



## EMPLEO DE MODELOS MATEMÁTICOS Y AGRICULTURA INTELIGENTE, EN PROCESOS AGRARIOS. INTEGRACIÓN UNAH-GRANJA-GUAYABAL

### USE OF MATHEMATICAL MODELS AND SMART AGRICULTURE, IN AGRICULTURAL PROCESSES. UNAH-FARM-GUAYABAL INTEGRATION

✉ LUCÍA FERNÁNDEZ CHUAIREY<sup>1\*</sup>, MARÍA VICTORIA GÓMEZ ÁGUILA<sup>2</sup>, ✉ MARÍA ELENA RUIZ PEREZ<sup>1</sup>,  
 ✉ NELSON LIM CHAMG<sup>1</sup>, ✉ JOSÉ ANTONIO PINO ROQUE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Mayabeque, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chapingo, México (UACH)

\*Autor para correspondencia: Dra.C Lucía Fernández Chuaiery, correo: [lucia@unah.edu.cu](mailto:lucia@unah.edu.cu)

Ante los retos y desafíos actuales, que afronta el sector agropecuario cubano, que requiere del uso de conocimientos, ciencia y tecnología para su desarrollo y sostenibilidad, la UNAH, cuenta con el proyecto "Desarrollo del escenario tecnológico-científico-docente-productivo de la agricultura cubana en la Granja Universitaria Guayabal", enfocado en la integración Universidad-empresa y dirigido al logro de espacios de investigación, producción sostenible y la obtención de mayor cantidad de alimentos saludables con beneficios a estudiantes, la comunidad científica y su entorno. El objetivo del presente trabajo es mostrar las estrategias de investigación, acciones, resultados y perspectivas alcanzados en el área de las Ciencias Básicas e Informáticas, anclados a este proyecto General. En una primera etapa, se logró la integración del grupo con especialistas del área, que de forma vertical accionan como: grupo asesor para el análisis, procesamiento y evaluación de diferentes indicadores, así como en la modelación de procesos (crecimiento de gallinas de ceba), diseños de experimentos (en cerdos), entre otros. Paralelamente se logró la incorporación de estudiantes de pregrado (Ciencias Técnicas Agropecuaria y Medicina Veterinaria) y postgrado desarrollo de tres tesis de la Maestría en Biomatemática (acreditada de excelente), asociadas a la concepción de sistemas de Información geográfica y sistemas para la toma de decisiones con ambientes amigables que permitan el análisis para la búsqueda de soluciones óptimas. Se exponen retos y perspectivas. Se concluye que la integración Universidad-Granja constituye una vía de fortalecimiento y desarrollo docente-económico-social-productivo y permiten saltos cuantitativos, que hacen frente a los desafíos del país.

Given the current challenges faced by the Cuban agricultural sector, which requires the use of knowledge, science and technology for its development and sustainability, the UNAH has the project "Development of the technological-scientific-teaching-productive scenario of the Cuban agriculture at the Guayabal University Farm, focused on University-business integration and aimed at achieving research spaces, sustainable production and obtaining a greater amount of healthy food with benefits for students, the scientific community and their environment. The objective of this work is to show the research strategies, actions, results and perspectives achieved in the area of Basic Sciences and Computer Science, anchored to this General project. In a first stage, the integration of the group with specialists in the area was achieved, who vertically act as: advisory group for the analysis, processing and evaluation of different indicators, as well as in the modeling of processes (growth of broiler hens), experimental designs (in pigs), among others. At the same time, the incorporation of undergraduate students (Agricultural Technical Sciences and Veterinary Medicine) and postgraduate development of three Master's theses in Biomathematics (accredited as excellent) was achieved, associated with the conception of geographic information systems and decision-making systems. with friendly environments that allow analysis to search for optimal solutions. Challenges and perspectives are presented. It is concluded that University-Farm integration constitutes a path of strengthening and educational-economic-social-productive development and allows quantitative leaps that address the country's challenges.

**Palabras claves:** Modelación Matemática, Procesos Agrarios, Universidad-Empresa

**Keywords:** Mathematical Modeling, Agrarian Processes, University-Business

Recibido: 15 de febrero de 2023

Aceptado: 01 de marzo de 2023

**Conflicto de intereses:** Los autores de este trabajo declaran no tener conflictos de intereses.

**CONTRIBUCIÓN DE AUTORES:** Los autores participaron en el diseño y redacción del trabajo, además del análisis de los documentos.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## INTRODUCCIÓN

En las Ciencias Agropecuarias, la integración Universidad-Granja Productiva constituye una forma efectiva de contribuir a la formación de los profesionales, al beneficio de pertinencia de las investigaciones, a la capacitación y transferencia de conocimiento entre otros aspectos, que logran revertirse en el desarrollo sostenible de las Granjas y en el incremento de sus indicadores productivos, según criterios de *Martínez et al. (2019)*, entre otros.

Ante estos retos, la Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba, cuenta con el proyecto general: "Desarrollo del escenario tecnológico - científico - docente - productivo de la agricultura cubana en la Granja Universitaria Guayabal", donde *Nazco (2020)* expone en su artículo "Hacia el desarrollo sostenible en la Granja Guayabal, mediante la gestión del conocimiento", un grupo de resultados preliminares de este Proyecto de investigación. De esta forma la Granja Universitaria Guayabal, se convertiría en una granja productiva de mayor alcance.

A este abarcador proyecto, se suma el grupo de investigación de Biomatemática de la UNAH, quienes asumen los retos tecnológicos y científicos en el área de la Matemática e Informática aplicada. El presente trabajo tiene como objetivo mostrar las estrategias de investigación y el grupo acciones concebidas, encaminadas al fortalecimiento de la integración Universidad-Granja Universitaria productiva, que permita el accionamiento colectivo en búsqueda de soluciones óptimas.

## MÉTODOS UTILIZADOS

El desarrollo de la Matemática e Informática Aplicada a las Ciencias Agrarias ha estado presente por más de 40 años en la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), avalados y evidenciados por desarrollo de proyectos de investigación Nacionales e Internacionales (en países como Argentina, Bélgica, Brasil, Colombia, Ecuador, México y Venezuela), así como en el avance alcanzado al liderar por décadas líneas de investigación de la UNAH (Modelación Estadístico-Matemática de Procesos Agrarios y la de Agrofísica y Geoinformática aplicada a los procesos agropecuarios), hoy centradas en la línea denominada Matemática e Informática aplicada, también resultados asociados a la coordinación y desarrollo eficiente de un grupo de programas académicos como son: Diplomado en Geoinformática, Diplomado Superior para la Investigación Científica, Maestrías en Matemática Aplicada a las Ciencias Agropecuarias, Maestría en Biomatemática hoy en su tercera edición y acreditada por la Junta de Acreditación Nacional (*JAN, 2021*) como **PROGRAMA DE EXCELENCIA**, de igual forma se destacan efectos en la capacitación (durante décadas) en el área de Estadística Aplicada, Física de Suelos, Modelos de cultivos y otros aspectos, en profesionales agropecuarios que cursan

programas de Maestrías y doctorados que se desarrollan en la UNAH. Algunos de estos resultados (último quinquenio) han sido reportados por *Bravo et al. (2017)*, *Fernández et al. (2017, 2019)*, *Guerra et al. (2019)*; *Fernández et al. (2020)*, *del Pozo et al. (2021)* entre otros autores.

Hoy, toda esta experiencia acumulada y resultados alcanzados se enfocan en el escenario tecnológico - científico - docente - productivo de la Finca Universitaria Guayabal, quien reúne a este grupo de Matemáticos, Estadísticos, Físicos e Informáticos, dispuestos a asumir un conjunto de tareas en el área de la Matemática y la Informática Aplicada, que permitan elevar el desarrollo docente, científico e investigativo, productivo y que además vincula a estudiantes de pre y postgrado a este escenario productivo.

En una primera etapa de trabajo y de conjunto con la coordinadora general del proyecto, el Director General, la dirección de Ciencia y Técnica y de la Unidad docente de la granja Guayabal, se propone la integración del grupo de Ciencias Básica e informática a colectivos y especialistas, para que de forma vertical el mismo funja como grupo asesor para el análisis, procesamiento y evaluación de diferentes indicadores, la modelación de procesos, la concepción de sistemas de Información y de Información geográfica y sistemas para la toma de decisiones con ambientes amigables que permitan el análisis para la búsqueda de soluciones óptimas.

Esta etapa está dirigida a la caracterización de la granja, diagnóstico inicial, familiarización con las variables que son usualmente recopiladas para el cálculo de los indicadores productivos en la granja, diagnóstico de bases de datos existentes, identificación escenarios productivos que requieran de la modelación estadística-matemática de procesos y de sistemas informáticos, así como de la aplicación de la programación lineal (Ciencia de la administración) para la toma de decisiones y optimización de procesos, entre otros aspectos.

Paralelamente se realiza la captación de estudiantes de la facultad de Medicina Veterinaria y de la carrera de informática de la Facultad de Ciencias Técnicas, para el desarrollo de la investigación asociada a trabajos de cursos y de diploma. Se trabaja en el diseño y protocolo de investigación de tres tesis de Maestría en Biomatemática que responden a las líneas de modelación y Geo-informática.

## RESULTADOS

### Subproyecto "Las Ciencias Básicas e Informáticas, frente a los retos tecnológicos de la UNAH "

El subproyecto diseñado y aprobado "Las Ciencias Básicas e Informáticas, frente a los retos tecnológicos de la UNAH", constituye una forma de integración Universidad-

Granja docente Guayabal en el área de la Matemática e Informática aplicada, quienes de forma conjunta incorporan estrategias de investigación que permiten: el análisis, procesamiento y evaluación de diferentes indicadores, la modelación de procesos, la concepción de sistemas de Información geográfica y la toma de decisiones en búsqueda de soluciones óptima.

Estas estrategias accionan horizontalmente en los problemas actuales de la granja docente Guayabal y paralelamente en el desarrollo y fortalecimiento de procedimientos actuales y metodologías de trabajo que constituyen herramientas indispensables de las Ciencias Básicas e Informáticas para el desarrollo de investigaciones en el sector Agrario y muy en especial en las áreas docentes-productivas de la Universidad y su entorno social.

Se identifican y asumen tópicos de investigación asociados a la Modelación Estadístico- Matemática de procesos, y estudios de curvas de crecimiento en gallinas de ceba bajo condiciones de explotación comercial. Se cuenta con las bases de datos en el período 2010-2016, las que serán utilizadas para la caracterización de indicadores productivos, análisis de crecimiento, estimación de indicadores zootécnicos (búsqueda de óptimo de crecimiento y momento de máxima ganancia), entre otros aspectos.

### **Incorporación de estudiantes de pregrado y postgrado a la Granja Guayabal**

Paralelamente se trabajó en la incorporación de estudiantes de pregrado y postgrado, bajo la dirección y asesoramiento del equipo de trabajo. Nazco (2020), considera que la Granja docente Guayabal es un escenario productivo para complementar la preparación de los futuros profesionales de la UNAH, y que sin embargo, aprecia una escasa participación de los estudiantes, en tal sentido, y con un grupo de tareas a cumplir en el área de las Ciencias Básicas e Informáticas, se logró la formación de un grupo científico-estudiantil que cuenta con estudiantes procedentes de las carreras de Informática y Medicina Veterinaria de primero y cuarto año. De igual forma se vinculan investigaciones asociadas a tres tesis de Maestrías en Biomatemática.

Las tareas planificadas para el grupo científico estudiantil de pregrado incluyen: captación de bases de datos, estudios preliminares para digitalización de la información disponible y creación de las estructuras más convenientes de las bases de datos disponibles para su manejo óptimo y la creación de sistemas, así como estudio y empleo de procedimientos estadísticos y metodologías de trabajos, que contribuyan a trabajos de cursos y prácticas laborales, y que sea una vía de apoyo al proyecto general.

En el caso postgrado y la formación de Master, se diseñaron protocolos de investigación que responden a necesidades actuales de la granja en problemas de:

- Cuáles son los sistemas de información más convenientes (amigables, eficientes) para las diferentes bases de datos que permita su integración para el uso combinado con variables georeferenciadas y su inclusión en un Sistema de Información Geográfica
- Cómo mejorar la interfaz de los Sistemas de Información Geográfica para que sean accesibles por usuarios no expertos tanto para la introducción de la información de datos, como la posibilidad de calcular indicadores y realizar análisis de los resultados obtenidos para el establecimiento de estrategias de incremento de eficiencia y productividad
- Como lograr la optimización de procesos a partir de procedimientos asociados a la investigación de operaciones, teniendo en cuenta de volúmenes de información, restricciones y objetivos trazados

### **Retos y perspectivas**

Teniendo en consideración las estrategias y acciones del grupo de Biomatemática en este proyecto integrador se esperan alcanzar retos y perspectivas como son:

- Incorporar nuevos conocimiento, herramientas y metodologías estadísticos-matemáticas, con un enfoque multidisciplinario, para su utilización en la caracterización, descripción de indicadores productivos y toma de decisiones en el Programa de Desarrollo de la Granja Universitaria “El Guayabal.
- Obtener sistemas de información amigables y eficientes para las diferentes bases de datos que permita su integración para el uso combinado con variables georeferenciadas y su inclusión en un Sistema de Información Geográfica
- Confección de interfaces de los Sistemas de Información Geográfica para que sean accesibles por usuarios no expertos tanto para la introducción de la información de datos, como la posibilidad de calcular indicadores y realizar análisis de los resultados obtenidos para el establecimiento de estrategias de incremento de eficiencia y productividad
- Consolidar la actualización, cooperación, asesoría y transferencia de conocimiento entre especialistas de las Ciencias Básicas y específicas en diversos campos de la Matemática e Informática Aplicada en Procesos agrarios.
- Fortalecer la capacitación de recursos humanos en el área de la Matemática Aplicada, (pregrado, postgrado y personal de la Granja) e introducir en programas de pregrado y postgrado problemas y procedimientos Estadísticos. Matemáticos empleados en investigaciones del sector Agrario y presentes en la granja Guayabal.
- Lograr visibilidad y prestigio en el contexto Nacional e Internacional, de las Ciencias Básicas, y del programa de Desarrollo del escenario tecnológico - científico - docente - productivo de la Granja Universitaria Guayabal.

- Respalda e integrar un grupo de acciones, a partir del Proyecto "Desarrollo de Modelos Estadísticos-Matemáticos y herramientas de la Agricultura Inteligente, para su aplicación en la descripción y gestión de Procesos Agrarios", el cual fue seleccionado y aprobado en la Convocatoria 2023 del Programa de Ciencias Básicas y Naturales (PNCB). previsto para el período 2024-2026.

### CONCLUSIONES

- La integración Universidad-Granja productiva eleva la calidad de las investigaciones científicas y constituye una vía de fortalecimiento y desarrollo docente-económico-social-productivo.
- Las estrategias y acciones de investigación concebidas en el área de la Matemática e Informática Aplicada, permiten saltos cualitativos en los escenarios Universidad-Granja, a lograr mediante; la generación de nuevos conocimientos, el desarrollo en la formación profesional, las transformaciones favorables de realidades existente, y la formación de recursos humanos que hacen frente a los retos y perspectivas del país

### REFERENCIAS

Bravo, C; Marín, H; Marrero, P; Ruiz, M. E; Torres, B; Navarrette, H; Durazno, G., Changoluisa D. "Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonía Ecuatoriana". Bioagro. Vol 29(1): 23-36, 2017.

Del Pozo, J; Fernández, L; Abreu J. Y; Cabrera Y; Ley O; Pérez M; Alfonso P "Potencial de vigilancia sindrómica a partir de modelos ARIMA de nacimientos y mortalidad

de crías porcinas. Revista de Salud Animal. Vol 43(1), 2021.

Fernández, L; Guerra C. W; de Calzadilla J; Lim Chang N.U. "Desarrollo de la Modelación estadístico-matemática en las Ciencias Agrarias. Retos y Perspectivas. Revista Investigación Operacional Vol 38 (5), 462-467, 2017.

Fernández, L; Rangel, L; Guerra C W del Pozo J. "Modelación Estadístico-Matemática en Procesos Agrarios. Una aplicación en la Ingeniería Agrícola" Revista de Ciencias Técnicas Agropecuaria, vol.28 (2), ISSN 2071-00542019, 2019.

Fernández, L, del Pozo P P, Fernández L y Herrera, R. "Utilización de la metodología de superficie de respuesta para modelar los cambios en la productividad de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst". Revista de Pastos y Forrajes Vol. 43 (4), 284-292, 2020.

Guerra, W; Herrera, M; Fernández, L; Rodríguez, N. "Modelo de Regresión categórica para el análisis e interpretación de la potencia estadística", Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Vol 53 (1) pp 13-20, 2019.

Junta de Acreditación Nacional. Dictamen emitido el 28 de julio del 2021, votación unánime, en acuerdo No. 3 de la Sesión 46 de la JAN. 2021.

Martínez, G; Tanagra, L; Rosales, F.S., Bustos Gámez., M.M. "Proceso de gestión de la relación universidad-empresa en la Universidad Técnica «Luis Vargas Torres» MENDIVE Vol. 17(3), p.373-392, ISSN 1815-7696 RNPS 2057 (julio-septiembre). 2019.

Nazco, I "Hacia el desarrollo sostenible en la Granja Guayabal, mediante la gestión del conocimiento. Revista Gestión del conocimiento y desarrollo, vol 7(2).ISSN-e: 2702-8973, RNPS: 2360. 2020.