

La Matemática: una herramienta aplicable a la Ingeniería Agrícola

Mathematics: a tool applicable to Agricultural Engineering

Dr.C. Dunia Chávez Esponda, M.Sc. Yolanda Sabín Rendón, M.Sc. Vilma Toledo Dieppa, M.Sc. Yolanda Jiménez Álvarez
Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Matemáticas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba,

RESUMEN. En el presente 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. 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 softwares 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, Ingeniería Agrícola.

ABSTRACT. In this paper we show a group of real examples from various agricultural research, with the goal of exposing the use of mathematical tools applied to them. Also highlights the fundamental basic problems that arise in the agricultural sciences, which can be solved using the tools of Applied Mathematics and existing software according to the complexities of the problem at hand. Finally, are some of the models that most often occur in the various disciplines of agricultural specialties and the basic core of mathematics that can be applied in each case.

Keywords: Mathematical tools, Agricultural Engineering.

INTRODUCCIÓN

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 agrario, cuya aplicación favorece el desarrollo de los sistemas productivos (Rodríguez y Bermúdez, 1995).

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 especialista, en particular, de la rama agropecuaria, que le permita emitir criterios en los procesos agrícolas, con altos niveles de fiabilidad.

Por otra parte, 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 agrícola. 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 agrícola (Betancourt *et al*, 2009).

Para realizar estudios y proyecciones futuras sobre procesos agrícolas, 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 Aplicada?

La Matemática Aplicada en las ciencias agropecuarias permiten brindar criterios y herramientas básicas para manejar e interpretar cada vez mejor la actividad agrícola, 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 (Ortega, 2000).

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 agrónomo 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.

DESARROLLO

La Matemática Aplicada 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 Aplicada

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 (2006):

1. 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.
2. Problemas Estadísticos: Son aquellos problemas relacionados con las especialidades agropecuarias que se solucionan a través de métodos estadísticos descriptivos e inferenciales.
3. 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.

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.

Analicemos 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 ó 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 (Betancourt *et al.*, 2008); 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.*, 2009 y 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 (Jiménez, 1997).
- 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 (Martínez, 2006), Diseño de celda de carga para pesa electrónica de monorail (Martínez, 2004), 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, 2000). STATGRAPHICS Y SPSS.

CONCLUSIONES

- Se mostraron un grupo de ejemplos reales provenientes de diversas investigaciones agrícolas 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ÁLVAREZ, M. B; W. GUERRA y A. LAU: *Matemática Numérica*, 250pp., Editorial “Félix Varela”, Volumen II, La Habana, Cuba, 2007.
2. ALVAREZ, V y I. URRUTIA: 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.
3. BETANCOURT, Y. R; R. GARCÍA; D. LÓPEZ; P. CABRERA y O. RODRÍGUEZ.: “Efectos de la tecnología de preparación de suelos pesados sobre la brotación de malezas en caña de azúcar”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(2): 78-81, 2008.
4. BETANCOURT, Y; I. RODRÍGUEZ y E. PINEDA: “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, 2009.
5. BETANCOURT, Y; L. HERRERA y A. GARCÍA DE LA FIGAL.: “Las propiedades biológicas del suelo e influencia de enfermedades para definir la zona de aplicación del laboreo localizado en los suelos arcillosos pesados”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2): 54-58, 2010.
6. CALLEJAS, J. C.: *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.
7. CAÑA, R.: “Análisis de simulación en el planteamiento de modelos para la resolución de problemas agrícolas”, Chile, *RClA*, vol. 19(1-2), 1992.
8. CHÁVEZ, D.: “Importancia de la enseñanza de las matemáticas en las carreras agropecuarias”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(Esp.): 78-81, 2006.
9. JIMÉNEZ, M.:”**Ecuaciones Diferenciales en la Mecanización Agropecuaria**”. **Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias Pedagógicas)**, Universidad Agraria de La Habana, 1997.
10. JOHNSON, R. A Y WICHERN, D. W.: *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 270pp., Pearson Education International. ISBN: 0-13-121973-1, USA, 2005.
11. MARTINEZ, A.: 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.
12. MARTINEZ, A.: Diseño de celda de carga para pesa electrónica de monorail. En: **I Conferencia Científica de Ingeniería Agrícola de La Habana AgrIng’2004**. ISBN 959-16-0266-6, La Habana, Cuba, 2004.
13. MARTINEZ, A.: Estudio de Tensiones y Deformaciones dirigido al Diseño de Celdas de Carga, En: **II Conferencia Científica de Ingeniería Agrícola de La Habana AgrIng’2006**. ISBN 959-16-1414-3,, La Habana, Cuba, 2006.
14. ORTEGA, D. R. A.: *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, 2000.
15. QUINTERO, A. B; W.C. GUERRA; L. FERNÁNDEZ y J. DE CALZADILLA: “**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.
16. RODRÍGUEZ, E. C.: La superación del profesor de Matemática en la Universidad de hoy, una experiencia cubana, COMAT’01, Matanzas, Cuba, 2001.
17. RODRÍGUEZ, L.F; T. BERMÚDEZ: “Usos y aplicaciones de la simulación en la investigación agropecuaria” *Agronomía Colombiana*, XII(1): 198-204, 1995.
18. RUIZ, D. M.: *Manual de Estadística*, 300pp., Editorial Eumed.net, ISBN: 84-688-6153-7, La Habana, Cuba, 2004.
19. STIOPIN, P.A.: *Resistencia de materiales*, Ed. MIR Moscú, URSS, 1979.
20. YEPIS, V. O: 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, diciembre, Camagüey, Cuba, 1999.

Recibido: 19 de septiembre de 2012

Aprobado: 14 de junio de 2013.

Dunia Chávez Esponda, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Matemáticas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, Correo electrónico: dunia@isich.edu.cu.