

## La Programación Lineal en la Formación de Ingenieros Agrónomos en la Universidad Cubana

María Utra Hernández<sup>1</sup>

Rogelio Acosta González<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Licenciada en Economía de la Industria (1984), Master en Ciencias de la Educación (1997), Vicerrectora docente, Profesora Asistente, Centro Universitario de Las Tunas.

<sup>2</sup> Licenciado en Matemática (1980),

Profesor Asistente del Departamento de Ciencias Básicas, Centro Universitario de Las Tunas.

[mutra@ictcu.ltunas.inf.cu](mailto:mutra@ictcu.ltunas.inf.cu)

### RESUMEN

Se discute el papel y lugar de la formación matemática del ingeniero agrónomo en los últimos 25 años en el contexto de la Universidad Cubana, y se exponen algunas de las razones que impidieron la presencia de la Programación Lineal en los planes de estudio A y B.

La Educación Superior Agropecuaria se inició en Cuba en la Universidad de La Habana en el año 1907. Desde ese entonces, y hasta 1958, los cambios en los planes de estudio de estos profesionales se correspondieron con los patrones de tenencia de la tierra —la mayor parte de ella en manos de compañías extranjeras y de terratenientes nacionales—, y con las características asociadas con la estructura de cultivos que predominó en esa etapa; los que básicamente estuvieron relacionados con la reagrupación y aparición de nuevas asignaturas.

En **1960** se crea la Comisión Universitaria para la organización de la colaboración de las actividades de las universidades que existían en ese momento y que, entre otras tareas, tenía la de perfeccionar la enseñanza y la preparación para la **Reforma Universitaria**.

En Enero de **1962** se proclama dicha Reforma. A partir de esta etapa se plantean nuevas concepciones: **enseñanza activa** en lugar de verbalismo y memorismo, **evaluación racional** del trabajo docente en sustitución de los exámenes tradicionales, así como la obligatoriedad de promover y desarrollar la **investigación científica**, en lugar de la enseñanza únicamente teórica. Los programas en esta etapa presentan una fuerte **tendencia conductista**, con gran fraccionamiento de los contenidos y **no** aparecen los **objetivos**.

Se realiza un trabajo estrechamente coordinado entre el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) y el Ministerio de Educación para impulsar la formación de especialistas de nivel superior para la agricultura. Se elaboraron los **planes de estudio transitorios**, con carácter estatal (Resolución Ministerial 825/75), que se aplicaron **hasta 1976**. Es de destacar la aparición de los objetivos, pero de forma fraccionada, al igual que los contenidos.

0\* En el **curso 77-78** se comenzó a aplicar el denominado **Plan de Estudio "A"**, sin dudas mejor que los anteriores y en el que las asignaturas del ciclo básico ocupaban el 30% del fondo de tiempo total.

- 1\* A partir del **curso 82-83** se introdujo el **Plan "B"**, que resultó un paso de avance en el perfeccionamiento de la Educación Superior y, en particular, para la formación de Ingenieros Agrónomos.

En ambos planes de estudio, así como en los que le antecedieron, aún no se lograba dar respuesta a los profesionales que demandaba la sociedad. Se inicia entonces, la elaboración de los Planes y Programas de Estudio "**C**", creados por las Comisiones Nacionales de Carrera, que se encargaron de elaborar los planes y someterlos a la consideración de todos los Centros de Educación Superior y organismos vinculados de una u otra forma a la formación y utilización de estos profesionales. En ellos se precisa con mayor claridad cómo debía formarse el profesional que se requiere, aspecto que aparece recogido en el Documento Base para la elaboración de los Planes de Estudio "**C**", donde se plantea:

*"... la necesidad de una sólida formación teórica, de un sólido nivel cultural y la capacidad de aplicar con espíritu creador esas ideas..."*. (1)

Esto es, formar un profesional de perfil amplio, que se caracterice por tener un dominio profundo de la formación básica y que sea capaz de resolver, de manera independiente y creadora, los problemas más generales y frecuentes que se le presenten en su vida profesional.

Algunas de las tendencias en el diseño de los nuevos currículos son:

1. **Papel rector de los objetivos**
2. **Sistematicidad**
3. **Incremento de las habilidades profesionales**
4. **Perfil amplio**

Una vez establecido el marco de referencia anterior, pasamos a ocuparnos de lo que constituye el propósito fundamental de este trabajo, referido al papel y lugar de la formación matemática de este profesional, haciendo énfasis en lo relativo a la Programación Lineal.

Se ha dicho, y es cierto, que la Matemática contribuye decisivamente en la formación de muchas habilidades lógicas y, por lo tanto, tiene una incidencia grande en el desarrollo y consolidación de habilidades generales que es deseable posea cada profesional que egresa de nuestras aulas, entre ellos el Agrónomo.

Pero la anterior no es la causa inmediata. Si así fuera, habría que dar Matemática al que estudia Lengua Inglesa, por ejemplo, entre otros que no la reciben. La clave del asunto está en que la Matemática que recibe el Agrónomo tributa, a veces con un peso específico muy alto, a otras disciplinas de su plan de estudios cuya presencia es incuestionable. Pensemos, por ejemplo, en Física y su incidencia en áreas como la Mecanización, Riego y Drenaje, Ciencias del Suelo, etc.

El asunto, a nuestro modo de ver, se enuncia en estos términos:

***¿Qué instrumental Matemático se requiere para el desarrollo de esta carrera?***

Esta cuestión puede ser expresada en otros términos:

***¿Qué razones provocan la presencia de unos u otros contenidos?***

En relación con esta última interrogante cabe considerar una, en particular, que considero esencial por su incidencia en todos los análisis posteriores:

***¿Por qué la Programación Lineal no estuvo presente en ninguna de las versiones anteriores de Planes de Estudio para esta carrera?***

Es probable que no pueda darse una respuesta definitiva y concluyente a cada una, pues hacerlo sería desconocer una realidad cambiante y multifacética y, en consecuencia, se estaría negando la posibilidad, muy alta por cierto, del surgimiento o planteamiento en ella de “nuevos” problemas, o de soluciones nuevas o mejores a problemas “viejos”.

Lo que sí puede hacerse, y haremos, es exponer aquellas consideraciones que a nuestro juicio deben formar parte de toda respuesta que se les dé en los momentos actuales.

En las versiones anteriores al actual Plan “C”, entiéndanse, en particular, los llamados Planes “A” y “B” vigentes en los períodos 1976–1982 y 1982–1988, respectivamente, y utilizando la terminología que hoy nos parece tan natural, la Disciplina Matemática para Agronomía incluía resultados sobre temáticas tales como:

***2\* Cálculo Diferencial para funciones reales de una y varias variables reales.***

***3\* Cálculo Integral para funciones reales de una y varias variables reales.***

***4\* Ecuaciones Diferenciales.***

***5\* Álgebra Lineal (Matrices y Sistemas de Ecuaciones Lineales).***

A estos contenidos, todos los cuales forman parte de la actual Disciplina, habría que agregar los que se trataban en la antigua asignatura Matemática Superior III, donde se desarrollaban materias relacionadas con la aplicación de los métodos de la Estadística (en particular, Bioestadística), las que actualmente forman parte de la Disciplina Biometría, que incluye las asignaturas Bioestadística y Experimentación Agrícola, y que se desarrolla en semestres posteriores a los de impartición de la disciplina Matemática. Como es lógico, hay un tributo directo de la Matemática a esta disciplina.

Hablando en sentido general, es un hecho que algunos programas de asignaturas, no sólo de Matemáticas, tenían una “sospechosa” similitud con los índices de contenidos de ciertos libros de texto.

Por otro lado, a veces el conservadurismo dictaba la presencia en las asignaturas de contenidos cuando las razones que un día determinaron su inclusión habían desaparecido, a la vez que se omitía o demoraba la entrada al currículo de materias que habían pasado a merecer un lugar dentro de él.

Así mismo, y relacionado con lo ya expuesto, no se descarta que las preferencias particulares de determinado especialista contribuyeran a una u otra concepción de un programa específico. Podríamos preguntarnos entonces:

***¿Razones como las apuntadas estuvieron presentes en la elaboración de los Planes de estudio “A” y “B”?***

No lo sabemos. Sí podemos presentar argumentos que justifiquen la presencia en ellos de los contenidos que los conformaban.

En ese sentido, se puede comenzar anotando como un hecho incuestionable que algunas de las aplicaciones más importantes de la Matemática se reducen, a fin de cuentas, a la llamada **optimización**, es decir, al proceso de determinación de los valores **máximos** (mayores) o **mínimos** (menores) y a veces ambos, de ciertas funciones sujetas a restricciones de diversa índole, asociadas con problemas de disponibilidad limitada de recursos. Estas funciones surgen y caracterizan cuantitativamente los procesos y fenómenos que tienen lugar en el área objeto de la aplicación, como puede ser, en particular, la Agronomía. Para el caso de obtenerse funciones derivables que alcanzan sus extremos en puntos interiores, el mejor instrumento es, como ha sido desde los tiempos de Newton y Leibniz, la **derivada**.

A propósito, parece que ese papel para la derivada perdurará siempre que haya cantidades que crezcan o decrezcan, en fin, cantidades que cambian sus valores, lo que es sinónimo de movimiento.

Digamos, por ejemplo, que cuando vemos la forma trapezoidal del perfil o sección transversal de un canal de riego, deberíamos ver también lo que no siempre vemos: el sencillo pero importante problema de optimización cuya solución asegura que esa es la forma geométrica óptima por permitir, con los mismos recursos destinados para el recubrimiento de las paredes y el fondo del canal, una mayor área para tal sección transversal.

Como es conocido, el problema en cuestión se resuelve por aplicación de las técnicas correspondientes de análisis de extremos, por medio de derivadas, que brinda el Cálculo Diferencial para funciones reales de una variable real. Muchos ejemplos como este podrían citarse.

Estos métodos de optimización, llamados clásicos precisamente por utilizar los métodos clásicos del Cálculo Diferencial, se generalizan para el caso de optimizar procesos que se expresan a través de funciones reales de varias variables reales, y encuentran múltiples aplicaciones dentro de los campos de acción del Agrónomo, en ocasiones directamente como en el ejemplo aducido, y otras veces indirectamente, por ser ellos el fundamento de otras herramientas matemáticas.

Esta es, por ejemplo, la situación que se da al considerar el problema de determinación de una expresión analítica para una función empírica, definida por datos de experimentos, que requiere del empleo de técnicas de ajuste de curvas. Tales funciones empíricas aparecen con mucha frecuencia en investigaciones y trabajos relacionados con la producción agropecuaria.

Así, esta necesidad de aplicar los métodos de optimización, de forma directa o indirectamente, determina la inclusión en la disciplina Matemática de aquellas temáticas que preceden a la derivada, como son las funciones y sus límites, y la continuidad, aspecto este último que asegura, bajo ciertas condiciones, la existencia de valores óptimos, para los que la derivada es, como ya se anotó, el mejor instrumento de búsqueda.

En los argumentos anteriores se atiende a dos tipos de lógica. La fundamental es la de la carrera: se presentan métodos matemáticos porque encuentran aplicación dentro de ella. La otra es la de la Matemática, que está subordinada a la de la carrera en lo que respecta a

presentar precisamente aquellas de sus temáticas que encuentran aplicación en la Agronomía, pero que una vez definido eso, tiene que respetar su lógica interna, en el sentido de que no se puede hacer optimización, por ejemplo, sin derivadas, ni derivadas sin límites, ni éstos sin funciones, y así sucesivamente. Tal situación es una característica esencial de la disciplina Matemática para carreras no matemáticas.

Atendiendo a esto último es erróneo pretender, como a veces se hace, articular y buscarle una salida a cada resultado que se presenta en la Matemática con un campo de acción específico de la Agronomía. Lo que sí debe hacerse, por supuesto, es no perder de vista que es Matemática para agrónomos y no otra cosa, y bajo esta consideración, entonces estructurar el proceso docente.

Aquí conviene hacer dos observaciones sobre la **optimización**. Una es que para optimizar hay que **modelar**. La segunda, muy relacionada con la anterior, es que la Matemática aporta mucho más que métodos para optimizar.

Así, por ejemplo, la presencia ya mencionada de la Física en el plan de estudios de Agronomía puede servir para justificar, por sí misma, más allá de algún otro argumento, todo ese instrumental matemático: Derivadas, Integrales, Ecuaciones Diferenciales y Algebra Lineal, ¡**Todos!** podrían tener una explicación dentro de la Matemática para Agrónomos en términos de esta Disciplina. Como es conocido, es alto el componente Físico en Ciencias del Suelo, Agrometeorología, Mecanización, Riego y Drenaje, ....**¿Quién podría explicar la Física sin la Matemática?**

Los Sistemas de Ecuaciones Lineales han estado presentes dentro de la disciplina Matemática para Agronomía en todas las versiones anteriores de planes de estudio, junto con la Física. Ellos encuentran aplicación en el estudio de la corriente en los circuitos eléctricos, en lo que se refiere a las principales leyes que los gobiernan: nos estamos refiriendo, por supuesto, a las conocidas leyes de Kirchoff, que encuentran una formulación o expresión matemática en términos de SEL determinados.

La ya mencionada aplicación de la derivada a problemas de optimización exige, en algunos de ellos, la consideración y resolución de sistemas de este tipo, como consecuencia de la aplicación de las condiciones necesarias para la existencia de extremos para el caso de funciones de dos o más variables, tanto en problemas de óptimo condicionado, como en los de extremos libres. En particular, las fórmulas que dan los valores de los coeficientes en los ajustes a funciones polinomiales provienen de la solución del correspondiente sistema de ecuaciones lineales.

La Programación Lineal es una rama de la Matemática que proporciona los métodos para:

1. Determinar el valor óptimo de una **función lineal** de  **$n$**  variables, cuando éstas satisfacen un conjunto de restricciones definido por un **sistema de igualdades y/o desigualdades lineales**, donde cada desigualdad o igualdad involucra todas o algunas de estas variables.
2. A su vez permite, mediante un proceso de **modelación**, la expresión o reducción de ciertos tipos de problemas extramatemáticos, precisamente al problema matemático general que se describe en 1.

Lo que se plantea en relación con la Programación Lineal en esos dos puntos es clave para reiterar la pregunta:

**6\* *¿Por qué la Programación Lineal no estaba incluida en los Planes de Estudio anteriores al C?***

Y formular una nueva interrogante:

**7\* *¿Es que acaso surgieron en los años 80 problemas nuevos en los campos de acción del Agrónomo?***

En realidad podría contestarse que lo que surgieron fue soluciones, y más que eso, las posibilidades de hallarlas, a problemas "viejos". De hecho, podemos plantear que en los campos de acción del agrónomo existen y existieron desde hace muchos años problemas que califican como los que se caracterizaron en el punto 2. Como ejemplos de tales problemas "no nuevos" están, entre otros:

**8\* *Obtención de la combinación del parque de tractores y máquinas agrícolas que haga mínimo el consumo de combustible para el cumplimiento de una tarea específica.***

**9\* *Problemas de obtención de las dosificaciones más eficientes en el suministro de fertilizantes minerales para devolver o preservar ciertas características físico-químicas de determinado suelo.***

Siendo éstos, como son, problemas que tienen una expresión matemática en términos de la determinación del óptimo de una función lineal de  $n$  variables, sujetas a un sistema de desigualdades y/o igualdades lineales, se puede concluir que la razón de la no presencia de la Programación Lineal no se puede buscar en la ausencia, en los campos de acción del agrónomo, de problemas que la requirieran, pues los anotados muestran que sí los había.

Sencillamente, podría contestarse que el **Método Simplex** "entró" tarde al currículo. La Programación Lineal es una rama de la Matemática muy joven, quizás de las más jóvenes entre las que forman parte de los planes y programas de estudios de Matemática para carreras no Matemáticas, como es la Agronomía.

La primera referencia documentada de la consideración o planteamiento del problema general de la Programación Lineal data del año 1939, por parte del matemático soviético (ruso) Kantoróvich, aunque no es hasta el año 1947 que el norteamericano Dantzig presenta el primer método de solución. Como ha ocurrido en muchas ocasiones anteriores con otras disciplinas científicas, la Programación Lineal estuvo limitada en sus inicios a la solución de determinados tipos de problemas (de planificación de acciones combativas, de transporte, etc) y sólo con el decursar del tiempo y los éxitos que iba obteniendo, se fue ampliando el espectro de sus aplicaciones a nuevas ramas, entre ellas la Agronomía y sus campos de acción.

Ciertamente, ya antes de los Planes de Estudio C podría haberse introducido (quizás en el plan B), pero hay otro argumento de mucho peso relacionado con esta problemática que presentamos seguidamente.

Sucede que el Método Simplex y sus múltiples y mejoradas versiones —son los algoritmos

que permiten encontrar la solución de un Problema de Programación Lineal— requieren de un volumen de cálculo que quita toda posibilidad de usarlos sin técnica de cómputo. Por eso, el limitado parque y difusión de computadoras, que caracterizaron el panorama de las universidades en el país en las décadas del 60 y 70, no hacían viable la introducción de una temática que forzosamente tenía que utilizarlas, a lo que hay que agregar que la computación era una disciplina que en ese entonces era monopolio de unos pocos, en virtud de las limitaciones de hardware y software imperantes.

La revolución de las microcomputadoras y su introducción al sistema de la Educación Superior a mediados de los años 80, puede haber sido una de las razones más importantes, si no la más importante, para la inclusión de la Programación Lineal en el actual programa. Esto pudiera parecerlo, pero no es una especulación, ya que se sustenta en las propias indicaciones que forman parte del programa de la disciplina para su implementación: el uso de paquetes de programas para la solución de problemas de Programación Lineal.

De este modo, se han presentado los momentos más significativos referidos al papel y lugar de la Matemática, particularmente aquellos referidos a la Programación Lineal, en el currículo del Ingeniero Agrónomo.

#### CITAS.

- (1) MES. Documento base para la elaboración de los Planes de Estudio C.

#### BIBLIOGRAFÍA.

1. Acosta G., Rogelio; Utra H., María. Sistemas de Ecuaciones Lineales y Matrices. Monografía. CULT.1993.
2. Alvarez, Omar. Algunos factores que influyen en el aprendizaje de la matemática. Volumen 1 de la Revista del CEES “Manuel F. Gran”, Santiago de Cuba. 1996.
1. Alvarez, Carlos. La universidad como institución social. Monografía. CEES. 1994.
1. Cedeño, Belisario. Propuesta de diseño curricular para el ingeniero agrónomo de montaña. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias de la Educación. Santiago de Cuba, 1996.
1. FAO. Formación del profesional para el desarrollo agropecuario sustentable, con equidad y competitividad en el marco del neoliberalismo económico. Informe a la mesa redonda de Asunción, Paraguay. Agosto, 1993.
1. Hernández, H. Sistema de habilidades en matemática. CEPES. 1993.
1. MES. Documento base para la elaboración del Plan de estudio “C”. 1987.
1. MES. Documento base para la nueva etapa de perfeccionamiento del Plan de Estudios C. Septiembre, 1995.

1. Plan de estudio C para ingenieros agrónomos. MES. 1990.
1. PCC. Tesis sobre política educacional. Pág. 385.
1. Pérez, Carlota. El carácter profesional de la enseñanza de la matemática. Volumen 3 de la Revista del CEES “Manuel F. Gran”, Santiago de Cuba. 1996.
1. Programa de la disciplina matemática Superior III. Plan C. 1990.
1. Programa de la asignatura matemática Superior III. 1991.
2. Utra H., María. Perfeccionamiento del programa de Matemática Superior III para ingenieros agrónomos. Tesis en opción al título de Master en Ciencias de la Educación. CULT. 1997.
1. Vargas, Jiménez A. Sobre el diseño de las carreras agropecuarias. ISCAH, Septiembre 1993.
1. Vecino Alegret, Fernando. Tendencias en el desarrollo de la educación Superior en Cuba. Significación del trabajo didáctico. Tesis de candidatura en Ciencias Pedagógicas. Habana, 1985.
1. Vecino Alegret, Fernando. Conferencia regional sobre políticas y estrategias para la transformación de la Educación Superior en América Latina y el Caribe. Noviembre, 1996.