Fecha de presentación: diciembre, 2015 **Fecha de aceptación:** febrero, 2016 **Fecha de publicación:** abril, 2016

ARTÍCULO 14

EL DESARROLLO DE LA MATEMÁTICA Y SU RELACIÓN CON LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD. CASO TÍPICO

DEVELOPMENT OF MATHEMATICS AND ITS RELATIONSHIP WITH TECHNOLOGY AND SOCIETY. TYPICAL CASE

MSc. Yamila Camero Reinante[1]
E-mail: yccamero@ucf.edu.cu

Dra. C. Lourdes Martínez Casanova[1]

Dra. C. Virginia Bárbara Pérez Payrol[1]

[1]*Universidad de Cienfuegos. Cuba.*

¿Cómo referenciar este artículo?

Camero Reinante, Y., Martínez Casanova, L., & Pérez Payrol, V. B. (2016). El desarrollo de la Matemática y su relación con la tecnología y la sociedad. *Caso típico*. *Revista Universidad y Sociedad* [seriada en línea], 8 (1). pp. 97-105. Recuperado de http://rus.ucf.edu.cu/

RESUMEN

El artículo realiza una revisión de los períodos más importantes en la historia de las matemáticas y sus características. Así como un ejemplo práctico en el cual la matemática y en particular la programación lineal ha sido utilizada como herramienta para resolver un problema en la granja Paredones, de la Empresa Pecuaria *El Tablón*, ubicada en el municipio de Cumanayagua, provincia Cienfuegos, Cuba; se ofrece un modelo de dieta para el ganado vacuno con el financiamiento necesario.

Palabras clave:

Matemática, ciencia, tecnología, sociedad, programación lineal.

ABSTRACT

The article reviews the most important periods in the history of mathematics as well as their characteristics. A practical example is also provided, in which Mathematics, specifically linear programming has been used as the tool to solve a problem at Paredones farm within "El Tablón" livestock enterprise, located in Cumanayagua municipality , Cienfuegos province, Cuba, offering a model for cattle diet with the necessary funding.

Keywords:

Mathematics, science, technology, society, linear programming.

INTRODUCCIÓN

Al abordar los cambios más recientes en la investigación científica y tecnológica son varios los enfoques que han tomado como elemento central de estos procesos una nueva y compleja configuración de las relaciones entre academia, empresas y gobierno/sociedad. El reajuste en las relaciones entre estos ámbitos tiene su origen en la crisis energética de los años setenta y las presiones presupuestarias a las que los gobiernos occidentales han tenido que enfrentarse en las décadas de los ochenta y los noventa del siglo XX.

En ese contexto de cambio se han generado distintas corrientes de pensamiento que intentan dar cuenta de formas distintas del papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad y en el desarrollo económico. Por un lado, el énfasis en los riesgos asociados a los avances científicos, el impacto de la innovación tecnológica para el medio ambiente, la posible deriva armamentística de algunos desarrollos científicos; por otro, las nuevas desigualdades económicas asociadas al desarrollo tecnológico dan lugar al surgimiento de movimientos críticos en las disciplinas tradicionales de las ciencias sociales.

Además, la crisis económica también provoca que gobiernos y empresas acudan a buscar soluciones innovadoras en la ciencia y la tecnología. En las últimas décadas se observa en el mundo un notable acercamiento de la investigación científica y la innovación. Los marcos institucionales y legales se están transformando para hacerlo posible.

Afirma Núñez Jover (2013) que quedaron atrás los tiempos en que la investigación científica se concebía desvinculada de objetivos prácticos (modelo de la Universidad de Humboldt, 1806). Hoy se tiende a organizar la producción social de conocimientos de modo que la investigación y la formación de alto nivel se articulen de la manera más estrecha posible con los procesos de innovación. Se trata de un *modo dos* de producción de conocimientos, de la triple hélice, de sistemas de innovación, como modelos que explican el funcionamiento de la ciencia actual, alternativo con el *modo uno,* propio de la academia tradicional.

En el contexto del taller *El papel de la ciencia universitaria en el contexto de la actualización del modelo económico cubano*, de la Cátedra Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS+I) de la Universidad de La Habana (UH) se destaca que los cambios que tienen lugar en la ciencia están vinculados a un cambio en la concepción misma de los procesos de innovación. El llamado *modelo lineal de la innovación* (asume una ruta que va de la investigación básica realizada en universidades o centros públicos de investigación financiados por el Estado, a la investigación aplicada, al desarrollo tecnológico y de este a la innovación, a manos de la empresa) se sustituye por *un modelo en red* que articula a variados actores e intereses, da lugar a redes tecno-económicas y procesos de innovación distribuidos.

Por otra parte, las transformaciones sociales imponen el desafío de articular lo global con lo local, la necesidad de una organización de los saberes, que trascienda las escisiones disciplinares especializadas, divididas en parcelas aisladas e inconexas, de manera que sea capaz de propiciar un tipo de pensamiento, gestión organizacional y del conocimiento que integre y acerque la cultura humanista y la tecno-científica, así como los saberes en entornos locales.

Desde el pensamiento complejo esta integración se considera urgente. *"Es preciso equilibrar la explosión del conocimiento científico y su inscripción social con el fortalecimiento y la actualización de las potencialidades interiores del ser humano y su presencia enraizada en una persona creativa, en un pensamiento colectivo inscrito a su vez en un proceso de democratización del saber".* (Motta, 2008)

La matemática en particular resulta una herramienta fundamental para enfrentar los desafíos económicos, con su desarrollo se han brindado los modelos matemáticos para interpretar y predecir las dinámicas y controles en la toma de decisiones gerenciales.

Este trabajo hace un breve bosquejo acerca de cómo ha evolucionado la matemática como ciencia en su relación con las necesidades sociales. Se demuestra con el ejemplo de un modelo en el cual se articulan fuertemente actores e intereses académicos, un resultado en redes tecno-económicas y procesos de innovación distribuidos en la empresa, vinculación útil en la resolución de problemas que se le presentan al hombre. Se presenta la utilización de la programación lineal (P.L.), para el cálculo de inversiones, garantiza resultados económicos y sociales que responden a las necesidades planteadas en una granja pecuaria.

DESARROLLO

Para comprender el significado de la matemática hay que conocer su desarrollo histórico el cual muestra que los conocimientos matemáticos, surgidos de las necesidades prácticas del hombre mediante un largo proceso de abstracción, tienen un gran valor para la vida.

La matemática es una de las ciencias más antiguas. Sus conocimientos fueron adquiridos por el hombre ya en las primeras etapas del desarrollo bajo la influencia, incluso de la más imperfecta actividad productiva. A medida que se iba complicando esta actividad cambió y creció el conjunto de factores que influían en su desarrollo.

Desde los tiempos del surgimiento de las matemáticas como una ciencia particular con su objeto propio, la mayor influencia en la formación de nuevos conceptos y métodos propios la ejercieron las ciencias naturales exactas.

Por ciencias naturales exactas se entiende el complejo de ciencias sobre la naturaleza, para las cuales en una etapa dada de su desarrollo resulta posible la aplicación de sus métodos. En el progreso de la matemática, antes que otras ciencias, influyeron la astronomía, la mecánica y la física.

La aparición de las teorías matemáticas ocurre como resultado de la búsqueda de solución a problemas prácticos y de la elaboración de nuevos métodos para su resolución. La cuestión de la aplicabilidad a la práctica de una u otra teoría matemática no siempre obtiene inmediatamente solución satisfactoria. Antes de su solución transcurren con frecuencia años y decenios. En calidad de ejemplos se toma la teoría de los grupos.

A su vez, la práctica y en particular la técnica, penetra en las matemáticas como insustituible medio auxiliar de investigación científica que cambia en mucho su faz. Los dispositivos electrónicos de cálculo abrieron posibilidades ilimitadas para ampliar la clase de problemas solubles con los medios de las matemáticas y cambiaron la correlación entre los métodos para encontrar su solución exacta y aproximada. Sin embargo, por grande que sea el papel desempeñado por la técnica de cálculo, permanece invariable su carácter auxiliar. Ninguna, incluso la más perfecta máquina computadora puede adquirir todas las propiedades de la materia pensante, el cerebro humano y sustituirlo esencialmente.

1. Los períodos más importantes en la historia de la matemática

En la historia de la ciencia pueden distinguirse períodos aislados, diferenciados uno del otro por una serie de particularidades características. Existen muchos intentos de periodización de la historia de las matemáticas. La periodización se efectúa por países, por formaciones socioeconómicas, por descubrimientos relevantes, los cuales determinaron hasta cierto punto el carácter de su desarrollo. Las discusiones sobre las periodizaciones son interminables, sin embargo, el papel de las periodizaciones es puramente auxiliar y se determina por las necesidades del objetivo fundamental: el descubrimiento de las leyes de su desarrollo. Kolmogórov diferencia los siguientes períodos:

a. Nacimiento de las matemáticas: se prolonga hasta los siglos VI-V antes de nuestra era, hasta el momento cuando las matemáticas se convirtieron en una ciencia independiente que tiene un objeto y métodos propios. El comienzo del período se pierde en la profundidad de la historia de la civilización primitiva. Es característica para ese período la acumulación del material efectivo de las matemáticas en los límites de una ciencia general indivisible.

b. El período de las matemáticas elementales: se prolonga desde los siglos VI-V antes de nuestra era hasta el siglo XVI de nuestra era inclusive. En este período fueron obtenidos logros en el estudio de las magnitudes constantes. Una cierta representación sobre estos logros la pueden dar las matemáticas que se estudian actualmente en la escuela media. Este período culmina cuando los procesos y los movimientos se hacen objeto principal de los problemas matemáticos y comienza a desarrollarse la geometría analítica y el análisis infinitesimal. El concepto matemático elemental es discutible y en el presente no existe una definición universal reconocida, sin embargo, la separación en el tiempo de tal período está completamente justificada.

c. Período de formación de las matemáticas de magnitudes variables: el comienzo está representado por la introducción de las magnitudes variables en la geometría analítica de Descartes y la creación del cálculo diferencial e integral en los trabajos de I. Newton y G.V. Leibniz. El final se sitúa a mediados del siglo XIX cuando en las matemáticas ocurrieron los cambios que la llevaron a su estado actual. En el transcurso de este período impetuoso y rico en acontecimientos se formaron casi todas las disciplinas científicas conocidas actualmente como los fundamentos clásicos de las matemáticas contemporáneas.

d. Período de las matemáticas contemporáneas: es evidente que el concepto de contemporaneidad en las matemáticas constantemente se desplaza. Es probable que entre el período de la creación de las matemáticas de magnitudes variables y la actualidad ya se pueda señalar un nuevo período, o períodos. En los trabajos histórico–matemáticos esto aún no se ha hecho, aunque la necesidad ya es imperiosa. En los siglos XIX y XX el volumen de las formas espaciales y relaciones cuantitativas, abarcadas por los métodos de las matemáticas han aumentado desmesuradamente. Han aparecido muchas nuevas teorías matemáticas, han aumentado en forma nunca vista las aplicaciones.

La aplicación de la matemática juega un papel importante en la planificación de la economía, dirección de la producción, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, estudio de rendimiento de atletas, invadiendo así todos los campos del saber de la humanidad. Un ejemplo de lo antes expuesto es lo relacionado con la programación lineal.

2. El modelo de programación lineal. Supuestos teóricos. Caso típico

Ya en los siglos XVII y XVIII Newton, Leibniz, Lagrange y Bernoulli trabajaban en problemas óptimos condicionados que desarrollaron el cálculo infinitesimal y el cálculo de las variaciones. Algunos estudiosos plantean que en principio era posible aplicar los métodos generales de optimización, en la teoría de los multiplicadores de Lagrange, por ejemplo en los problemas de programación matemática.

En 1947, según cita Cortés (2007), Dantzig formula, en términos matemáticos muy precisos, el enunciado estándar al que cabe reducir todo problema de programación lineal. Dantzig, junto con una serie de investigadores del *United States Departament of Air Force*, forman el grupo que dio en denominarse *SCOOP (Scientific Computation of Optimum Programs)*.

El mismo autor (2007) afirma que los fundamentos matemáticos de la programación lineal se deben al matemático norteamericano de origen húngaro Janos von Neuman (1903-1957), quien en 1928 publicó su trabajo *Teoría de Juegos*. La influencia de este respetado matemático, discípulo de David Hilbert en Gotinga y, desde 1930, catedrático de la *Universidad de Princenton de Estados Unidos*, hace que otros investigadores se interesaran paulatinamente por el desarrollo de esta disciplina.

No fue hasta el año 1858 que se aplican los métodos de la programación lineal a un problema concreto: *el cálculo del plan óptimo de transporte de arena de construcción a las obras de edificación de la ciudad de Moscú*. En este problema había 10 puntos de partida y 230 de llegada. El plan óptimo de transporte, calculado con el ordenador *Strena* en 10 días del mes de junio, rebajó un 11% los gastos respecto a los costos previstos (Córtes, 2007).

Se ha estimado, de una manera general, que si un país subdesarrollado utilizase los métodos de la programación lineal, su producto interior bruto (PIB) aumentaría entre un 10 y un 15% en tan solo un año.

2.1 Formulación del problema de programación lineal

La programación lineal concierne a la solución de un tipo de problema especial, en el cual todas las relaciones entre las variables son lineales o en la función a ser optimizada. El problema general de la programación lineal (P.L.) puede ser descrito como sigue.

Dado un conjunto de *m* inecuaciones lineales o ecuaciones con *n* variables, se desea encontrar valores no-negativos de esas variables los cuales satisfagan el conjunto de restricciones y maximicen o minimicen una función lineal de las variables.

Puede ser expresado matemáticamente:

Sean $x_i >= 0$ i=1, n (variables no negativas)

(1)

Sujeto a:

$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \ldots\ldots\ldots + a_{1n} x_n \quad \{< = >\} \quad b_1$

$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \ldots\ldots\ldots + a_{2n} x_n \quad \{< = >\} \quad b_2$

....

(2)

$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \ldots\ldots + a_{mn} x_n \quad \{< = >\} \quad b_m$

que maximizan o minimizan la función objetivo

máx

o $Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \ldots\ldots + C_n X_n$

(3)

min

Notaciones:

(1): restricciones de no negatividad

(2): sistema de restricciones

(3): función objetivo

x_i: variable y (incógnitas del sistema)

a_{ij}: coeficientes tecnológicos (normas) de la restricción i-ésima y la variable j-ésima

c_j: coeficiente de la función objetivo o costos de x_i.

b_j: coeficientes o términos independientes.

{<=>}: signos de las restricciones que en cada caso debe ser <=,>= ó =.

Se llama solución del problema de P.L. al conjunto de valores que tomen las variables xi de forma tal que se satisfaga el conjunto (2) o sistema de restricciones, es decir, que se satisfagan todas las inecuaciones del sistema.

Se llama solución factible del problema de P.L. que cumpla que todas sus variables son positivas. Es decir, una solución factible es cuando el conjunto de valores de las variables satisfacen a (1) y (2) simultáneamente.

Se llama solución factible óptima a toda solución que optimice la función objetivo (3).

2.2 Supuestos teóricos de la programación lineal

La programación lineal puede ser aplicada en una gran variedad de problemas, sin embargo tiene ciertas limitaciones que debilitan su aplicabilidad, entre otros, estos pueden ser:

- La proporcionalidad

Una primera limitación de la programación lineal es el requerimiento de que la función objetivo y cada restricción deben ser lineales. Esto requiere que la medida de la efectividad y los recursos utilizados deben ser proporcionales al nivel de cada actividad (variable) conducida individualmente.

Los problemas de programación no lineal carecen de dicha proporcionalidad, aunque en ocasiones es posible resolver estos con P.L., esto se presenta en casos especiales no constituyendo una regularidad.

- Aditividad

Suponer que la medida de efectividad y cada recurso son usados directamente proporcionales al nivel de cada actividad individualmente, no garantiza suficientemente la linealidad. Es necesario que la actividad sea aditiva con respecto a la medida de efectividad y cada recurso utilizado. En otras palabras la medida total de efectividad y cada recurso total se obtiene de la suma de las efectividades o de los recursos utilizados individualmente.

- Divisibilidad

La solución óptima de un problema de P.L. debe tener valores reales de las variables, es decir, que si una variable de decisión debe tener un valor entero, entonces, la P.L. no garantiza esta solución, dado que al aproximar o truncar la solución real para hacerla entera la nueva solución puede no ser la óptima.

- Determinística

Todos los coeficientes en el modelo de P.L. (a_{ij}, b_j y c_i) son asumidos como constantes conocidas. Si el modelo de P.L. servirá para predecir condiciones futuras, los coeficientes utilizados deberán ser calculados sobre la base de predicciones futuras.

En términos generales la P.L. incluye los siguientes aspectos de interés para el estudio:

a) Planteamiento del problema.

b) Solución gráfica (a modelos de 2 variables).

c) Solución analítica.

d) Análisis de post-optimalidad.

2.2.1 Construcción del modelo para un problema de P.L.

Se analiza el paso de la construcción del modelo para un problema de P.L.

- Planteamiento de problemas

Para construir un modelo de P.L. deben seguirse los siguientes pasos:

Paso 1: Definición de las variables.

Paso 2: Construcción del sistema de restricciones.

Paso 3: Construcción de la función objetivo.

- Definición de las variables de decisión

Una variable de decisión es la representación de cada una de las actividades que conforman el problema.

Al definir una variable de decisión deben tenerse en cuenta dos definiciones.

- Definición conceptual

Con esta definición se determina la actividad, o variable en el contexto del problema, logrando que esta variable sea independiente. Para ello se deben tener en cuenta los principios de:

a-unicidad de origen;

b- unicidad de destino;

c- unicidad de estructura tecnológica;

d- unicidad de coeficiente de costo.

Cuando a, b, c y d se refieren a que cada actividad sea única en su origen, su destino, su tecnología y el valor que se le asigne a la función objetivo.

- Definición dimensional

Esta definición se refiere al aspecto cuantitativo de la actividad, es decir, a la selección de la unidad de medida que se va a representar en el modelo.

- Construcción del sistema de restricciones

En cuanto al sistema de restricciones y a cada restricción en particular se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Determinar la limitación o restricción que presupone dicha restricción, analizando el signo de la misma $\{<,=,>\}$, la dimensión física y el valor del término independiente b_i.

Paso 2: Determinar las variables que entran en la restricción.

Paso 3: Determinar el valor particular del coeficiente tecnológico de dicha restricción y en cada variable del problema ($j=1,\ldots,n$) , esto es, a_{ij}.

- Construcción de la función objetivo

La función objetivo es la expresión del propósito u objetivo final que deseamos alcanzar al resolver el problema.

En la función objetivo deben aparecer las variables del problema multiplicadas por su coeficiente de costos C_j, el cual debe estar determinado adecuadamente.

2.3 Aplicaciones de la programación lineal. Caso típico

La P.L. resuelve problemas relacionados con el análisis de la producción, de la transportación de productos terminados, la asignación de recursos, inversiones, localización de plantas, inventarios, problemas relacionados con redes, problemas de mezcla, los problemas de dieta, los problemas de corte de materiales, ruta crítica, entre otros.

La programación lineal es una herramienta de uso normal que ha ahorrado miles o millones de dólares a muchas compañías o negocios, su aplicación a otros sectores de la sociedad se está ampliando con rapidez. Una proporción muy grande de los cálculos científicos en computadoras está dedicada al uso de la programación lineal.

El problema de dieta es un problema típico de PL, se sabe por experiencia que para cumplir con una serie de criterios cada persona necesita cantidades de calorías, vitaminas, proteínas, minerales y otros. También se tienen preferencias por los tipos de comidas y las marcas. Sobre este tema también se ha escrito bastante, se hace referencia al enfoque que algunos autores ofrecen:

La dieta óptima es la que cumple todas las necesidades con un costo mínimo, según Gallagher (1982), quien brinda un modelo de dieta, pero para personas al igual que lo hace Taha (1998).

En el libro Modelos cuantitativos para administración, Mckcown (1984) aporta un modelo lineal y determinístico de naturaleza normativa que con frecuencia se utiliza para asignar recursos escasos o para obtener mezclas de productos.

Sobre los autores Heizer & Rinder (1997), tratan un problema resuelto de dieta de aves que contiene la información relevante sobre la composición de las marcas Y y Z, así como los requisitos nutricionales mensuales mínimos por pavo. Este se soluciona analítica y gráficamente. Explican cómo hacer esta última.

En el texto Investigación de operaciones en la Ciencia Administrativa, de Eppen (2000), aparece el modelo formulado en una hoja de cálculo electrónica así como los parámetros de Solver y la solución óptima para un problema de mezcla de alimentos con el mínimo costo.

Yonng, Weikua, Zhongsheug & Zhong (1999) por su parte ofrecen un modelo de P.L. para planear el esquema de plantación agrícola, se presenta un modelo normal y un modelo de PL Fuzzy en el cual se analizan ventajas y desventajas.

En Investigación de operaciones. El arte de la toma de decisiones, de Mathur & Solow (1996), se analiza un ejemplo de un problema de dieta en un hospital. En el Capítulo 8: Aplicaciones a problemas de programación entera, se hace referencia al presupuesto de capital. Un problema que muchas compañías de capital empresario y de inversión enfrentan es cómo asignar una cantidad dada de dinero a diversos proyectos alternativos. En algunos casos la pregunta es cuánto invertir en cada alternativa. En otros casos, la pregunta es qué alternativas deben elegirse. En este último caso, que implica una decisión de *sí invertir* o de *no invertir*, a menudo es útil un modelo de programación entera apropiado al elegir entre alternativas. Se da un ejemplo resuelto.

Los problemas de dieta son un caso típico de programación lineal que también puede ser empleado para el caso de inversión, pero se estudian por separado; se concluye que en general no están descritos en la literatura modelos para la planificación de la dieta de ganado vacuno, cuando se trata de la siembra de pastos, incluyendo el financiamiento necesario para este proceso.

El aumento de la población mundial obliga al hombre a incrementar la producción de carne para su alimentación apoyándose en la ganadería, especialmente la vacuna, pero el principal problema que esta presenta es el déficit de alimentos, donde intervienen diferentes factores y procesos que actúan entre sí. Este ganado requiere de energía, proteínas y minerales, en lo esencial, calcio y fósforo.

En la granja Paredones de la Empresa Pecuaria El Tablón, ubicada en el municipio de Cumanayagua, de la provincia Cienfuegos, Cuba, uno de sus fines es la producción de carne y leche; esta se ha visto afectada por el bajo aprovechamiento económico, bajo rendimiento de la masa ganadera, existen dificultades con la alimentación y con el agua, el tiempo de reproducción del ganado vacuno es 3/2 veces mayor que el previsto para un año.

Malezas como la aroma y el marabú afectan gran parte del área correspondiente a la Unidad Empresarial Básica (UEB). Del área libre dedicada a la alimentación del ganado, solo una pequeña porción es sembrada de caña, el resto de esta área está cubierta por pastos naturales, de los nutrientes aportados por estos dos tipos de pastos son insuficientes para el desarrollo del ganado de la granja.

En la Universidad de Cienfuegos se llevó a cabo un proyecto de investigación, auspiciado por la Academia de Ciencias de Cienfuegos, titulado La matemática, una herramienta para el perfeccionamiento empresarial en la producción de carne de la Empresa Pecuaria El Tablón. Como parte del proyecto y para dar cumplimiento a una de las tareas relacionadas con la alimentación del ganado en la UEB, Granja Paredones, se propone el modelo de programación lineal entera para la alimentación del ganado vacuno y a la vez se hace un análisis del financiamiento necesario en la condiciones de la granja Paredones de la Empresa Pecuaria El Tablón; a continuación se ofrece como solución al problema existente en este lugar.

Modelo teórico general de dieta con financiamiento para la U.E.B. Granja Paredones

Definición de variables

Xij: Hectáreas de cultivo "i" a sembrar en área que requiere tipo de limpieza "j".

Yj: Decide si se limpia o no el área que requiere limpieza tipo "j".

$i = 1,\ldots,I$

$j = 1,\ldots,J$

Sistema de restricciones:

$X_{ij} \geq 0$ // No negatividad

$Y_j = \{0,1\}$

$i = 1,\ldots,I$

$j = 1,\ldots,J$

Restricciones de áreas según tipo de limpieza:

$$\sum_{i=1}^{I} x_{ij} \leq A_j y_j \quad ;$$

j=1,…,J,

donde Aj indica el área de la granja que requiere el tipo de limpieza "j".

$$\sum_{j=1}^{J} y_j \geq T \quad ;$$

con T≤ J y j=1,…,J,

donde T representa la cantidad de tipos de limpieza que se pretende, al menos, realizar.

$Y_j \geq Y_{j+1}$; j=1,…,J.

Esto indica el grado de preferencia de los tipos de limpieza a realizar.

Restricciones sobre tipos de cultivos:

Para i =h; i=1,…,I

$$\sum_{j=1}^{J} x_{ij} \geq \frac{1}{a} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq h}}^{I} \sum_{j=1}^{J} x_j$$

ó

$$\sum_{j=1}^{J} x_{ij} \leq \frac{1}{b} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq h}}^{I} \sum_{j=1}^{J} x_j \quad ,$$

donde $\frac{1}{a}, \frac{1}{b}$ representan requerimientos sobre las partes, que del total, se desea dedicar a la siembra del cultivo "j".

Restricciones económicas:

$$c_1 \sum_{j=1}^{J} x_{1j} + c_2 \sum_{j=1}^{J} x_{2j} + c_3 \sum_{j=1}^{J} x_{3j} + c_4 \sum_{j=1}^{J} x_{4j} + \sum_{j=1}^{J} \alpha_j y_j \leq P$$

, donde c1,c2,c3 y c4 representan los costos totales por hectáreas asociados a las labores de preparación del suelo, compra de semillas, siembra y otros gastos indirectos de producción de la caña, el king grass, la guinea y la leucaena.

α_j : representa el costo por hectárea asociado al tipo de limpieza "j".

P: es el presupuesto de que se dispone para acometer las tareas de limpieza y fomento de los cultivos.

Restricciones sobre los nutrientes:

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} a_{kji} x_j \geq N_k \quad ;$$

k=1,…, K

Nk: requerimiento mínimo por nutrientes de tipo "k" para la masa ganadera en la granja.

akji:: norma que indica cuánto aporta en nutriente "k" una hectárea de cada cultivo "i": a sembrar en área que requiere de limpieza tipo "j".

Función objetivo

Maximizar

$$z = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} x_{ij}$$ // Área total

Resultados del modelo de programación lineal de dieta con financiamiento

Restricciones de áreas según tipo de limpieza, total de hectáreas y tipos de cultivos

Al aplicar el paquete de programas STORM, se obtuvieron las restricciones para los tipos de cultivo, expresadas en la tabla siguiente.

Tabla 1. Recomendación de siembra de cultivos en diferentes áreas.

	Hectáreas (ha)					
	Total a sembrar	Tipos de áreas				
		Limpia	De limpieza			
Cultivos			Ligera	Media-na	Pesada	Con buldócer
Caña	416.18	60.39	187.88	5.52	162.39	0
King grass	237.06	0	0	141.67	0	95.39
Guinea	105. 36	0	0	0	0	105.36
Leu-caena	189.65	0	0	189.65	0	0
Total	948.25	60.39	187.88	336.84	162.39	200.75

Como se observa en la tabla se ha de disponer de la mayor cantidad de área para el cultivo de caña. Debe aclararse que se dispone de una reserva de terreno sin sembrar de 99.86 ha.

El porcentaje de cada tipo de cultivo con respecto al área total, así como el área que no se utilizará se muestra en la figura.

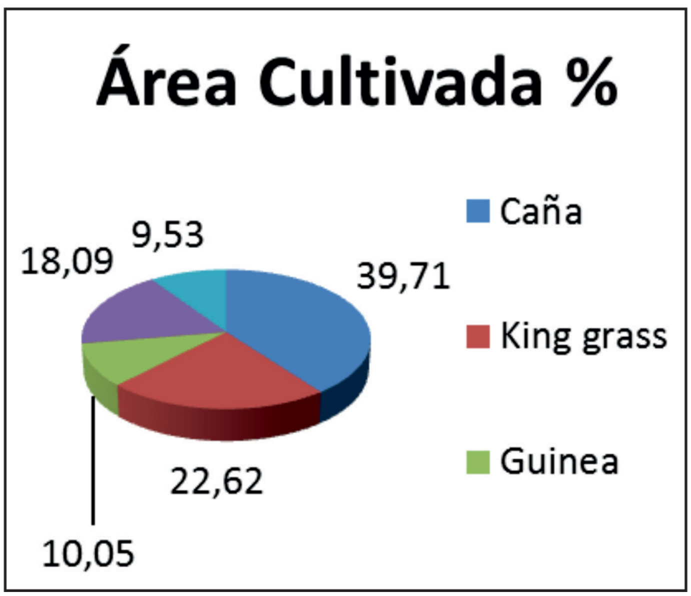

Figura 1. Distribución de tipos de cultivo con respecto al área total

Restricciones sobre los nutrientes

Las cantidades de hectáreas a sembrar de cada cultivo satisfacen los requerimientos para los distintos nutrientes, como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2. Requerimiento mínimo por nutrientes y su representación diaria

Nutrientes	Requeri-miento mínimo	Se supera en	Por día del año representa
Proteína bruta (Kg)	436855	113 807	311.8
Energía metaboliza-ble (Mcal.)	11389790	29271210	80195
Calcio (Kg)	19277.27	1186302	3250
Fósforo (Kg)	17127.64	37885.69	103.8

Las cantidades anteriores, distribuidas por categorías de animales representan el aporte *per cápita* de cada tipo de nutriente, de acuerdo con cada categoría, por encima de los requerimientos mínimos.

Restricciones económicas

Acerca del presupuesto para enfrentar las labores de preparación del suelo, compra de semillas, siembra y otros costos indirectos, se propone destinar $500000.00 como monto inicial.

Tabla 3. Distribución del presupuesto a invertir por cultivos y actividades de limpieza

	Presupuesto a invertir en pesos cubano (CUP)				
	En cultivos Ligera	En limpieza			
		Mediana	Pesada	Buldócer	
Caña	131 039.45				
King grass	105 923.15				
Guinea	35 291.39				
Leucaena	47 091.99				
Total	319305.98	1484.252	8016.752	22993.008	221850.18

CONCLUSIONES

La aplicación de la matemática juega un papel importante en la planificación de la economía, la dirección de la producción, invade todos los campos del saber de la humanidad.

El desarrollo de la ciencia y la técnica ha provocado un gran impulso al desarrollo de ciertas ramas de las matemáticas y ha generado nuevas áreas de investigación matemática y al mismo tiempo sin las matemáticas no serían posibles los avances científicos y tecnológicos que sustenta la sociedad de la información lo que contribuyen al bienestar de sus ciudadanos**.**

La relación ciencia-tecnología-matemática-sociedad es indispensable e indisoluble para el desarrollo de la humanidad, contribuye de manera significativa en la solución de problemas.

La programación lineal ocupa un lugar importante dentro de los modelos matemáticos de fenómenos económicos o de organización, por su carácter general y porque permite determinar en forma sencilla el óptimo de una función económica.

Con el modelo de dieta con financiamiento propuesto puede apreciarse que los decisores en esta área pueden contar con una herramienta matemática, la programación lineal, que les permita tomar decisiones sobre qué, cuánto y cómo sembrar con el presupuesto que se tiene, de manera tal que se adapte a las condiciones reales y se logren los objetivos.

Se recomienda la utilización del modelo dado en el caso de dieta con financiamiento para otras variedades y especies, así como extender su uso a unidades empresariales con características similares y lograr la integración de unidades empresariales con las universidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo Díaz, J.A. (2010). Las dimensiones de la ciencia como práctica. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura. Recuduperado de http://www.oei.es/cienciayuniversidad/spip.php?article1007

Chiang, Alpha C. (1987). Métodos fundamentales de Economía Matemática. Madrid: Mc Graw Hill.

Cortés Cortés, M. (2007). *Modelos matemáticos aplicados a la administración y la economía*. Ciudad del Carmen: Universidad Autónoma del Carmen.

Dieudonn´E, J. (1978). Abr´eg ´e d'Histoire des Mathèmatiques 1700-1900. París: Hermann.

Eppen, G. D. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. México: Ed. Prentice Hall.

Motta, R. D. (2008). Filosofía, complejidad y educación en la era planetaria. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Motta, R. D. (2010). El protagonismo de la poiesis en la articulación de saberes. Buenos Aires: Universidad del Salvador.

Núñez Jover, J. (2013). Referentes para un debate sobre el papel de la ciencia universitaria. *Revista digital del programa ramal- Red Gestión Universitaria del Conocimiento y la Innovación para el Desarrollo (GUCID). 3(30),* pp. 3-9.

Skovsmose, O. (2007). Educação crítica: Incerteza, matemática, responsabilidade. São Paulo: Papirus.

Skovsmose, O. (2008). Desafios da Educação Matemática Crítica. São Paulo: Papirus.

Valenzuela Méndez, H. (2010). Posibilidades del enfoque CTS como eje articulador de la educación superior tecnológica y el entorno social en contextos locales. Universidad del Valle de México.