

Tipo de artículo: Artículo original

Herramientas matemáticas aplicadas a la ingeniería agropecuaria

Mathematical tools applied to agricultural engineering

Raquel Vera Velázquez ^{1*} , <https://orcid.org/0000-0002-5071-7523>

Kirenia Maldonado Zuñiga ² , <https://orcid.org/0000-0002-3764-5633>

Richard Cornejo ³ , <https://orcid.0000-0001-5450-8609>

Byron Daniel Sánchez Toala ⁴ , <https://orcid.0000-0003-3443-5830>

Juan Carlos Lagos Pazmiño ⁵ , <https://orcid.0000-0002-9201-4148>

¹ Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. Correo electrónico: vera-raquel@unesum.edu.ec

² Docente de la carrera en Ingeniería en Tecnologías de la Información. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. Correo electrónico: kirenia.maldonado@unesum.edu.ec

³ Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. Correo electrónico: richard.cornejo@unesum.edu.ec

⁴ Ingeniero Agropecuario. Estudiante maestría agropecuaria. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. Correo electrónico: bairon.sanchez@unesum.edu.ec

⁵ Docente carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa. Manabí. Ecuador. Correo electrónico: juan.lagos@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: gmail.raquelita2015vera@gmail.com

Resumen

La investigación se desarrolló en el primer período académico del año 2020 en la Universidad Estatal del sur de Manabí en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, teniendo en cuenta que para lograr la formación de Ingenieros Agropecuarios capaces de desplegar su actividad en la producción moderna se hace necesario organizar la preparación ininterrumpida de los estudiantes en el campo de las matemáticas. En las clases de Matemática I para esta carrera se evidencia insuficiente profesionalización de los contenidos de la disciplina con el objeto social y esferas de la profesión, es decir, es insuficiente el aprovechamiento de los procesos y fenómenos objeto de estudio de esta carrera para desarrollar, a través de ellos, los contenidos de las diferentes asignaturas de la Matemática, mostrar un grupo de ejemplos reales provenientes de diversas investigaciones, con el objetivo de exponer el uso de las herramientas matemáticas aplicadas en la elaboración de un sistema de ejercicios y problemas de Matemática I contextualizados a la carrera de Ingeniería, en función de favorecer la formación integral del ingeniero agropecuario. Además se destacan los problemas básicos fundamentales que se presentan en las ciencias agropecuarias, que pueden ser resueltos utilizando las herramientas de la Matemática aplicada y los software existentes de acuerdo a las complejidades del problema en cuestión. Por último, se mencionan algunos de los modelos que con más frecuencia se presentan en las diferentes disciplinas de las especialidades agropecuarias y el núcleo básico de las Matemáticas que puede ser aplicado en cada caso.

Palabras clave: herramientas matemáticas; agropecuaria; problemas; ciencias; modelos.

Abstract

The research was developed in the first academic period of 2020 at the State University of southern Manabí in the Agricultural Engineering career, taking into account that to achieve the training of Agricultural Engineers capable of deploying their activity



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

in modern production it is necessary organize uninterrupted preparation of students in the field of mathematics. In the Mathematics I classes for this career there is insufficient professionalization of the contents of the discipline with the social purpose and spheres of the profession, that is, the use of the processes and phenomena object of study of this career is insufficient to develop, through them, the contents of the different subjects of Mathematics, show a group of real examples from various investigations, with the aim of exposing the use of mathematical tools applied in the development of a system of exercises and problems of Mathematics I contextualized to the Engineering career, in order to favor the integral formation of the agricultural engineer. In addition, the fundamental basic problems that are presented in the agricultural sciences are highlighted, which can be solved using the tools of Applied Mathematics and existing software according to the complexities of the problem in question. Finally, some of the models that are most frequently presented in the different disciplines of agricultural specialties and the basic core of Mathematics that can be applied in each case are mentioned.

Keywords: *mathematical tools; agriculture; problems; science; models.*

Recibido: 16/11/2021
Aceptado: 28/03/2022

Introducción

Las Matemáticas son la base de la agricultura, se usan para medir el terreno que se va a sembrar, y para determinar cuánta semilla se necesita para sembrar. Su utilización permite saber cuánta agua se debe de poner en el terreno para regar, para contar cuantas plantas por hectárea hay en un plantío, para identificar cuánto fertilizante se debe de usar. Las Matemáticas se usan para medir el grado de madurez de una planta por medio del contenido de azúcar de la misma. Permite calcular cuántas personas se necesitan para cosechar, cuánto pesa la cosecha, cuántos camiones serán necesario para transportarla, y cuánto será el monto percibido por esa cosecha.

Se pretende estimular en la carrera de Ingeniería Agropecuaria una relación secular que ha existido entre estas dos disciplinas que como lo demuestra la historia, ha contribuido al progreso de ambas. Matemática y ciencias agropecuarias, una de las principales causas del progreso de la química en el siglo XX ha sido la provechosa relación que se estable con la matemática para la aplicación de nuevas teorías y la solución de los problemas prácticos que emerge la asignatura y el entorno.

En la actualidad a nivel mundial se ha incrementado la necesidad de introducir en las investigaciones los modelos y las herramientas estadístico-matemáticas de avanzada (Rodríguez, 2001). El uso e interpretación adecuada de estas técnicas permiten la toma de decisiones óptimas, la eficiencia y el logro de empeños superiores en las diferentes esferas y muy en especial en el sector agropecuario, cuya aplicación favorece el desarrollo de los sistemas productivos (Rodríguez y Bermúdez, 1995).



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)

El carácter integral de la solución de las tareas científicas y económicas actuales, así como la alta eficiencia de los especializados métodos utilizados para influir sobre los objetivos de trabajo, exigen una alta preparación del ingeniero, en particular, de la rama agropecuaria, que le permita emitir criterios en los procesos agrícolas, con altos niveles de fiabilidad.

El progresivo aumento de la población mundial, la necesidad creciente de garantizar la alimentación de ésta, así como los cambios climáticos han conllevado al desarrollo constante de la investigación agropecuaria. Ejemplo de ello resulta la transferencia de novedosas técnicas de análisis estadístico que son aplicadas en otras ramas de la ciencia, basadas en las propiedades físicas y químicas de los materiales hacia el campo de la ingeniería agropecuaria (Betancourt et al, 2010).

Para realizar estudios y proyecciones futuras sobre procesos agropecuarios, se hace imprescindible conocer ¿cómo lograr mayores niveles de eficacia en el proceso de toma de decisiones?; ¿qué métodos y técnicas estadístico-matemáticas permiten analizar datos con el fin de obtener conclusiones científicas y aplicarlas en la práctica? y ¿cómo fortalecer las investigaciones de los procesos agropecuarios utilizando la Matemática?

La Matemática en las ciencias agropecuarias permite brindar criterios y herramientas básicas para manejar e interpretar cada vez mejor la actividad agrícola y pecuaria, satisfacer las demandas de nuevas tecnologías para producir en mercados globales altamente competitivos resguardando los recursos naturales y tomar decisiones a mediano y largo plazo en condiciones similares de experimentación (Machado,2016).

En particular, las técnicas estadísticas representan una novedosa alternativa ya que estas permiten predecir el comportamiento de la calidad de los frutos durante su almacenamiento y exoneran a las agroindustrias de engorrosas tecnologías que en su mayoría son costosas y requieren de un gran tiempo para monitorear los cambios que los productos suelen sufrir durante su almacenamiento. En diversas investigaciones el ingeniero agrícola necesita analizar si un aditamento a una maquinaria aumenta o no su tiempo de servicio sin roturas, optimizar recursos, transportación, teniendo en cuenta limitaciones reales (Callejas, 2008).



Un investigador agropecuario requiere valorar la relación que existe entre la multiplicación de las bacterias y el tiempo, entre la desintegración proteica de una enzima y el sustrato aplicado, entre el rendimiento de un cultivo y la fertilización necesaria (Chávez, 2006).

El médico veterinario requiere evaluar una determinada enfermedad de acuerdo a las condiciones climáticas o del lugar donde se encuentren los animales. Analiza además las curvas de crecimiento de animales y de producción de leche, las curvas de respuesta a diferentes medicamentos (Quintero et al., 2010).

Luego, es importante que los especialistas de las ciencias agropecuarias comprendan con claridad como las herramientas matemáticas les permiten analizar un fenómeno o crear un modelo matemático nuevo para reflejar la realidad de su entorno, o sea, que pueden utilizar de manera aceptada y consciente las matemáticas en la solución de problemas agropecuarios utilizando además los software existentes de acuerdo a las complejidades de solución que se pueden presentar (Yepis, 1999).

Teniendo en cuenta estos elementos y las necesidades de un creciente desarrollo científico del país en la rama agropecuaria, en este trabajo se muestran un grupo de ejemplos reales provenientes de diversas investigaciones agrícolas, con el objetivo de exponer el uso de las herramientas matemáticas aplicadas en los mismos.

Teniendo en cuenta el análisis balizado, el objetivo del trabajo es exponer el uso de las herramientas matemáticas aplicadas en la elaboración de un sistema de ejercicios y problemas de la asignatura Matemática I, contextualizados a la carrera de Ingeniería, en función de favorecer la formación integral del ingeniero agropecuario.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, ubicada en el Campus Los Ángeles, vía Noboa Km 1 ½ s/n, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador, en la carrera de Ingeniería Agropecuaria con el fin de mostrar herramientas Matemáticas para elaborar un sistema de ejercicios y problemas de Matemática I contextualizados a la carrera, en función de favorecer la formación integral del ingeniero agropecuario, se utilizaron métodos de análisis y síntesis mediante la revisión bibliográfica de experiencias pedagógicas de avanzada, realizado en los estudios de cátedras, preparaciones metodológicas, revisión de artículos, investigaciones sobre el tema objeto de estudio y revisión de rediseños curriculares registrados en el modelo educativo de la universidad, entre disciplinas.



Se utilizaron materiales como, computadoras, proyectores de videos, hojas de trabajo, artículos científicos del tema objeto de estudio, ponencias y libros de textos. En la búsqueda bibliográfica realizada se pudo constatar que son varios los autores que han investigado el tema de la enseñanza de la Matemática en la Educación Superior entre los que se destacan: Utra Hernández, M. y Acosta González, R. (2001), Mazarío Triana, I. (2002), Ortega Díaz, R. (2002); Ruiz, D. M. (2004) Johnson, R. A y Wichern, D. W. (2005), González Dosil, M. C. (2006), Álvarez, V y I. Urrutia (2007); Escalona Reyes, M. (2011), Bravo Estévez, M. L. (2013), Chávez Esponda, D. (2013), Torres Rodríguez, G. de los A. y Anta Vega, J. M. (s/a); Machado, Solano María Isabel. (2016).

La Matemática está compuesta por un conjunto de herramientas muy útiles para diversos fines, que abarcan desde la Estadística, la Optimización de procesos, la Matemática Numérica y el uso de los elementos finitos. Las investigaciones científicas agropecuarias al igual que en otras ramas, requiere de conducir experimentos para verificar hipótesis de trabajo previamente establecidas. El desarrollo de estos experimentos lleva consigo la necesidad de controlar diversos efectos que influyen sobre el objeto que conduce al establecimiento y verificación de la hipótesis.

De forma general, el investigador trata de reproducir en condiciones controladas las características propias de la población, esto a su vez requiere no incurrir en errores de tipo experimental para lograr una calidad máxima en la investigación. La investigación debe ser eficiente, es decir, ajustada al tiempo, al personal disponible y a las posibilidades económicas, entre otros aspectos. Por otro lado, el trabajo experimental requiere de mucha dedicación, control y esmero.

Gran parte de los procesos de investigación generan un conjunto de datos de diferentes características, muchos de los cuales requieren de un análisis estadístico-matemático para sus resultados. De ahí la necesidad de comprender la naturaleza del proceso, íntimamente relacionado con el de la investigación y de conocer algunas de las herramientas de la Matemática Aplicada más usadas acordes al objetivo de la investigación.

Problemas básicos fundamentales en las ciencias agropecuarias donde se utilizan las herramientas de la Matemática. Existe una gran variedad de problemas donde se utilizan las herramientas matemáticas en estas ciencias. Para agruparlos y diferenciarlos se consideraron tres clases de problemas básicos fundamentales definidos por (Chávez, 2013):



- **Problemas de Optimización:** Aquí se enmarcan los problemas fundamentales de carácter agropecuario que puedan ser resueltos aplicando teoría de extremos, es decir, hallar el valor óptimo de una función que esté sujeta, o no, a ciertas restricciones.
- **Problemas Estadísticos:** Son aquellos problemas relacionados con las especialidades agropecuarias que se solucionan a través de métodos estadísticos descriptivos e inferenciales.
- **Problemas para obtener cálculos y relaciones entre magnitudes:** Son aquellos problemas agropecuarios los cuales se solucionan a partir de la modelación matemática utilizando como herramienta temas tales como: dependencia funcional entre magnitudes, derivadas, integrales y ecuaciones diferenciales.

El trabajo profesional en la esfera agropecuaria no está exento del desarrollo matemático alcanzado mundialmente, su aplicación a problemas biotecnológicos, la aplicación de técnicas de simulación, entre otros, así lo confirman. Para lograr la formación de especialistas agropecuarios capaces de desplegar su actividad en la producción moderna, se hace necesario organizar la preparación ininterrumpida de los mismos en el campo de las matemáticas, específicamente en la modelación matemática, presente en cada uno de los problemas que pueden presentarse en las investigaciones que realizan.

Resultados y discusión

La modelación entendida como el proceso mediante el cual un investigador construye un modelo que representa un objeto o sistema real, es una herramienta para resolver determinados problemas. Es por todo lo descrito anteriormente la importancia que tiene el uso de los modelos en la rama agropecuaria, para poder establecer relaciones entre variables, por ejemplo, relación entre la dosis de fertilización de un cultivo y su rendimiento, así como optimizar recursos en una tarea agrícola, relacionar los procesos químicos, físicos, mecánicos, biológicos y sociales que ocurren en los agrosistemas, reconociendo las especies y variedades de plantas y animales presentes, con preceptos de conservación y protección, utilizando modelos matemáticos con el auxilio de la computación como herramienta y con el apoyo de la bibliografía necesaria y disponible.

En esta investigación se analizan algunos de los modelos que con más frecuencia se utilizan en las diferentes disciplinas de las especialidades agropecuarias, refiriendo al núcleo básico matemático al que pertenecen:

Problemas de Optimización.



- El problema de encontrar valores óptimos de procesos, ha sido estudiado por diversas personalidades de ciencias disímiles. En el caso particular de la programación lineal, se basa en el estudio de modelos matemáticos concernientes a la asignación eficiente de los recursos limitados en las actividades conocidas, con el objetivo de satisfacer las metas deseadas (tal como maximizar beneficios o minimizar costos) y es aplicable este método a problemas de transporte, distribución de tierras y explotación de un parque de maquinarias.
- La solución de sistemas de ecuaciones lineales, es utilizada en el mundo entero para la optimización de procesos, simulación (Caña, 1992), cálculo de matrices de riesgo y determinación de factores de eficiencia, por lo que debe formar parte del arsenal de conocimientos de todo profesional vinculado a procesos tecnológicos.

Problemas Estadísticos

- La distribución normal en Estadística, se utiliza fundamentalmente para comparar poblaciones de plantas o animales, además sirve para calcular el tiempo promedio de utilización de una maquinaria agrícola, entre otras aplicaciones (Ruiz, 2004).
- Otras técnicas estadísticas muy usadas como las dócimas de hipótesis y el Análisis de Varianza permiten probar y decidir si una nueva tecnología aumenta la producción promedio; validar si un nuevo método de fabricación de piezas favorece una mayor duración de las mismas; planificar y explotar con eficiencia el parque de maquinarias y el uso de implementos agrícolas, así como, comparar varios tipos de suelo o diferentes labores de cultivo (Betancourt et al., 2010).
- En la ingeniería agrícola los métodos estadísticos multivariados permiten analizar varias variables así como la interrelación entre ellas (Johnson y Wichern, 2005). Un ejemplo de ello lo constituye el estudio de las propiedades físicas y organolépticas en los frutos, así como, la obtención de modelos de predicción de los mismos.

Problemas para obtener cálculos y relaciones entre magnitudes

- El cálculo del pH de los suelos conociendo la concentración de Hidronio conduce a la ecuación de una función de gran utilidad para el estudio de características de los suelos así como el proceso inverso.
- Otras funciones muy utilizadas son las curvas de respuesta, las cuales permiten establecer la relación entre el rendimiento de los cultivos y los nutrientes en una parcela de tierra.



- El cálculo de áreas de terrenos de forma irregular a partir de mediciones en el campo y el cálculo del índice de crecimiento de una planta utiliza herramientas del cálculo diferencial e integral.
- La derivación además puede ser utilizada para calcular la velocidad y aceleración de una cuchilla respecto al tiempo, en mecanismos de transmisión axial que dependen del desplazamiento, la velocidad y la aceleración del segmento con respecto al ángulo de giro de la manivela. (Ruiz, 2004).
- El cálculo del trabajo de una fuerza exterior aplicada estáticamente al desarrollarse las deformaciones en la tracción (compresión), se determina mediante una integral definida de una diferencial, con límites de integración desde cero hasta el valor definitivo del desplazamiento de los puntos de su aplicación (Stiopin, 1979).
- Un ejemplo del trazado de una curva y la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias de 1er orden y grado por el método de variables separables, puede verse al solucionar la Ecuación del Balance del calentamiento del motor en la regulación de fuentes energéticas y al trazar el gráfico de la temperatura respecto al tiempo (Jiménez, 1997).
- Otro ejemplo de ecuaciones diferenciales y su solución se presenta cuando se resuelve la Ecuación Diferencial Aproximada de la Línea Elástica de la Viga, pues permite establecer la relación entre el peso a levantar por una Máquina de Izaje y el material para soportar dicho peso, también permite conocer las modificaciones y reparaciones para soportes de los órganos de trabajo, entre otras aplicaciones (Jiménez, 1997).
- El investigador en su quehacer realiza mediciones y observaciones que le permiten coleccionar un conjunto de datos que reflejan el comportamiento de un determinado fenómeno. Para realizar un estudio eficiente del mismo es necesario contar con el modelo matemático que lo representa, existen diferentes formas de encontrar este modelo una de las más usadas en la actividad ingenieril lo constituye los polinomios de interpolación de Lagrange y de Newton los cuales permiten hacer aproximaciones veraces en dicha actividad. El uso de estos polinomios facilita el proceso de las interpretaciones de los fenómenos (Álvarez et al., 2007).
- La solución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales por los métodos de los elementos finitos resulta aplicable en: Búsqueda de modos de vibración apropiados para la cosecha selectiva del café, Diseño de celda de carga para pesa electrónica de monorail, Estudio de Tensiones y Deformaciones dirigido al Diseño de Celdas de Carga (Martínez, 2006).



El desarrollo alcanzado por la informática ha facilitado los medios de cómputo existiendo un conjunto de programas matemáticos para darle solución a esta problemática. En la solución de cada uno de estos ejemplos, son utilizados diferentes programas matemáticos, tal es el caso de DERIVE 6.0, MN (Métodos Numéricos), QMWIN, ANSYS, MATHEMATICA (Álvarez y Urrutia, 2007). STATGRAPHICS Y SPSS.

Conclusiones

Se mostraron un grupo de ejemplos reales provenientes de diversas investigaciones sobre ciencias agropecuarias y el uso de las herramientas matemáticas aplicadas y software específicos para la solución de los mismos. Se enunciaron los problemas básicos fundamentales que se presentan en las ciencias agropecuarias, donde se utilizan las herramientas matemáticas y los modelos que con más frecuencia son necesarios en las diferentes disciplinas de las mismas. Se enunciaron los principios de la modelación matemática y programas matemáticos, donde se utilizan herramientas matemáticas para resolver problemas vinculados a las ciencias agropecuarias.

Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga
2. Curación de datos: Richard Cornejo, Byron Daniel Sánchez Toala, Juan Carlos Lagos Pazmiño
3. Análisis formal: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga, Richard Cornejo
4. Adquisición de fondos: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga, Richard Cornejo
5. Investigación: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga
6. Metodología: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga
7. Administración del proyecto: Raquel Vera Velázquez
8. Recursos: Richard Cornejo, Byron Daniel Sánchez Toala, Juan Carlos Lagos Pazmiño
9. Software: Richard Cornejo, Byron Daniel Sánchez Toala, Juan Carlos Lagos Pazmiño
10. Supervisión: Raquel Vera Velázquez
11. Validación: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga, Richard Cornejo



12. Visualización: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga, Richard Cornejo
13. Redacción – borrador original: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga, Richard Cornejo, Byron Daniel Sánchez Toala, Juan Carlos Lagos Pazmiño
14. Redacción – revisión y edición: Raquel Vera Velázquez, Kirenia Maldonado Zuñiga, Richard Cornejo, Byron Daniel Sánchez Toala, Juan Carlos Lagos Pazmiño

Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

Referencias

- Álvarez, V y I. Urrutia (2007). Una experiencia en la utilización de la matemática como complemento en la enseñanza del Análisis Matemático". En: III Taller Internacional: "La enseñanza de la Matemática y la Computación en la Educación Superior". Universidad de La Habana. Cuba, 2000.
- Betancourt, Y; I. Rodríguez y E. Pineda (2010). Las propiedades químicas del suelo para definir la zona de aplicación del laboreo localizado en los suelos arcillosos pesados, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 46- 48, 2010.
- Callejas, J. C. (2008). Modelo de formación profesional de la carrera Ingeniería Agrícola de la universidad de Ciego de Ávila dirigido al desarrollo de habilidades en la solución de problemas profesionales utilizando las Competencias en las Unidades Básicas de Producción, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas), Granada, España, 2008.
- Caña, R. (1992). Análisis de simulación en el planteamiento de modelos para la resolución de problemas agrícolas, *RCIA*, vol. 19(1-2), Chile. 1992.
- Chávez Esponda, D. [et al]. (2013). La Matemática: una herramienta aplicable a la Ingeniería Agrícola en *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* vol.22 no.3 San José de las Lajas set. 2013.
- Jiménez, M. (1997). Ecuaciones Diferenciales en la Mecanización Agropecuaria. Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias Pedagógicas), Universidad Agraria de La Habana, 1997.
- Johnson, R. A Y Wichern, D. W. (2005). *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 270pp., Pearson Education International. ISBN: 0-13-121973-1, USA, 2005.



- Machado, Solano María Isabel. (2016). Sistema de ejercicios y problemas de Matemática para la carrera de Ingeniería Agrónoma. ISSN 2074-0735/RNPS 2090. Revista científico Roca - educacional de la provincia Granma. . Universidad de Granma. Cuba <https://revistas.udg.co.cu/index.php/roca/article/view/1419>
- Martínez, A. (2006). Búsqueda de modos de vibración apropiados para la cosecha selectiva del café. En: XII Congreso de Maquinaria y Mecanización Agrícola AGROMECA .2006. Convención METÁNICA .2006. Oct. 2006. ISSN – 1607-6281, La Habana, Cuba. 2006.
- Ortega, D. R. A. (2002). Perfeccionamiento de la enseñanza de la Matemática en la carrera de Agronomía, Tesis (en opción al título de Master en Ciencias Pedagógicas), UCLV, Santa Clara, Cuba, 2002.
- Quintero, A. B; W.C. Guerra; L. Fernández y J. De Calzadilla (2010). Diagnóstico del sistema de producción-comercialización del ganado caprino-ovino en el departamento de La Guajira, Colombia. Aplicación del Escalamiento Óptimo. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19(2): 48-53, 2010.
- Rodríguez, E. C. (2001). La superación del profesor de Matemática en la Universidad de hoy, una experiencia cubana, COMAT'01, Matanzas, Cuba, 2001.
- Rodríguez, L.F y T. Bermúdez (1995). Usos y aplicaciones de la simulación en la investigación agropecuaria Agronomía Colombiana, XII (1): 198-204, 1995.
- Ruiz, D. M. (2004). Manual de Estadística, 300pp., Editorial Eumed.net, ISBN: 84-688-6153-7, La Habana, Cuba, 2004.
- Stiopin, P.A. (1979). Resistencia de materiales, Ed. MIR Moscú, URSS, 1979.
<https://www.worldcat.org/title/resistencia-de-materiales/oclc/630182846/editions?referer=di&editionsView=true>
- Yepis, V. O. (1999). El perfeccionamiento del trabajo interdisciplinario por año como herramienta básica para la formación integral del profesional universitario, En: Conferencia Internacional de Ciencias de la Educación, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba, diciembre 1999.
- Utra Hernández, M., Acosta González, R. (2001). La Programación Lineal en la Formación de Ingenieros Agrónomos en la Universidad Cubana. Pedagogía Universitaria 2001 Vol. 6 No. 2.
- Bravo Estévez, M. L. [et al]. (2013). Resultados de un proyecto investigativo en Matemática para ingeniería. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. I CEMACYC, República Dominicana, 2013.
- Mazarío Triana, I. (2002). La resolución de problemas en la Matemática I y II de la carrera de Agronomía. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad de Matanzas.

