
| | De tiempo limpio | | 3,124 |
| | De tiempo operativo | | 2,429 |
| | De tiempo productivo | | 2,428 |
| | De tiempo de explotación | | 2,055 |
| 5 | Productividad por 8 horas | ha | |
| | En tiempo de explotación | | 16,439 |
| 6 | Gasto de combustible | L | |
| | Por unidad de trabajo realizado | L/ha | 5,363 |
| | Por hora de tiempo de explotación | L/h | 11,019 |
| 7 | Coefficiente de seguridad tecnológica | | 1,000 |
| 8 | Coefficiente de seguridad técnica | | 1,000 |
| 9 | Coefficiente de utilización del tiempo productivo | | 0,777 |
| 10 | Coefficiente de utilización del tiempo de explotación | | 0,658 |

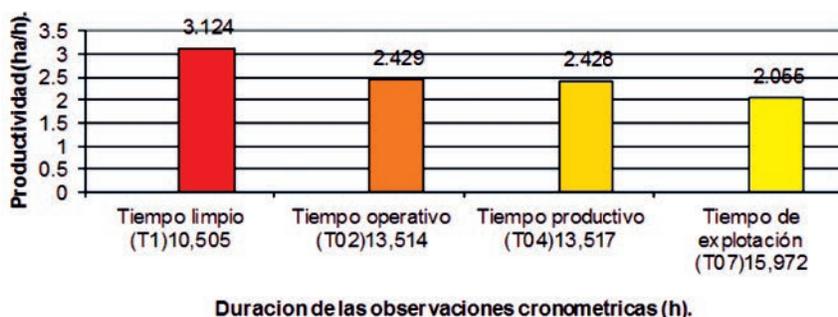


FIGURA 3. Productividad del conjunto.

CONCLUSIONES

- El sistema automatizado "TECEXP" determina los indicadores tecnológicos y de explotación de los conjuntos agrícolas sometidos a prueba de campo, garantizando rapidez y

fiabilidad de los resultados obtenidos, con una disminución de un 80% del tiempo empleado en los cálculos, comparado con el procesamiento manual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEMA: *Evaluación de un conjunto de máquinas para la labranza conservacionista*, Proyecto de investigación científica, Ed. Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, La Habana, Cuba, 2006.
- FAO/INTA. *Manual de sistemas de labranza para América Latina*, 193pp., Boletín de Suelos de la FAO N0 66. Roma, Italia, 1992.
- FRYE, W. *Energy requirements in no-tillage*, pp. 127-151, In: No-Tillage agricultura, Van Nostrand Reinhold, New York, USA, 1984.
- IBÁÑEZ, C.M.; S. VILLAR: *Justificación económica del uso de la maquinaria agrícola*, pp. 27-43, Ed. Universidad de Concepción, Chillán, Chile, 1994.

- IVNISKY, M.: *Introducción a la teoría de los costos [en línea]*, *Monografías.com* (noviembre 2002). Disponible en: <http://www.monografías.com> [Consulta: junio 18 2010].
- MARRÓN, G.: *Costos operativos de maquinaria agrícola. Pautas a tener en cuenta para el ahorro de combustible. [en línea]*. INTA EEA - FCA UNMdP. (junio 2002). Disponible en: <http://www.INTA/publicaciones/divulgaciontecnica.php> [Consulta: junio 18 2010].
- NC 34-37: *Metodología para la evaluación tecnológica explotativa. Máquinas Agrícolas y Forestales. 2 Edición*. Vig. febrero 2003.
- ROMAY, E.: Investigación de los costos energéticos y de explotación en los sistemas de labranza conservacionista. 74 h. **Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniero Mecanizador)**, Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, La Habana, 2004.
- SOCOSCHI. *II Jornadas Nacionales de Cero Labranza*, Sociedad Chilena de Conservación de Suelos, Ongolmo 716, Universidad de Concepción, Chile, 1993.
- UNGER, P. & T. M. MC CALLA: "Conservation tillage systems", *Advances in Agronomy*, 35: 1-57, 1980.
- VEGA, A. J. A.: *Los costos*, pp. 105–117, En: *Elementos económicos del sector agropecuario*, Ed. ISCAH, San José de las Lajas, La Habana, Cuba., 2000.
- VELASCO, R.; G. MORALES: *Maquinaria agrícola: Costos de operación según intensidad de uso. Primera y Segunda partes. [en línea]*, *Revista Agroeconómico*. (2003). Disponible en: http://www.agroeconomico.cl/articulos.detalle_php?articulo2003 [Consulta: junio 18 2010].

Recibido: 16 de octubre de 2012.

Aprobado: 5 de septiembre de 2013.

Héctor R. de las Cuevas Milán, Inv. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Centro de Mecanización Agropecuaria, (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP: 32700. Correo electrónico: hector@unah.edu.cu



Universidad
de Ciego de Ávila
Facultad
de Ingeniería
Centro de Estudios
Hidrotécnicos

El Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) del Ministerio de la Agricultura y el Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciego de Ávila, coordinan el **Programa de Especialidad en Explotación de Sistemas de Riego y Drenaje**.

El programa tiene una duración total de aproximadamente dos (2) años. Se desarrolla en la modalidad semipresencial con un período de actividades académicas de (8) semanas (2 meses) y un período de actividades académicas no lectivas vinculadas al desempeño laboral (entrenamiento) de tres (3) a cuatro (4) meses entre períodos lectivos.

El Programa de Especialidad en Explotación de Sistemas de Riego y Drenaje está proyectado con un total de 100 créditos, de ellos 50 créditos por actividades académicas conformadas en dos Diplomados, uno Básico general para todos los Programas de Especialidad del MINAG y uno Especializado para este Programa. Por otra parte la actividad práctica vinculada al desempeño laboral acumulará 40 créditos y el trabajo final 10 créditos.

La sede de este Programa de la Especialidad **para la zona occidental** está ubicada en la *Unidad Docente del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola*, sito en Ave Camilo Cienfuegos y 27, Arroyo Naranjo, La Habana. Los estudiantes cuentan con instalaciones docentes y un aula de computación para el trabajo individual o por equipos.

Los interesados deben contactar con el Departamento de Capacitación del IAgric:
e-mail: joaquina@iagric.cu, luisav@iagric.cu.