PROPUESTA
AL PREMIO ANUAL DE ECONOMÍA
RAÚL LEÓN TORRÁS
2022

Título del resultado que opta por el premio

CONTRIBUCIÓN DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA A LA PLANIFICACIÓN DE LOS PROCESOS ECONÓMICOS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA Y LA GANADERÍA VACUNA

Autor: Ramiro Infante Roblejo
Doctor en Ciencias Económicas.
Profesor Titular de la Disciplina de Ciencias Matemáticas y Estadísticas.

Sección de base de la ANEC
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Universidad de Granma

Tabla general de contenidos del expediente de propuesta a premio

Parte	Identificación	Pág.
I	**Presentación general**	1-2
II	**Descripción científico técnica detallada del resultado** **(En esta parte se encuentran los impactos científicos y económicos de la investigación)**	1-25
III	**Acreditación de la introducción del resultado y de su impacto.** - **Avales**	1
IV	**Resultados de ciencia y relevancia asociados al premio: Publicaciones, Eventos, Premios y Tesis.** - **Relación de las Publicaciones realizadas** - **Relación de la participación en Eventos** - **Relación de Premios obtenidos** - **Relación de las Tesis defendidas**	1-6

Parte I: PRESENTACIÓN GENERAL

Título de la propuesta
Contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna.

Entidad ejecutora principal
Universidad de Granma.

Entidades ejecutoras participantes
Unidad Empresarial de Base Central Azucarero “Roberto Ramírez Delgado”.
Unidad Empresarial de Base Central Azucarero “Arquímedes Colina Antúnez”.
Unidad Empresarial de Base Central Azucarero “Bartolomé Masó Márquez”.
Empresa Genética y Cría “Manuel Fajardo”.
Empresa Agropecuaria e Industrial del MININT.

Autor

Ramiro Infante Roblejo
Doctor en Ciencias Económicas, Profesor Titular de la Disciplina de Ciencias Matemáticas y Estadísticas. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
Email: rinfanteroblejo@gmail.com, rinfanter@udg.co.cu
Teléfono particular: 23-421855.
Dirección: Calle 26 de Julio, No. 388, Entre: Figueredo y Lora, Reparto Castro, Bayamo, Granma.

Filiación del autor
Universidad de Granma.

Resumen

El objetivo de la investigación consiste en diseñar, validar e implementar procedimientos para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido en la industria azucarera y para la programación óptima del balance del movimiento de rebaño vacuno, como elementos de integración y fundamentación de la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna, ya que la insuficiente integración y proyección de los indicadores relevantes de producción y eficiencia en el plan económico a corto plazo, limita el adecuado proceso de planificación empresarial y la toma de decisiones fundamentadas en la industria azucarera y la ganadería vacuna.
El aporte teórico-metodológico de los procedimientos, se muestra:
- En el diseño de un procedimiento que permite realizar el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido de molida en la industria azucarera que, a través de sus *etapas y pasos*, proporciona los fundamentos teóricos y metodológicos necesarios, para lograr la adecuada integración de los indicadores fundamentales de producción y de eficiencia empleados en el proceso de planificación a corto plazo en la industria azucarera, lo que permite garantizar una efectiva programación de la zafra y contribuir a la elaboración y fundamentación del plan económico.
- En el diseño de un procedimiento para la programación óptima del balance del movimiento de rebaño que, mediante *la construcción y desarrollo de un novedoso modelo económico-matemático de programación de metas múltiples con prioridades,* proporciona los fundamentos teóricos y metodológicos precisos, para lograr la adecuada integración de los indicadores fundamentales de producción y de eficiencia empleados en el proceso de

planificación del movimiento de rebaño, lo que permite determinar la estructura óptima de este y contribuir a la elaboración y fundamentación del plan económico anual.

Como resultado económico, se obtiene que: la disminución del tiempo perdido y, por consiguiente, la disminución del período de realización de la zafra, enmarcado en la etapa de mayor rendimiento azucarero, genera un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada, mayor rendimiento industrial semanal, mayor producción de azúcar semanal con el mismo volumen de caña a procesar y, como efecto económico resultante, se obtiene una disminución del costo de producción por tonelada de azúcar. Por otra parte, se logra una reestructuración más eficiente y racional de la composición por categoría de edad y sexo del movimiento de rebaño y un beneficio productivo, al incrementar la producción mercantil total de carne en pie, mantener los índices de reproducción, incrementar la masa ganadera y cumplir con la producción de leche planificada.

Los nuevos procedimientos diseñados, adaptados a las características particulares de la industria azucarera y la ganadería vacuna, que emplean técnicas cuantitativas de gestión en la planificación de los procesos económicos en correspondencia con las tendencias actuales, resultan *novedosos desde el punto de vista teórico*, lo que se manifiesta en la construcción y desarrollo de modelos cuantitativos de pronóstico, modelos de optimización y modelos económico-matemáticos de metas múltiples con prioridades y en la adecuación y adaptación de teorías y métodos cuantitativos de pronóstico y optimización, en la planificación de los procesos económicos en las condiciones cubanas, demostrándose la posibilidad y conveniencia de la introducción de nuevos procedimientos cuantitativos y alternativos para la elaboración y fundamentación de la planificación empresarial.

Problemas que se han resuelto de acuerdo con los objetivos del trabajo, impacto y novedad científico técnica de los resultados

La aplicación de la modelación matemática en la planificación de los procesos económicos ha contribuido a la solución de problemas como:

- La proyección integrada de indicadores relevantes de producción y eficiencia en el plan económico, a corto plazo, limita el adecuado proceso de planificación empresarial y la toma de decisiones fundamentadas en la industria azucarera y la ganadería vacuna.
- La utilización y dominio de las técnicas de análisis, previas al proceso de planificación, y de los instrumentos de planificación para el corto plazo, limita el empleo de la planificación como instrumento científicamente argumentado para la toma de decisiones eficientes y responsables en la actividad económica y productiva de la industria azucarera y la ganadería vacuna.
- No considerar la dimensión de carácter técnico del plan, que garantice planes económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna, como resultado de un análisis riguroso y científicamente fundamentado, a partir de la utilización técnicas cuantitativas que permitan el planteamiento y la solución de situaciones propias de la toma de decisiones, en la gestión empresarial.

Parte II: DESCRIPCIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA DETALLADA DEL RESULTADO

Tabla de contenido de la descripción científico técnica detallada del resultado

ÍNDICE	Pág.
DESCRIPCIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA DETALLADA DEL RESULTADO	
- Presentación inicial	1
PRIMERA SECCIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DEL RESULTADO	
I- Contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera	
1.1 Introducción	2
1.2 Impacto científico y económico de la investigación. Resultados generales de la investigación.	3
1.3 Descripción científico técnica detallada del resultado	
1.3.1 Aporte teórico-metodológico del procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido en la industria azucarera	6
1.3.2 Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero “Roberto Ramírez Delgado”	11
1.3.3 Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero “Arquímedes Colina Antúnez”	14
1.3.4 Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero “Bartolomé Masó Márquez”	15
SEGUNDA SECCIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DEL RESULTADO	
II- Contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la ganadería vacuna	
2.1 Introducción	15
2.2 Impacto científico y económico de la investigación. Resultados generales de la investigación.	16
2.3 Descripción científico técnica detallada del resultado	
2.3.1 Aporte teórico-metodológico del procedimiento para la programación óptima del balance del movimiento de rebaño vacuno	19
2.3.2 Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la Empresa Genética y Cría “Manuel Fajardo”	22
2.3.3 Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la Empresa Agropecuaria e Industrial del MININT	24

DESCRIPCIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA DETALLADA DEL RESULTADO

Presentación inicial

La descripción científico técnica del resultado que opta por el premio se desglosa en la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la *industria azucarera* y la *ganadería vacuna*. No obstante, el diseño y validación de los procedimientos de ambas investigaciones se interrelacionan y completan, por la contribución de una y otra investigación a la *solución de problemas comunes* relacionados con:

- La proyección integrada de indicadores relevantes de producción y eficiencia en el plan económico a corto plazo, limita el adecuado proceso de planificación empresarial y la toma de decisiones fundamentadas en la industria azucarera y la ganadería vacuna.
- La utilización y dominio de las técnicas de análisis previas al proceso de planificación y de los instrumentos de planificación para el corto plazo, limita el empleo de la planificación como instrumento científicamente argumentado para la toma de decisiones eficientes y responsables en la actividad económica y productiva de la industria azucarera y la ganadería vacuna.
- No considerar la dimensión de carácter técnico del plan, que garantice planes económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna como resultado de un análisis riguroso y científicamente fundamentado, a partir de utilizar técnicas cuantitativas que permitan el planteamiento y la solución de situaciones propias de la toma de decisiones en la gestión empresarial.

En correspondencia con lo expresado, la exposición de la descripción científico técnica de los resultados se desglosa en las partes siguientes:

- **La PRIMERA SECCIÓN de la DESCRIPCIÓN del RESULTADO**. Se refiere a la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la *industria azucarera*.

- **La SEGUNDA SECCIÓN de la DESCRIPCIÓN del RESULTADO**. Se refiere a la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la *ganadería vacuna*.

El resultado que se presenta *es innovador y presenta impacto económico*, pues ha contribuido a generar cambios en la planificación del proceso económico de la industria azucarera y la ganadería vacuna, pues se considera el empleo de técnicas modernas de gestión empresarial, adecuadas a nuestras características y basadas en las mejores y más avanzadas prácticas contemporáneas, a los fines de garantizar la mayor eficiencia en las gestiones de los procesos productivos. La aplicación de novedosos métodos de planificación mediante el uso de técnicas cuantitativas de gestión, que permiten el planteamiento y la solución de situaciones propias de la toma de decisiones en la gestión empresarial, y obtener resultados relacionados con el incremento de la eficiencia de los procesos, aumento de la producción y disminución de los costos.

PRIMERA SECCIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DEL RESULTADO

I- CONTRIBUCIÓN DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA A LA PLANIFICACIÓN DE LOS PROCESOS ECONÓMICOS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

1.1- INTRODUCCIÓN

La realización eficiente de la zafra azucarera, constituye un objetivo priorizado en el marco del modelo de gestión económica actual, por tanto, el programa de recuperación azucarera, es de importancia estratégica para el país, desde el punto de vista económico, político y social, por lo que se hace imprescindible incrementar la producción cañera y azucarera, sobre la base de que se obtenga a un bajo costo y con alta eficiencia. Una de las vías para lograr las metas planteadas se sustenta en la correcta planificación de los procesos económicos y productivos de la agroindustria azucarera, sobre bases científicamente fundamentadas.

El proceso de planificación y organización de la zafra es tan importante para el éxito de esta como su propia ejecución; no es posible conducir la marcha de un evento tan complejo como la cosecha de la caña y la producción de azúcar cuando no se planifica y organiza bien.

Independientemente del papel rector que se le atribuye a la planificación, se ha constatado que entre las principales deficiencias asociadas a la planificación empresarial en la industria azucarera, se destaca que la planificación no constituye un instrumento científicamente argumentado para la toma de decisiones eficientes y responsables, pues aún es insuficiente la utilización y dominio de las técnicas de análisis previas al proceso de planificación y de los instrumentos de esta para el corto plazo; es insuficiente la integración entre los indicadores básicos de producción y eficiencia empleados en la planificación, la proyección de los indicadores de planificación se realiza mediante métodos empíricos y tradicionales, subsiste la tendencia a fijar niveles inferiores de producción y eficiencia en relación con las potencialidades reales, entre otros.

En relación con lo expresado, en la actualidad prevalece la aplicación de los métodos tradicionales de planificación, que limitan un correcto proceso de planificación empresarial y el logro de la eficiencia en las actividades productivas de la economía agroindustrial azucarera, pues no es posible la integración adecuada de indicadores de producción y eficiencia y, sobre todo, la aplicación de métodos y modelos cuantitativos de planificación, lo que imposibilita ampliar el análisis de las alternativas de decisión en el proceso de planificación.

Una de las direcciones más importantes para lograr el perfeccionamiento de la planificación empresarial y la toma de decisiones eficientes, en la actividad agroindustrial azucarera, es mediante la aplicación de técnicas cuantitativas, por medio de los métodos y modelos cuantitativos de pronósticos.

Un elemento importante relacionado con la planificación de la agroindustria azucarera, es la *proyección del tiempo perdido industrial*[1] *y su disminución*, que permita lograr la mejor relación entre los indicadores capacidad potencial y operacional y, por ende, un mejor aprovechamiento

[1] La determinación de la capacidad productiva y su grado de utilización son elementos básicos para la elaboración y fundamentación del plan de producción de la industria azucarera, por tanto, debe lograrse el mejor resultado entre los indicadores capacidad potencial y operacional, pues existe una razón de carácter tecnológico, que los interrelaciona desde el punto de vista económico y productivo; esta razón se expresa, a través, del ***tiempo perdido de molida*** *en los tándems o molinos de la industria*. Siendo la diferencia porcentual entre la capacidad potencial y operacional, el valor que se considera para proyectar el tiempo que debe perder la industria azucarera como promedio diario.

El ***tiempo perdido en la industria azucarera*** se define como la expresión del tiempo (cantidad de horas y minutos) durante el cual el tándem de la industria detiene sus actividades, teniendo en cuenta la causa que provoca dicha interrupción, o sea, es el tiempo que han estado sin procesar caña el o los tándems que componen el equipo de molienda de la industria, cualquiera que sea la causa que lo originó.

de las capacidades instaladas de la industria. En el contexto de este escenario, es posible desarrollar trabajos de investigación que coadyuven a la planificación, vista desde la perspectiva del pronóstico del tiempo perdido industrial como instrumento de planificación a corto plazo e integrador del proceso de producción

La proyección del tiempo perdido industrial en las Unidades Empresariales de Base (UEB) productoras de azúcar puede constituir un eslabón esencial en el proceso de planificación empresarial, pues en dependencia de su magnitud, es posible planificar indicadores relevantes de producción y eficiencia del plan de producción de la industria azucarera. Por tanto, se puede apreciar la relevancia que tiene el correcto aprovechamiento de las capacidades disponibles de la industria y la adecuada proyección del tiempo perdido industrial como complemento para la elaboración y fundamentación de los planes económicos y las consecuencias negativas que tiene una desviación considerable del porcentaje real del tiempo perdido, con respecto al proyectado.

1.2- IMPACTO CIENTÍFICO Y ECONÓMICO DE LA INVESTIGACIÓN. RESULTADOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

IMPACTO CIENTÍFICO Y ECONÓMICO DE LA INVESTIGACIÓN

Impacto científico de la investigación

El nuevo procedimiento diseñado, adaptado a las características particulares de la industria azucarera, que emplea técnicas cuantitativas de gestión en la planificación de los procesos económicos, en correspondencia con las tendencias actuales, presenta **impacto científico** y **novedad**, lo que se evalúa desde el punto de vista del valor teórico, metodológico, práctico y académico de la investigación.

El **valor teórico** de la investigación se manifiesta en la construcción y desarrollo de modelos cuantitativos de pronóstico y de optimización y, en la adecuación y adaptación de teorías y métodos cuantitativos de pronóstico y optimización a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera, en las condiciones cubanas, demostrándose la posibilidad y conveniencia de la introducción de nuevos procedimientos cuantitativos y alternativos para la elaboración y fundamentación de la planificación empresarial.

El **valor metodológico** de la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera, se muestra en el diseño de un procedimiento que permite realizar el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido industrial como elemento de integración y fundamentación de la planificación en UEB productoras de azúcar que, a través de sus *etapas y pasos*, proporciona los fundamentos teóricos, metodológicos y prácticos necesarios, para lograr la adecuada integración de los indicadores fundamentales de producción y de eficiencia empleados en el proceso de planificación a corto plazo en la industria azucarera, lo cual garantizar una efectiva programación de la zafra y contribuye a la elaboración y fundamentación del plan económico de la UEB. Además, el procedimiento diseñado se sustenta en el empleo de técnicas cuantitativas de pronóstico, econométricas, estadísticas y matemáticas, que permiten el análisis de diferentes alternativas de solución, y el análisis riguroso y científicamente fundamentado de la toma de decisiones.

El **valor práctico** de la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera se manifiesta en que *dota a las Unidades Empresariales de Base de un herramental, que permite el análisis integrado del efecto económico que tiene el tiempo perdido en la industria azucarera*. El mismo se exhibe en que el procedimiento diseñado, validado e implementado en las UEB Central Azucarero “Arquímedes

Colina Antúnez", "Roberto Ramírez Delgado" y "Bartolomé Masó Márquez", de manera específica, el permite:

- Estimar semanalmente el tiempo perdido industrial, el rendimiento industrial y el costo de producción por tonelada de azúcar, en lugar de establecer un valor constante para toda la zafra.
- Establecer el período óptimo de zafra asociado al mayor rendimiento industrial estimado y al mejor aprovechamiento de las capacidades industriales instaladas.
- Pronosticar el tiempo perdido industrial semanal, y el plan semanal de caña a procesar y de azúcar a producir.
- Analizar la integración entre el tiempo perdido industrial con indicadores de producción y eficiencia de la planificación empresarial, así como, el efecto de la disminución del tiempo perdido en el aumento del rendimiento industrial, en el aumento de la producción de azúcar y en la disminución del costo de producción por tonelada de azúcar.
- Integrar los resultados de la evaluación del efecto económico del tiempo perdido con el pronóstico de los indicadores relevantes del plan de producción.
- Utilizar, de forma integrada, las técnicas de pronóstico cuantitativas y las aplicaciones económicas del cálculo diferencial e integral en el proceso del pronóstico empresarial, como instrumentos de planificación en el corto plazo.

El **valor académico** del procedimiento relacionado con la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera se manifiesta en que, por el nivel teórico y práctico de los análisis, tratamiento metodológico y profundización de los resultados estadísticos, econométricos y matemáticos, constituye una fuente de consulta y referencia para los contenidos desarrollados en los cursos de Técnicas Cuantitativas de Gestión, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones y Econometría, a nivel de pre y posgrado de profesionales vinculados a las ciencias económicas, contables y administrativas.

Como complemento a la contribución académica, se han defendido exitosamente de tres tesis de maestría en opción al título de Master en Dirección, en Administración de Negocios y en Contabilidad Gerencial, relacionadas con el trabajo de investigación y ejecutadas en las UEB Central Azucarero "Arquímedes Colina Antúnez", "Roberto Ramírez Delgado" y "Bartolomé Masó Márquez", respectivamente; además, se han realizado nueve trabajos de diplomas de pregrado vinculados a grupos científicos estudiantiles.

Impacto económico de la investigación

- Al efectuar el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido industrial, como elemento de integración y fundamentación de la planificación, se obtiene que, la disminución del tiempo perdido industrial *superior a un 6.00%* y circunscribir la zafra en el período de mayor rendimiento azucarero, garantiza: un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada *superior al 78%,* un mayor rendimiento industrial estimado semanal *incrementado en un 0.08%,* una mayor producción de azúcar semanal *superior a 180 toneladas, que representa un 11.05% de incremento* con el mismo volumen de caña a procesar y, como efecto económico resultante, se obtiene una disminución del costo de producción por tonelada de azúcar semanal *entre un 5.60% y 6.05%*. Lo expresado permite un incremento de la producción de azúcar con la misma cantidad de caña procesada y disminuir el costo de producción por tonelada de azúcar.

El impacto científico y económico se encuentra soportado en los resultados obtenidos con la aplicación del procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido industrial, como elemento de integración y fundamentación de la planificación.

RESULTADOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados más relevantes desde el punto de vista metodológico y práctico se exponen a continuación y se encuentran en correspondencia con los Lineamientos de la Política Económica y Social para el período 2016-2021, en su acápite sobre los lineamientos de la política agroindustrial azucarera.

Desde el punto de vista metodológico:

- El procedimiento diseñado para realizar el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido industrial como elemento de integración y fundamentación de la planificación, a través de sus *etapas y pasos*, contiene los elementos teóricos, metodológicos y prácticos necesarios, para lograr la adecuada integración de los indicadores fundamentales de producción y de eficiencia, en el proceso de planificación a corto plazo, así como para contribuir a la elaboración y fundamentación del plan económico sobre bases científicas.
- El tiempo perdido industrial semanal, estimado por el método de las medias móviles, constituye un elemento básico en la elaboración y fundamentación de la programación de la zafra, en función de lograr un mejor aprovechamiento de la capacidad potencial.
- El pronóstico del tiempo perdido industrial y los índices de variación estacional, en integración con los indicadores de eficiencia, posibilitan realizar el pronóstico del plan semanal de los indicadores de producción caña a procesar y producción de azúcar. Esto demuestra las potencialidades de la aplicación del pronóstico del tiempo perdido industrial en la elaboración y fundamentación del plan de producción, así como en la toma de decisiones.
- El análisis del efecto económico del tiempo perdido permite evaluar, para un conjunto de alternativas, la interrelación entre los indicadores de producción y eficiencia, considerando como criterios de decisión: el aprovechamiento de la capacidad industrial y el costo de producción por tonelada de azúcar. Para la alternativa seleccionada de mejor impacto económico y productivo, se le pronostican los indicadores relevantes del plan de producción, a partir del índice de variación estacional y del pronóstico del tiempo perdido correspondiente a esa alternativa.

Desde el punto de vista práctico:

- El tiempo perdido industrial semanal y su índice de variación estacional le imprimen mayor flexibilidad al proceso de planificación, pues permiten pronosticar el comportamiento semanal del tiempo perdido industrial, lo que posibilita realizar una mejor planificación de la zafra, en función del aprovechamiento de la capacidad de producción de la industria.
- El *pronóstico del plan de caña a procesar y del azúcar a producir* posibilita efectuar un ordenamiento semanal y un plan de producción más objetivo, teniendo en cuenta los índices de variación estacional y el pronóstico del tiempo perdido. Estos resultados corroboran la efectividad de los índices y del tiempo perdido, en el pronóstico y en la planificación a corto plazo de la industria.
- El rendimiento industrial estimado semanal y el período óptimo de zafra obtenido a partir del rendimiento industrial máximo, posibilitan realizar una planificación más eficiente de la zafra, en función de lograr un mejor grado de aprovechamiento de las capacidades industriales.
- La estimación semanal y la verificación de la validez del *tiempo perdido*, *índice de variación estacional*, *rendimiento industrial* y *costo de producción del azúcar*, así como comparar y comprobar la correspondencia entre los pronósticos *del tiempo perdido*, *del plan caña a procesar* y *del plan de azúcar a producir* con respecto a los reales, se efectúa mediante la aplicación de las técnicas cuantitativas de pronósticos y estadísticas, lo que proporcionan a

las administraciones de las UEB productoras de azúcar de herramientas robustas para la toma de decisiones.

- La *disminución* del tiempo perdido y, por consiguiente, la *disminución* del período de realización de la zafra, enmarcado en la etapa de *mayor* rendimiento azucarero, genera un *mayor* aprovechamiento de la capacidad instalada, un *mayor* rendimiento industrial estimado promedio semanal, una *mayor* producción de azúcar semanal con el mismo volumen de caña a procesar y, como efecto económico resultante, se obtiene una *disminución* del costo de producción por tonelada de azúcar estimado promedio semanal.
- El resultado anterior demuestra el efecto económico del tiempo perdido industrial, como elemento de integración y fundamentación de la planificación, cuyo resultado se cuantifica a partir del **impacto económico**, ya que una disminución del tiempo perdido industrial *superior a un 6.00%* y circunscribir la zafra al período de mayor rendimiento azucarero, garantiza: un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada *superior al 78%,* un mayor rendimiento industrial estimado semanal *incrementado en un 0.08%,* una mayor producción de azúcar semanal *superior a 180 toneladas semanal, que representa un 11.05% de incremento* con el mismo volumen de caña a procesar y, como efecto económico resultante, se obtiene una disminución del costo de producción por tonelada de azúcar semanal *entre un 5.60% y 6.05%*. Lo expresado permite un incremento de la producción de azúcar con la misma cantidad de caña procesada y disminuir el costo de producción por tonelada de azúcar.
- El procedimiento diseñado, validado e implementado, sustentado en el empleo de las técnicas cuantitativas de pronóstico, estadísticas y matemáticas, constituye una herramienta eficaz que contribuye al perfeccionamiento y fundamentación del proceso de planificación a corto plazo de la producción azucarera y permite el análisis de diferentes alternativas de solución y la toma de decisiones económicas y científicamente argumentadas.
- La realización de un análisis integral e interrelacionado entre indicadores relevantes de producción y eficiencia de la industria azucarera, a partir del efecto que provoca la disminución del tiempo perdido industrial en el aprovechamiento de la capacidad instalada, en el rendimiento industrial, en la producción de azúcar y en el costo por tonelada de azúcar, proporciona, a las administraciones de las UEB, una herramienta robusta para realizar una mejor gestión en el proceso de planificación a corto plazo y lograr los niveles de eficiencia económica deseados.

1.3- DESCRIPCIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA DETALLADA DEL RESULTADO

1.3.1- Aporte teórico-metodológico del procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido en la industria azucarera

El aporte teórico-metodológico del procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido de molida en la industria, como elemento de integración en la planificación de la industria, se muestra en el *diseño* de un procedimiento que permite realizar el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido de molida en la industria azucarera que, a través de sus **etapas y pasos**, proporciona los fundamentos teóricos, metodológicos y prácticos necesarios, para lograr la adecuada integración de los indicadores fundamentales de producción y de eficiencia empleados en el proceso de planificación a corto plazo en la industria azucarera, lo que permite garantizar una efectiva programación de la zafra y contribuir a la elaboración y fundamentación del plan económico. El procedimiento diseñado se sustenta en la construcción y desarrollo de modelos cuantitativos de pronóstico y de optimización, y en la adecuación y adaptación de teorías y métodos cuantitativos de

optimización a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera, en las condiciones cubanas.

El procedimiento diseñado para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido industrial, como elemento de integración en la planificación de la industria, consta de las etapas y pasos creados y desarrollados por el autor**,** como se exhibe en la figura 1.

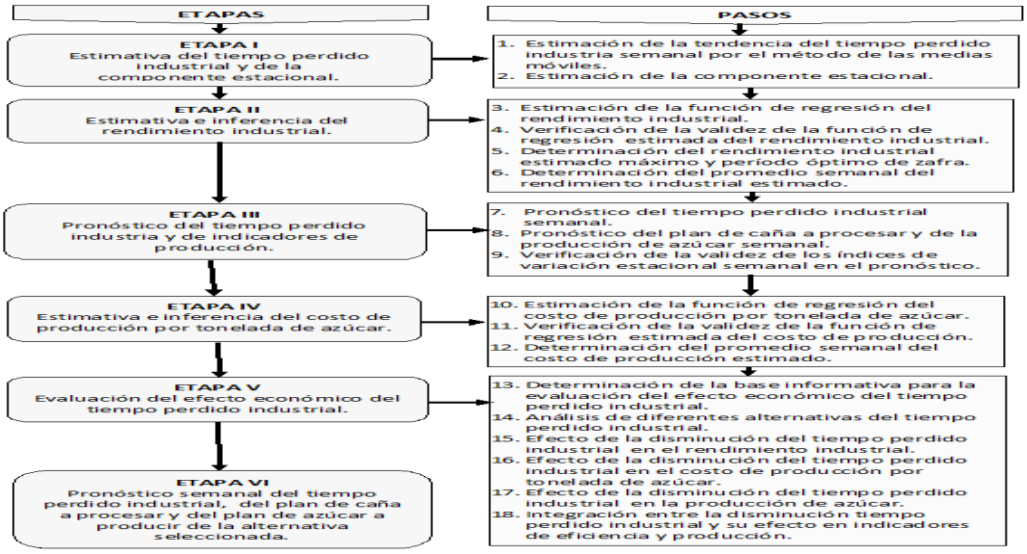

Figura 1. Etapas y pasos del procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido en la industria azucarera.

El procedimiento para el pronóstico y evaluación del efecto económico del tiempo perdido industrial, mediante la utilización de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera, proporciona los elementos que permiten analizar la influencia e integración del tiempo perdido con indicadores de eficiencia y de producción de la planificación de zafra, tales como: aprovechamiento de la capacidad instalada, rendimiento industrial, producción de azúcar y costo de producción por tonelada de azúcar, además de lograr la eficiencia económica del proceso productivo.

A continuación, se describe de forma sucinta la contribución teórica, metodológica y práctica de cada una de las etapas y pasos.

Etapa I: Estimativa del tiempo perdido de molida en la industria y de la componente estacional

Estimación de la tendencia del tiempo perdido de molida semanal en la industrial, por el método de las medias móviles

Para describir el comportamiento del tiempo perdido a través del tiempo, se estima su tendencia mediante el método de las medias móviles, que consiste en suavizar la serie mediante el cálculo de sucesivas medias correspondientes a subperíodos determinados. Al método, el autor le introdujo modificaciones, para su mejor aplicación.

Desde el punto de práctico, la tendencia del tiempo perdido, estimado por el método de las medias móviles, le imprime mayor flexibilidad al proceso de planificación, pues permite estimar el tiempo perdido para cada una de las semanas, lo que posibilita realizar una mejor programación de la zafra, en función de la utilización de las capacidades industriales, diferente a como se realiza tradicionalmente, donde se planifica un tiempo perdido de molida fijo para toda la zafra, lo que limita la fundamentación técnica y económica de las decisiones a tomar.

Estimación de la componente estacional

El cálculo de la estimación de la componente estacional proporciona los índices de variación estacional semanales. Estos índices son valores adimensionales que reflejan las variaciones que se presentan semanalmente en el indicador tiempo perdido, sobre la base de datos históricos.

Existen varios métodos para calcular los índices de variación estacional, siendo los más utilizados, el de razón con la tendencia y el promedio móvil. Para calcular los índices de variación estacional semanales asociados al tiempo perdido, se utiliza el método de razón con la tendencia, empleando el modelo multiplicativo.

Una aplicación importante de los índices de variación estacional semanal consiste en que, al multiplicar el índice de variación estacional semanal por el valor de un indicador productivo determinado de la industria azucarera, permitirá representar el comportamiento del indicador en el tiempo durante la zafra.

Etapa II: Estimativa e inferencia del rendimiento industrial

Estimación de la función de regresión del rendimiento industrial

Existen múltiples factores que inciden en el comportamiento del rendimiento industrial, por lo que sería útil considerarlos para *pronosticar el rendimiento industrial en función de estos*. Pero, establecer esta relación presenta *limitaciones* que afectan la calidad del pronóstico, tales como: no todos los factores se pueden determinar cuantitativamente, no es posible obtener para la mayor parte de los factores un número alto de observaciones, existe interdependencia entre algunos factores, algunas de las variables explicativas no están sujetas a control, entre otras.

Por lo expuesto, mediante el análisis de regresión, utilizando el conjunto de variables explicativas expresadas por los factores de referencia, no sería posible realizar los cálculos pertinentes debido a las limitantes existentes. Al realizar un análisis de comportamiento del rendimiento industrial, se constata que este varía en función del tiempo de duración de la zafra en forma parabólica, como polinomios de segundo y tercer grados, en dependencia del grado de madurez y del contenido de sacarosa de la caña de azúcar.

El tiempo por sí solo no determina el rendimiento industrial, sin embargo, el rendimiento industrial sí se puede proyectar considerando el factor tiempo solamente, ya que la madurez y el contenido de sacarosa de la caña se modifican en función del tiempo.

El análisis econométrico que se utiliza en el estudio del rendimiento industrial es la estimativa e inferencia del análisis de los modelos de regresión lineal múltiples, donde se considera, como única variable predictora, el tiempo de duración de la zafra.

Verificación de la validez de la función de regresión estimada del rendimiento

Para verificar la confiabilidad y eficiencia de las predicciones obtenidas a partir de la función de regresión estimada del rendimiento industrial, así como, la validez de la prueba estadística F de Fisher en la significación de la función de regresión estimada, se procede a verificar los supuestos básicos del modelo, contrastando la veracidad de los supuestos de normalidad, de no autocorrelación, de homocedasticidad, y de no multicolinealidad en los que se ha basado la construcción del modelo econométrico; o sea, para justificar la precisión de la función de regresión estimada del rendimiento, se emplean las pruebas Durbin-Watson, Breusch-Godfrey, general de la heterocedasticidad de White y Jarque-Bera.

Determinación del rendimiento industrial estimado máximo y período óptimo de zafra

Un aspecto relevante, que contribuye a lograr la eficiencia económica en la industria azucarera, se encuentra determinado por el establecimiento del período óptimo de zafra a partir del rendimiento industrial máximo; enmarcar la zafra en el período óptimo genera un mejor aprovechamiento de las capacidades industriales instaladas durante la campaña azucarera. Lo anterior permite planificar la zafra en el período de mayor rendimiento industrial y, por tanto, en

el período de mayor producción de azúcar. Estos resultados se obtienen a partir de la aplicación de los métodos de optimización mediante el cálculo diferencial.

Determinación del rendimiento industrial estimado promedio

A partir de la función de regresión del rendimiento industrial que mejor ajusta a la serie datos reales, se procede a calcular el rendimiento industrial estimado *promedio* semanal del período analizado, como el cociente de dividir el valor del área bajo la curva de la parábola cuadrada o cúbica hallada a partir de la integral definida, entre el tiempo de duración de la zafra azucarera. El resultado obtenido se utiliza en la evaluación del efecto económico del tiempo perdido de molida en la industrial etapa V.

Etapa III: Pronóstico del tiempo perdido de molida en la industria y de indicadores relevantes del plan a corto plazo

Los índices de variación estacional semanales obtenidos en la etapa uno, constituyen la herramienta científica que permite realizar las aplicaciones que se desarrollan a continuación.

Pronóstico del tiempo perdido de molida semanal en la industria (Aplicación I)

El análisis del pronóstico tiempo perdido de molida se realiza para la zafra próxima, de manera que se conozca anticipadamente cuál debe ser su comportamiento. Se procede multiplicando los índices de variación estacional semanal por el valor del tiempo perdido de molida *estimado* semanal, obtenido a partir del promedio móvil centrado.

Para verificar la validez del pronóstico del tiempo perdido de molida semanal para la zafra próxima, se plantea la prueba estadística de rango de Wilcoxon, prueba no paramétrica para dos muestras relacionadas. La prueba propuesta permite comprobar si existe correspondencia entre el pronóstico del tiempo perdido de molida semanal para la zafra próxima y el tiempo perdido de molida promedio semanal, obtenido a partir de la serie real.

Pronóstico del plan de caña a procesar y de la producción de azúcar semanal para la zafra próxima (Aplicación II)

Para realizar estos pronósticos, se considera como indicador de partida, el pronóstico del tiempo perdido de molida semanal, calculado a partir del índice de variación estacional corregida semanal y del tiempo perdido de molida estimado promedio semanal; así como, el porcentaje del tiempo de cumplimiento de la norma potencial y la norma potencial; a partir de estos últimos, se obtiene el *pronóstico del plan de caña a procesar semanal* para la zafra que se planifica y que, a su vez, unido al rendimiento industrial, constituyen los indicadores principales para determinar el *pronóstico del plan de azúcar a producir semanal.*

A partir del cálculo del pronóstico del plan de caña a procesar y del pronóstico del plan de azúcar a producir, se obtienen las planificaciones semanales, las que no difieren significativamente del plan para toda la zafra, pues lo que se ha hecho es prorratearlo entre cada semana, de forma objetiva y fundamentada. Con ello, se logra un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada y de los recursos disponibles, tanto materiales como humanos, y un mayor control de la gestión de la industria azucarera.

Verificación de la validez de los índices de variación estacional en el pronóstico

Con el objetivo de verificar la validez y eficiencia de la información brindada por los índices de variación estacional semanal, en el pronóstico del plan de caña a procesar semanal y del pronóstico del plan de azúcar a producir semanal, se emplean las *pruebas para dos muestras relacionadas de rangos de Wilcoxon y de t de Student*.

Etapa IV: Estimativa e inferencia del costo de producción por tonelada de azúcar

Estimación de la función de regresión del costo de producción por tonelada de azúcar

Entre el comportamiento del costo de producción por tonelada de azúcar y el rendimiento industrial existe una relación inversa durante el período de zafra. Considerando como premisa

esta relación, se estima el costo de producción por tonelada de azúcar con respecto al tiempo, en semana; aunque el costo depende de un conjunto de gastos, asociados al valor de la materia prima, materiales fundamentales, combustibles y energía eléctrica, gastos de transporte, salarios, entre otros., así como, de otros factores; el tiempo constituye una variable de control adecuada para estimar el costo semanal por tonelada de azúcar, por las razones abordadas en el estudio de la estimativa e inferencia del rendimiento industrial.
Por tanto, para estimar la función de regresión del costo de producción por tonelada de azúcar semanal, modelo matemático que describe cierto comportamiento del fenómeno a través del tiempo, se consideran los criterios abordados en la estimación de la función de regresión del rendimiento industrial, así como, el procedimiento de cálculo desarrollado.

Verificación de la validez de la función de regresión estimada del costo de producción por tonelada de azúcar

Para verificar la confiabilidad y eficiencia de las predicciones obtenidas a partir de la función de regresión estimada del costo de producción por tonelada de azúcar, así como, la validez de la prueba estadística F de Fisher en la significación de la función de regresión estimada, se procede a verificar los supuestos básicos del modelo, contrastando la veracidad de los supuestos de normalidad, de no autocorrelación, de homocedasticidad, y de no multicolinealidad en los que se ha basado la construcción del modelo econométrico; o sea, para justificar la precisión de la función de regresión estimada del costo, se emplean las pruebas Durbin-Watson, Breusch-Godfrey, general de la heterocedasticidad de White y Jarque-Bera.

Determinación del costo de producción por tonelada de azúcar estimado promedio

A partir de la función de regresión del costo de producción por tonelada de azúcar que mejor ajusta a la serie datos reales, se procede a calcular el costo de producción por tonelada de azúcar estimado *promedio* semanal del período analizado, como el cociente de dividir el valor del área bajo la curva de la parábola cuadrada o cúbica hallada a partir de la integral definida, entre el tiempo de duración de la zafra azucarera. El resultado obtenido se utiliza en la evaluación del efecto económico del tiempo perdido de molida en la industria, etapa V.

Etapa V: Evaluación del efecto económico del tiempo perdido de molida en la industria

La evaluación del efecto económico del tiempo perdido en la industria constituye la etapa de mayor relevancia del procedimiento diseñado, pues en ella se integran resultados obtenidos en etapas anteriores y se logran nuevos resultados que permiten la toma decisiones desde el punto de vista económico, mediante la integración de indicadores de eficiencia y de producción.
El análisis del efecto económico del tiempo perdido de molida en la industria permite evaluar, para un conjunto de alternativas, la interrelación entre los indicadores de producción y eficiencia, considerando como criterios de decisión: el aprovechamiento de la capacidad industrial y el costo de producción por tonelada de azúcar.
Un aspecto relevante al analizar el efecto económico de las diferentes alternativas es valorar la incidencia de la disminución del tiempo perdido de molida en el rendimiento industrial, en el costo de producción por tonelada de azúcar y en la producción de azúcar, como se muestra en los pasos 15, 16, 17 y 18 del procedimiento, que se describen a continuación.

Efecto de la disminución del tiempo perdido de molida en el rendimiento industrial

Los *rendimientos industriales estimados promedios* obtenidos para las diferentes alternativas presentan un comportamiento tendencial creciente, en relación con la reducción porcentual del tiempo perdido de molida al pasar de la alternativa I, valor máximo del tiempo perdido de molida, a las alternativas siguientes, hasta llegar a la alternativa *n* correspondiente al valor mínimo del tiempo perdido de molida.

Efecto de la disminución del tiempo perdido de molida en el costo de producción por tonelada de azúcar y su relación con el rendimiento

Debido a la relación inversa entre el costo y el rendimiento, el *costo de producción por tonelada de azúcar estimado promedio* exhibe una tendencia decreciente, en correspondencia con la reducción porcentual del tiempo perdido de molida al pasar de la alternativa I hasta la alternativa *n.*

Por tanto, mediante este análisis, se puede aseverar que, al disminuir el tiempo perdido de molida en la industrial, el rendimiento industrial estimado promedio tiende a incrementarse y el costo de producción por tonelada estimado promedio tiende a disminuir, contribuyendo a lograr determinados niveles de eficiencia en el procesamiento fabril del azúcar.

Efecto de la disminución del tiempo perdido de molida en la producción de azúcar

Permite analizar el efecto que produce la reducción del tiempo perdido de molida en un valor porcentual desde la alternativa I hasta la alternativa *n*, con respecto al nivel de producción de azúcar, el que manifiesta una tendencia creciente.

Integración entre la disminución tiempo perdido de molida y su efecto en indicadores de eficiencia y producción

En este paso, se analiza la variación del costo de producción por tonelada de azúcar con respecto a la disminución del tiempo perdido de molida; además, se analiza de forma integrada el efecto que produce la disminución del tiempo perdido de molida en el rendimiento industrial, en la producción de azúcar y en el costo por tonelada de azúcar.

Como resultado concluyente, se puede comprobar que, al producirse una disminución en el valor porcentual del tiempo perdido de molida en la industria, se obtiene un aumento del rendimiento industrial estimado promedio semanal, por enmarcase la zafra en el período óptimo del rendimiento y, por consiguiente, se produce un aumento del nivel de producción de azúcar semanal y se genera, como efecto económico final, una disminución en el costo por tonelada de azúcar estimado promedio semanal.

Etapa VI: Pronóstico semanal del tiempo perdido de molida, del plan de caña a procesar y del plan de azúcar a producir de la alternativa seleccionada

El *objetivo de realizar este pronóstico de la alternativa seleccionada* es **integrar** los resultados de la alternativa seleccionada como de mejor impacto económico y productivo, obtenida en la etapa V, con el análisis del pronóstico del tiempo perdido de molida en la industria, del plan de caña a procesar y del plan de azúcar a producir semanal, o sea, se propone realizar el pronóstico de indicadores relevantes del plan de producción de la alternativa seleccionada.

1.3.2- Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero “Roberto Ramírez Delgado”

Los resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero “Roberto Ramírez Delgado”, se corresponden con el diseño, validación e implementación del procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido industrial, como elemento de integración y fundamentación de la planificación en la UEB.

A continuación, se describen los resultados obtenidos de forma sintetizada, en correspondencia con cada una de las etapas del procedimiento.

Etapa I: *Estimativa del tiempo perdido industrial y de la componente estacional*

El tiempo perdido industrial, estimado por el método de las medias móviles, le imprime mayor flexibilidad al proceso de planificación, pues permite pronosticar el tiempo perdido industrial estimado en la industria para cada una de las semanas, lo que posibilita realizar una mejor

programación de la zafra en función de la utilización de las capacidades industriales, diferente a como se realiza tradicionalmente, donde se planifica un tiempo perdido en la industria, fijo para toda la zafra, lo que impide la fundamentación técnica y económica de las decisiones a tomar.
La utilidad práctica de los índices de variación estacional semanal del tiempo perdido, reside en que permiten conocer las semanas donde, históricamente, se producen variaciones significativas, lo que posibilita una planificación más objetiva y la adopción de medidas y decisiones oportunas para su reducción.

Etapa II: *Estimativa e inferencia del rendimiento industrial*
El modelo de pronóstico representado por la función de regresión lineal múltiple del rendimiento industrial le imprime mayor flexibilidad al proceso de planificación, pues permite proyectar el rendimiento industrial estimado para cada una de las semanas, posibilitando realizar una mejor programación de la zafra, en función de la utilización de las capacidades industriales, en contraste a como se realiza de forma tradicional, donde se planifica un rendimiento industrial fijo para toda la zafra, lo cual limita la fundamentación científica de las decisiones a tomar.
En los casos estudiados, se comprobó la existencia de no autocorrelación, de perturbaciones homocedásticas, de normalidad y no multicolinealidad para los modelos de regresión del rendimiento industrial. Esto corrobora la eficiencia de los valores estimados del rendimiento industrial, así como la validez de la prueba estadística F de Fisher. Por tanto, los resultados satisfactorios obtenidos de aplicar las diferentes pruebas demuestran que: los modelos de pronóstico seleccionados representan las funciones adecuadas para pronosticar el rendimiento industrial.

Etapa III: Pronóstico del tiempo perdido industrial y de los indicadores de producción

Pronóstico del tiempo perdido industrial semanal (Aplicación I)
A partir de los índices de variación estacional semanal, se determina el pronóstico del tiempo perdido industrial semanal para la zafra próxima, que permite a los decisores de la entidad azucarera realizar una planificación más objetiva y efectiva, sobre bases científicamente fundamentadas.
A partir de los índices de variación estacional semanal, se puede determinar el tiempo perdido industrial semanal de la zafra precedente, que permite realizar un análisis retrospectivo acerca del comportamiento del tiempo perdido industrial en dicha zafra y evaluar determinadas medidas para su ulterior reducción.
Mediante la aplicación de la prueba de hipótesis para dos muestras relacionadas de rangos de Wilcoxon, en los casos estudiados, se comprobó que, entre las series correspondiente al pronóstico del tiempo perdido industrial semanal para la zafra próxima y el tiempo perdido industrial promedio semanal, no existen diferencias estadísticamente significativas.

Pronóstico del plan de caña a procesar y de la producción de azúcar semanal para la zafra próxima (Aplicación II)
El procedimiento diseñado para realizar el pronóstico y análisis del tiempo perdido industrial, permite analizar la influencia e integración del tiempo perdido industrial con indicadores relevantes de la planificación de zafra, tales como: norma potencial, norma operacional, aprovechamiento de las capacidades industriales, rendimiento industrial y producción de azúcar, lo que reafirma su carácter integrador del tiempo perdido industrial en la planificación de la industria azucarera.
Los pronósticos obtenidos posibilitan realizar un *ordenamiento y programación más objetiva de la caña a procesar y del azúcar a producir semanalmente*, teniendo en cuenta los índices de variación estacional semanal y los rendimientos industriales semanales, aspectos estos que no se consideran cuando se realiza la planificación mediante métodos tradicionales.

Los resultados obtenidos confirman la *eficacia de los índices de variación estacional semanales para la realización de pronósticos*, por tanto, la aplicación de los índices tiene efecto positivo en la planificación a corto plazo de la industria azucarera.

Los pronósticos realizados revelan mejores resultados productivos, pues con un mismo volumen de la materia prima caña de azúcar, es posible obtener una mayor producción de azúcar con respecto al real.

Verificación de la validez de los índices de variación estacional en el pronóstico

Se verifica la validez de los índices de variación estacional en el pronóstico y se concluye que, mediante la aplicación las pruebas de hipótesis para dos muestras relacionadas de rangos de Wilcoxon y de t de Student, se puede afirmar que las series y las medias comparadas de la *caña real procesada* y el *pronóstico del plan de caña a procesar* semanal, e igualmente, las series y las medias comparadas del *azúcar real producida* y del *pronóstico del plan de azúcar a producir* semanal, *no difieren significativamente*, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre el real y el pronóstico del plan, este último calculado a partir de los índices de variación estacional semanal.

Los resultados anteriores confirman que no existen diferencias significativas en las comparaciones efectuadas, lo cual demuestra la validez de los índices de variación estacional para realizar los pronósticos de dichos indicadores productivos en el proceso de planificación.

Etapa IV: *Estimativa e inferencia del costo de producción por tonelada de azúcar*

El modelo de pronóstico obtenido le imprime mayor flexibilidad al proceso de planificación, pues permite proyectar el *costo de producción por tonelada de azúcar estimado para cada una de las semanas*, lo que posibilita realizar una mejor programación de la zafra, en función del indicador de eficiencia costo de producción.

La existencia de no autocorrelación, de perturbaciones homocedásticas, de normalidad, y no multicolinealidad, confirma la confiabilidad y eficiencia de los valores estimados del costo de producción por tonelada de azúcar y la validez de la prueba estadística de *F* de Fisher.

Etapa V: *Evaluación del efecto económico del tiempo perdido industrial*

Efecto de la disminución del tiempo perdido industrial en el rendimiento industrial

El incremento en el rendimiento industrial se debe a que, el período de duración de la zafra en cada alternativa, se enmarca alrededor del máximo rendimiento industrial, es decir, en el período óptimo de zafra, asociado a un menor tiempo perdido industrial y a una mayor utilización de la capacidad instalada.

Efecto de la disminución del tiempo perdido industrial en el costo de producción por tonelada de azúcar

Como consecuencia de la disminución del tiempo perdido industrial y, por consiguiente, la disminución del tiempo total de duración de la zafra, así como la ubicación de la zafra en la etapa de mayor rendimiento industrial, se genera una disminución en el costo de producción por tonelada de azúcar.

Efecto de la disminución del tiempo perdido industrial en la producción de azúcar

Al evaluar los resultados obtenidos, se puede plantear la existencia de un incremento de la producción de azúcar, como resultante de la disminución del tiempo perdido industrial y de enmarcar la zafra en la etapa de mayor rendimiento industrial.

Integración entre la disminución del tiempo perdido industrial y su efecto en indicadores de eficiencia y producción

Se logra, como resultado relevante, la integración del tiempo perdido industrial con indicadores de eficiencia y producción de la industria azucarera, pues una disminución del tiempo perdido industrial en el período de mayor rendimiento azucarero provoca un aumento del

aprovechamiento de la capacidad instalada, un aumento del rendimiento industrial promedio semanal, un aumento de la producción de azúcar semanal y, como efecto económico resultante, se genera una disminución del costo por tonelada de azúcar promedio semanal.
La dirección de la UEB considera los resultados obtenidos de la aplicación del procedimiento como significativos para lograr la eficiencia económica, pues con la integración del tiempo perdido de molida con indicadores de eficiencia y producción de la industria azucarera, se manifiesta que una disminución del tiempo perdido de molida en un 6% y enmarcar la zafra en el período de mayor rendimiento azucarero, provoca un aumento al 78% en el aprovechamiento de la capacidad industrial instalada, del 0.08% en el rendimiento industrial estimado semanal y, de un 11.05% de la producción de azúcar semanal, lo que representa un incremento de 186 toneladas promedio por semana, así como una disminución del 5.79% en el costo de producción por tonelada de azúcar.

1.3.3- Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero "Arquímedes Colina Antúnez"

Los resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero "Arquímedes Colina Antúnez", se corresponden con el diseño, validación e implementación del procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido industrial como elemento de integración y fundamentación de la planificación en la UEB.
A continuación, se describen los resultados generales de forma sintetizada:

- El procedimiento diseñado, validado e implementado para la proyección y análisis del tiempo perdido industrial, sustentado en el empleo de las técnicas cuantitativas de gestión, resulta una herramienta eficaz que contribuye al perfeccionamiento del proceso de planificación de la zafra y la toma de decisiones científicamente fundamentadas.
- Los modelos de pronóstico, determinados y validados mediante técnicas cuantitativas de gestión, le imprimen mayor flexibilidad al proceso de planificación, pues permiten proyectar al tiempo perdido industrial estimado en la industria para cada una de las semanas, lo que posibilita realizar una mejor programación de la zafra, en función de una adecuada utilización de las capacidades industriales, contrario a como se realiza en la actualidad, que se planifica un tiempo perdido de molida en la industria, fijo para toda la zafra, lo que imposibilita la fundamentación técnica de las decisiones a tomar.
- Los índices de variación estacional semanal del tiempo perdido industrial, validado mediante el análisis econométrico y pruebas estadísticas no paramétricas, permite realizar un análisis retrospectivo de la caña dejada de moler y del azúcar que se deja de producir semanalmente en la zafra precedente, permitiendo evaluar los resultados obtenidos, con vista a la planificación de la próxima zafra y realizar los ajustes necesarios.
- La determinación del pronóstico del plan de molida de la caña y del azúcar a producir semanalmente para la próxima zafra se realiza mediante la integración del tiempo perdido industrial con respecto indicadores fundamentales de la programación de zafra, como norma potencial, norma operacional, aprovechamiento de las capacidades industriales, rendimiento industrial estimado.
- El pronóstico implementado de la caña a procesar y del azúcar a producir efectúa un ordenamiento y programación más objetiva por semana, teniendo en cuenta los índices de variación estacional semanal y los rendimientos industriales estimados semanales, aspectos estos que no se consideran cuando se realiza la planificación mediante métodos tradicionales de planificación.

1.3.4- Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero "Bartolomé Masó Márquez"

Los resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la UEB central azucarero "Bartolomé Masó Márquez", se corresponden con el diseño, validación e implementación del procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido industrial, como elemento de integración y fundamentación de la planificación en la UEB.

A continuación, se describen los resultados generales de forma sintetizada:

- El empleo de las técnicas cuantitativas de gestión sirve de soporte científico para la evaluación del efecto económico del tiempo perdido industrial, y evidencia las posibilidades de su utilización en la elaboración y fundamentación de la planificación de los procesos agroindustriales azucareros.
- El procedimiento para la evaluación del efecto económico del tiempo perdido industrial constituye un instrumento eficaz que permite perfeccionar los métodos de planificación corriente y operativa de la producción azucarera, contribuyendo al análisis de diferentes alternativas de solución y a la toma decisiones científicamente fundamentadas.
- El procedimiento proporciona los métodos y modelos necesarios, para determinar y validar los valores estimados, promedios, máximos y mínimos, de los indicadores tiempo perdido industrial, rendimiento industrial y costo de producción por tonelada de azúcar, mediante la aplicación del análisis econométrico y del cálculo diferencial e integral.
- El establecimiento del período óptimo de zafra, a partir del rendimiento industrial máximo, genera un mejor aprovechamiento de las capacidades industriales durante la zafra y contribuye a lograr la eficiencia económica en la industria azucarera.
- Al reducir el tiempo perdido industrial y existir un incremento en la producción del azúcar crudo, por enmarcarse la zafra en período de mayor rendimiento industrial, se obtienen ingresos adicionales en divisas, con una menor cantidad de días zafra y la misma cantidad de caña molible.
- La disminución del tiempo perdido industrial y, por consiguiente, la disminución del período de realización de la zafra enmarcado en la etapa de mayor rendimiento industrial, genera una disminución en el costo de producción de azúcar, mayor producción de azúcar crudo, ingresos adicionales en divisas, con el mismo volumen de caña a procesar; la integración e interrelación exhibida es obtenida mediante el empleo de los procedimientos desarrollados.
- La realización de un análisis integral e interrelacionado entre indicadores relevantes de producción y eficiencia de la industria azucarera, a partir del efecto que provoca la disminución del tiempo perdido industrial, proporciona a la dirección de la UEB herramientas para realizar una mejor gestión y lograr los niveles de eficiencia económica deseados.

SEGUNDA SECCIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DEL RESULTADO

II- CONTRIBUCIÓN DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA A LA PLANIFICACIÓN DE LOS PROCESOS ECONÓMICOS EN LA GANADERÍA VACUNA

2.1- INTRODUCCIÓN

La producción y el crecimiento del rebaño se planifican con ayuda de cálculos especiales en dependencia de las particularidades biológicas de los animales; o sea, la reproducción del rebaño se realiza de forma planificada mediante el balance del movimiento de rebaño, que

constituye uno de los procesamientos de datos y tratamientos de la información más significativos del sistema de balance de planificación de la ganadería.
La planificación coherente y correcta del balance del movimiento del rebaño garantiza el adecuado cálculo de la producción de carne y leche, el análisis de las políticas de desarrollo de la masa ganadera y la determinación de las necesidades de recursos materiales, humanos y financieros.
La solución del problema de planificación en la producción de la ganadería vacuna presenta su especificidad, que consiste en: la enorme dispersión de sus objetos de trabajo; la gran cantidad de elementos y características heterogéneas que se aprecian en dichos objetos y sus múltiples conexiones, que imposibilitan su integración; los diferentes niveles de efectividad de los recursos productivos en dependencia de las condiciones concretas de trabajo; la influencia de las condiciones climáticas y naturales; entre otras.
La complejidad del proceso económico y productivo de la actividad ganadera dificulta considerablemente, no sólo el análisis y comprensión de dicho objeto de estudio, sino también, la integración de todos los factores y la planificación de su desarrollo. En tal sentido, es política económica de la rama ganadera el perfeccionamiento del proceso de planificación, con el objetivo de lograr la eficiencia en las nuevas condiciones de la economía, que posibilite el mejoramiento genético y de estructura de los rebaños y la elevación de los rendimientos, para incrementar la producción de carne y leche.
No obstante, mediante la aplicación de los métodos tradicionales de planificación, no se logra una efectiva correlación de indicadores productivos, zootécnicos y económicos entre las distintas categorías de edad y sexo del ganado vacuno, lo que impide seleccionar una adecuada estructura de la masa ganadera por categorías y un eficiente movimiento de rebaño. Es por eso que en la ganadería es necesario aplicar métodos de programación y económicamente fundamentados que permitan detectar oportunamente cualquier incumplimiento y tomar decisiones para su corrección.
Una de las vías más importantes para lograr el perfeccionamiento de la planificación en el proceso económico de la producción ganadera es mediante la aplicación de técnicas de avanzada de gestión, por medio de los métodos y modelos económico-matemáticos. Por ello, constituye una necesidad de la economía de la producción ganadera el empleo de técnicas modernas de gestión empresarial, adecuadas a nuestras características y basadas en las mejores y más avanzadas prácticas contemporáneas, a los fines de garantizar la mayor eficiencia en las gestiones de los procesos productivos.

2.2- IMPACTO CIENTÍFICO Y ECONÓMICO DE LA INVESTIGACIÓN. RESULTADOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

IMPACTO CIENTÍFICO Y ECONÓMICO DE LA INVESTIGACIÓN

Impacto científico de la investigación

El nuevo procedimiento diseñado, adaptado a las características particulares de la ganadería vacuna, que emplea técnicas cuantitativas de gestión en la planificación de los procesos económicos, en correspondencia con las tendencias actuales, presenta **impacto científico** y **novedad**, lo que se evalúa desde el punto de vista del valor teórico, metodológico, práctico y académico de la investigación.
El **valor teórico** de la investigación se manifiesta en la construcción y desarrollo de modelos económico-matemáticos de metas múltiples con prioridades y en la adecuación y adaptación de teorías y métodos cuantitativos de optimización a la planificación de los procesos económicos en la ganadería vacuna, en las condiciones cubanas, demostrándose la posibilidad

y conveniencia de la introducción de nuevos procedimientos cuantitativos y alternativos para la elaboración y fundamentación de la planificación empresarial.

El **valor metodológico** de la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos, en la producción ganadera, se muestra en el diseño de un procedimiento que permite la programación óptima del balance del movimiento de rebaño vacuno, mediante un modelo económico-matemático de programación de metas múltiples con prioridades, que permite determinar la estructura óptima del movimiento de rebaño, y donde los parámetros y coeficientes relevantes del modelo se determinan y validan aplicando el análisis econométrico. El procedimiento proporciona los fundamentos teóricos, metodológicos y prácticos necesarios para lograr la adecuada integración de los indicadores fundamentales de producción y de eficiencia empleados en el proceso de planificación a corto plazo en la producción ganadera, lo que permite garantizar una efectiva programación del movimiento de rebaño vacuno y contribuir a la elaboración y fundamentación del plan económico de la empresa ganadera.

El **valor práctico** de la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos, en la producción ganadera, se manifiesta en que dota a las empresas ganaderas de un herramental que permite el análisis integrado y concatenado de los indicadores de producción y eficiencia que se consideran en el rebaño a inicio de año, en las entradas exhibidas por los nuevos nacimientos y las llegadas de categorías inferiores, en las compras a terceros, en las salidas manifestadas por las transferencias a categorías superiores, en las ventas y pérdidas y, en el rebaño a final del año, en función de lograr la mayor producción mercantil de carne en pie.

El **valor académico** del procedimiento relacionado con la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la producción ganadera, se manifiesta en que, por el nivel teórico y práctico de los análisis, tratamiento metodológico y profundización de los resultados de los modelos de económico-matemáticos de programación de metas múltiples con prioridades, constituyen una fuente de consulta y referencia para los contenidos desarrollados en los cursos de Técnicas Cuantitativas de Gestión, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones y Econometría, a nivel de pre y posgrado, de profesionales vinculados a las ciencias económicas, contables y administrativas.

Como complemento a la contribución académica, se han defendido exitosamente de dos tesis de maestría en opción al título de Master en Dirección y en Administración de Negocios, relacionadas con el trabajo de investigación y desarrolladas en la Empresa Agropecuaria del MININT y en la Empresa Genética y Cría “Manuel Fajardo”, respectivamente; además, se han realizado ocho trabajos de diplomas de pregrado vinculados a grupos científicos estudiantiles.

Impacto económico de la investigación

El impacto económico de investigación se obtiene a partir de la solución óptima del modelo económico-matemático de metas múltiples con prioridades, como se manifiesta a continuación:

- Se logra una reestructuración más eficiente y racional de la composición por categoría de edad y sexo del movimiento de rebaño, en función de la mayor producción mercantil de carne en pie del rebaño, lográndose un beneficio productivo, al incrementar la producción mercantil total de carne en pie, entre el 10.91% y 30.47%, equivalente a un incremento entre 37985 y 39392 kilogramos de carne, garantizando la producción de leche planificada anual, mantener los índices de reproducción y lograr la verdadera especialización de la empresa.
- Con la estructura óptima del movimiento de rebaño que se aplica, se genera un crecimiento de la producción ganadera entre el 1.46% y 2.17%, equivalente a un incremento entre 44 y 134 cabezas, debido a una mejor estrategia del movimiento del rebaño en sus diferentes

fases, desde la existencia inicial, entradas, salidas y existencia final, asociada a la mayor producción mercantil de carne en pie del rebaño.

- Al considerar la estructura óptima vacas y novillas, en la preparación y fundamentación del plan económico, entre el 60.50% y 72.60% del rebaño total, como categorías estratégicas para el desarrollo de la masa ganadera, se contribuyó a garantizar, para el año, el índice de reproducción y el crecimiento de la masa ganadera, además de cumplir con la producción de leche planificada.

El impacto científico y económico se encuentra soportado en los resultados obtenidos con la aplicación del procedimiento para la programación óptima del balance de movimiento de rebaño vacuno, como elemento de fundamentación de la planificación.

RESULTADOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados más relevantes, desde el punto de vista económico y productivo, se exponen a continuación y se encuentran en correspondencia con los Lineamientos de la Política Económica y Social para el período 2016-2021, en su acápite sobre los lineamientos de la política de desarrollo de la ganadería:

- La optimización del movimiento de rebaño genera un mejor balance y una correlación efectiva entre las diferentes categorías por edad y sexo, teniendo en cuenta: el rebaño a inicio de año, las entradas exhibidas por los nuevos nacimientos y las llegadas de categorías inferiores, las compras a terceros, las salidas manifestadas por las transferencias a categorías superiores, las ventas y pérdidas, así como lograr un rebaño a final del año que permita garantizar un crecimiento de la producción mercantil de carne en pie y de la producción de leche. Por tanto, se produce una reestructuración óptima y más eficiente de la composición por categoría de edad y sexo, en función de la mayor producción mercantil de carne en pie del rebaño, lográndose beneficios productivos y económicos, al aumentar la producción mercantil total de carne entre el 10.91% y 30.47%, equivalente a un incremento de la producción de carne entre 38 y 39 toneladas.
- Se plantea una estructura óptima del rebaño hembra para final del período de planificación, donde se mejora sustancialmente la estructura de vacas, novillas y añojas, real de inicio de año, debido a una mejor estrategia del movimiento de rebaño en sus diferentes fases.
  Al considerar la estructura óptima en la preparación y fundamentación del plan económico, se logra que las vacas y novillas, como categorías estratégicas para el desarrollo de la masa ganadera, representen entre el 60.50% y 72.60% del rebaño al final de año, lo que contribuyó a garantizar para el año el índice de reproducción, así como lograr cumplir con la producción de leche planificada anual, superior a los 750000 litros.
- La estructura óptima del movimiento de rebaño, aplicada y considerada en la preparación y fundamentación del plan económico, garantizó un crecimiento de la producción ganadera entre el 1.46% y 2.17%, equivalente a un incremento en físico entre 44 y 134 cabezas, como resultado de una mejor estrategia del movimiento de rebaño en sus diferentes fases, a partir de la estructura óptima proyectada.
- El procedimiento aplicado en la preparación y fundamentación del plan económico permitió analizar todas las alternativas posibles del movimiento del rebaño del ganado vacuno, teniendo en cuenta la interacción y la influencia de la multitud de los factores condicionantes y la obtención, dentro de todas las soluciones la alternativa del balance óptimo. En la selección óptima del movimiento de rebaño, se emplearon criterios de decisión de carácter económico, lo que proporciona una mayor eficiencia a la solución obtenida y garantiza la mejor utilización de los recursos materiales y financieros.

- Si después de realizada la planificación óptima, por decisiones de los diferentes niveles de dirección, algunos indicadores de producción y eficiencia experimentan cambios, se puede reajustar cómodamente la solución obtenida, por medio del análisis de sensibilidad que genera la solución óptima y resolviendo de nuevo el modelo económico-matemático; siendo factible la rectificación de los planes con gran rapidez y precisión.
- La utilización de los métodos y del modelo económico-matemático que aporta el procedimiento diseñado y validado, en la planificación del movimiento del rebaño vacuno, proporciona cambios cuantitativos que permiten un análisis económico más depurado y completo y que facilitan una amplia y clara valoración de los resultados, sobre la base de una información más exacta, conduciendo a cambios cualitativos en la metodología de planificación.
- En relación con lo anterior, se perfeccionan los métodos de planificación de las actividades que intervienen en los procesos económicos en la ganadería, mediante la aplicación de los métodos cuantitativos, lo que proporciona resultados cuantitativos con mayor grado de exactitud y confiabilidad, reduciendo al mínimo la imprecisión de los cálculos numéricos, garantizándose un análisis cualitativo más exhaustivo de la información elaborada.

2.3- DESCRIPCIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA DETALLADA DEL RESULTADO

2.3.1- Aporte teórico-metodológico del procedimiento para la programación óptima del balance del movimiento de rebaño vacuno

El aporte teórico-metodológico del procedimiento para la programación óptima del balance del movimiento de rebaño vacuno se muestra en el *diseño* de un procedimiento para la programación óptima del balance del movimiento de rebaño, que mediante **la construcción y desarrollo de un novedoso modelo económico-matemático de programación de metas múltiples con prioridades**, proporciona los fundamentos teóricos, metodológicos y prácticos necesarios, para lograr la adecuada integración de los indicadores fundamentales de producción y de eficiencia empleados en el proceso de planificación anual del movimiento de rebaño, lo que permite determinar la estructura óptima del movimiento de rebaño y contribuir a la elaboración y fundamentación del plan económico anual.

El procedimiento diseñado se sustenta en la construcción y desarrollo del modelo económico-matemático y en la adecuación y adaptación de teorías y métodos cuantitativos de optimización a la planificación de los procesos económicos en la ganadería vacuna, en las condiciones cubanas. Demostrándose la posibilidad y conveniencia de la introducción de nuevos procedimientos cuantitativos para la elaboración y fundamentación de la planificación empresarial.

La formulación del modelo económico-matemático tiene en cuenta las fases que constituyen el balance del movimiento de rebaño y la integración de los indicadores fundamentales de producción y de eficiencia empleados en el proceso de planificación, donde se *construyen restricciones*: para el movimiento de las categorías por edad y sexo del rebaño, para garantizar la transferencia de animales hacia las categorías inmediatas superiores, para garantizar un determinado volumen o rango de animales en algunas de las categorías, para garantizar el rebaño planificado al final del período de un año, para garantizar la correspondencia entre la transferencia de animales de una categoría a otra, para regular la extracción de animales para carne o venta dentro de cada una de las categorías, para garantizar la correlación estructural necesaria entre distintas categorías, para garantizar las necesidades alimentarias y para garantizar las áreas necesarias para la alimentación.

Con el fin de lograr que el proceso económico y productivo modelado sea efectivo, se tienen en cuenta los factores más relevantes en la planificación del movimiento de rebaño, tratando de no

soslayar aquellos que tienen mayor incidencia en la problemática modelada, a fin de evitar decisiones erróneas. La posibilidad de conjugar estos factores sobre una base científicamente argumentada, se logra mediante el planteamiento del modelo económico-matemático de metas múltiples con prioridades para la programación del movimiento de rebaño; este se formula a continuación.

Índice:

$i = 1,...,n$ Categorías de edad y sexo, con un valor de $n = 12$.

donde: i = 1 Vacas; i = 2 Novillas; i = 3 Añojas; i = 4 Terneras, hasta un año; i = 5 Terneras, crías; i = 6 Toros para Ceba; i = 7 Bueyes; i = 8 Sementales; i = 9 Toretes; i = 10 Añojos; i = 11 Terneros, hasta un año; e i = 12 Terneros, crías.

Definición de las variables de decisión:

X_i	Porcentaje de cabezas del rebaño destinadas a la venta o al sacrificio por categoría de edad y sexo i.
X_{i+n}	Cantidad (número) de cabezas del rebaño correspondientes a la categoría de edad y sexo i, llegadas de la categoría inmediata inferior.
X_{i+2n}	Cantidad (número) de cabezas del rebaño correspondientes a la categoría de edad y sexo i, transferidas a la categoría inmediata superior.
X_{i+3n}	Cantidad (número) de cabezas del rebaño por categoría de edad y sexo i, al final del año (período de planificación).
X_{i+4n}	Cantidad (número) de cabezas de animales a comprar por categoría de edad y sexo i a terceros.

Definición de las variables de desviación:

d_{1i}^+ y d_{1i}^-	Cantidad por encima y por debajo, respectivamente, respecto a la meta de la restricción del movimiento de las categorías por edad y sexo i del rebaño.
d_{2i}^+ y d_{2i}^-	Cantidad por encima y por debajo, respectivamente, respecto a la meta de la restricción que garantiza la transferencia de animales hacia las categorías i inmediatas superiores.
d_3^-	Cantidad por debajo respecto a la meta de la restricción, que garantiza la existencia del rebaño planificado al final del año.
d_{4i}^+ y d_{4i}^-	Cantidad por encima y por debajo, respectivamente, respecto a la meta de la restricción, que garantiza la correlación estructural necesaria entre distintas categorías i.
d_5^+ y d_5^-	Cantidad por encima y por debajo, respectivamente, respecto a la meta de la restricción, que garantiza la producción mercantil de carne en pie del rebaño.

Definición de los parámetros y coeficientes del modelo:

Notación	Definición de parámetros y coeficientes del modelo
a_i	Número de cabezas del rebaño a inicio del año por categoría de edad y sexo i.
a	Número total de cabezas del rebaño a inicio del año.
c_i	Número de cabezas previstas a nacer de las categorías terneras crías y terneros crías i.
m_i	Porcentaje de pérdida (tasa de mortalidad) por categoría de edad y sexo i.
p_i	Kilogramos del peso vivo promedio de cada cabeza de ganado por categoría de edad y sexo i.
g_i g_i	Cantidad mínima y máxima de cabezas de ganados por categoría de edad y sexo i, respectivamente.
d_i d_i'	Cantidad mínima y máxima de cabezas de ganados a comprar por categoría de edad y sexo i, respectivamente.
V	Número de cabezas mínimas de vacas necesarias para garantizar la producción de leche planificada de las vacas.
R	Producción promedio de leche anual por vaca, en litros.
P	Plan de producción de leche para el año, en litros.
b	Número de cabezas del rebaño planificadas total al final del año.
h_i h_i'	Porcentaje mínimo y máximo de ganado extraído para carne o venta por categoría de edad y sexo i, respectivamente.
t'	Valor máximo de proporcionalidad de la correlación estructural entre la categoría de edad y sexo inferior (i+3n) con respecto a la categoría de edad y sexo inmediata superior [(i+3n)-1] del rebaño al final del año.
$\hat{B}_2$	Ritmo de crecimiento o decrecimiento del rebaño, donde: $\hat{E}_{(Y_t/X_t)} = \hat{Y}_t = \hat{\beta}_1 \pm \hat{\beta}_2 X_t$
L superior	Límite superior del intervalo de confianza, para $\hat{\beta}_2$.
B	Producción mercantil de carne en pie del rebaño.
$\frac{a_i X_i}{100}$	Número de cabezas del rebaño destinadas a la venta o al sacrificio por categoría de edad y sexo i, excepto terneras crías y teneros crías.
$\frac{a_i m_i}{100}$	Número de cabezas del rebaño que desaparezcan por las diferentes causas de pérdida, como mortalidad, por categoría de edad y sexo i, excepto terneras crías y teneros crías.
$\frac{c_i X_i}{100}$	Número de cabezas del rebaño destinadas a la venta o al sacrificio por categoría de edad y sexo de terneras crías y teneros crías.
$\frac{c_i m_i}{100}$	Número de cabezas del rebaño que desaparezcan por las diferentes causas de pérdida, como mortalidad, por categoría de edad y sexo de terneras crías y teneros crías.
$\frac{a_i X_i}{100}$ p_i	Término que representa la producción mercantil de carne en pie de las categorías de edad y sexo i, excepto las categorías terneras crías y terneros crías.
$\frac{c_i X_i}{100}$ p_i	Término que presenta la producción mercantil de carne en pie de las categorías de edad y sexo i, terneras crías y terneros crías.

Definición de las metas de preferencia:
Se definen en orden de importancia decreciente, siendo P_1 la prioridad más importante.
P_1- Para garantizar producción mercantil de carne en pie del rebaño.
P_2- Para garantizar el plan de cabezas del rebaño por categoría de edad y sexo al final del año.
P_3- Para garantizar la adecuada correlación estructural entre distintas categorías.
P_4- Para garantizar el adecuado movimiento de las categorías por edad y sexo del rebaño.
P_5- Para garantizar la transferencia de animales hacia las categorías inmediatas superiores.

El sistema de restricciones del modelo económico-matemático de programación de metas múltiples con prioridades se encuentra formado por el siguiente sistema de ecuaciones e inecuaciones.

La correspondencia existente entre los distintos elementos relevantes del movimiento de rebaño, para cada una de las categorías por edad y sexo de los animales, se representa por la ecuación:

$$\frac{a_i X_i}{100} - X_{i+n} - X_{i+4n} + X_{i+2n} + X_{i+3n} + d_{1i}^- - d_{1i}^+ = a_i - \frac{a_i m_i}{100} \; ; \quad i = 1,2,3,4,6,7,8,9,10,11$$

Las transferencias de todas las terneras y terneros crías a la categoría inmediata superior, excepto las crías que se destinan para el sacrificio y ventas, se expresa por la ecuación:

$$\frac{c_i X_i}{100} + X_{i+2n} = c_i - \frac{c_i m_i}{100} \; ; \quad i = 5,12$$

Las transferencias de categorías inferiores hacia categorías inmediatas superiores de todo el rebaño, excepto terneras y terneros crías, se formula por la ecuación:

$$\frac{a_i X_i}{100} + X_{i+2n} + d_{2i}^- - d_{2i}^+ = a_i - \frac{a_i m_i}{100} \; ; \quad i = 2,3,4,9,10,11$$

Para garantizar un determinado rango en la cantidad de animales en algunas de las categorías, al finalizar del período de planificación, se consideran las siguientes inecuaciones:

$$X_{i+3n} \geq g_i \; ; \quad i = 1,\ldots,n \qquad\qquad X_{i+3n} \leq g_i' \; ; \quad i = 1,\ldots,n$$

Para garantizar la obtención de la cantidad total del rebaño planificado para el período, se considera la siguiente ecuación:

$$\sum_{i=1,2,3,4,6,7,8,9,10,11} X_{i+3n} + d_3^- = b \qquad \text{donde: } b = a + L_{\text{superior}}$$

Para garantizar la correspondencia entre la transferencia de animales de una categoría a otra, se representan las siguientes ecuaciones:

$$X_{i+n} - X_{(i+2n)+1} = 0 \; ; \quad i = 1,2,3,4,9,10,11$$

$$\sum_{i=6,7,8} X_{i+n} - X_{33} = 0 \; ; \quad \text{Transferencia de toretes a las categorías superiores.}$$

Para regular la extracción de animales para carne o venta dentro de cada una de las categorías, se plantean las siguientes inecuaciones:

$$X_i \geq h_i \; ; \quad i = 1,\ldots,n \qquad\qquad X_i \leq h_i' \; ; \quad i = 1,\ldots,n$$

Para expresar las correlaciones estructurales entre las diferentes categorías de edad y sexo del rebaño, se considera la ecuación:

$$X_{i+3n} - t' X_{(i+3n)+1} + d_{4i}^- - d_{4i}^+ = 0 \; ; \quad i = 1,\ldots,n$$

Para garantizar la compra a terceros en el período de planificación, se plantean las siguientes inecuaciones:

$$X_{i+4n} \geq d_i \; ; \quad i = 1,\ldots,n \qquad\qquad X_{i+4n} \leq d_i' \; ; \quad i = 1,\ldots,n$$

Para garantizar el cumplimiento de la producción mercantil de carne en pie del rebaño, se formula la ecuación:

$$\sum_{i=1,2,3,4,6,7,8,9,10,11} \frac{a_i X_i}{100} p_i + \sum_{i=5,12} \frac{c_i X_i}{100} p_i + d_5^- - d_5^+ = B$$

Por último, se consideran las restricciones de la condición de no negatividad de las variables de decisión y de las variables de desviación definidas en el modelo.

La función objetivo del modelo matemático de meta lineal con prioridades, se construye considerando las variables desviación y el orden de prioridad establecido con los decisores, o sea:

$$\text{Mínimo} \quad Z = P_1(d_5^- + d_5^+) + P_2 d_3^- + P_3(d_{4i}^- + d_{4i}^+) + P_4(d_{1i}^- + d_{1i}^+) + P_5(d_{2i}^- + d_{2i}^+)$$

La determinación y validación de la cantidad de cabezas del rebaño planificadas total al final del año *(b),* se realiza mediante el análisis econométrico. Para verificar la confiabilidad y eficiencia de las predicciones obtenidas a partir de la función de regresión estimada del rebaño a final del año, así como la validez de la prueba estadística F de Fisher en la significación de la función de regresión estimada, se verifican los supuestos básicos del modelo, contrastando la veracidad de los supuestos de normalidad, de no autocorrelación, de homocedasticidad, y de no multicolinealidad en los que se ha basado la construcción del modelo econométrico; o sea, para justificar la precisión de la función de regresión estimada del rendimiento, se emplean las pruebas Durbin-Watson, Breusch-Godfrey, general de la heterocedasticidad de White y Jarque-Bera.

2.3.2- Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la Empresa Genética y Cría "Manuel Fajardo"

Los resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la Empresa Genética y Cría "Manuel Fajardo", se corresponden con el diseño, validación e implementación del procedimiento para la programación óptima del balance del movimiento de rebaño vacuno, como elemento de fundamentación de la planificación.

A continuación, se describen los resultados obtenidos de forma sintetizada, en correspondencia con las fases que conforman el balance del movimiento de rebaño.

Análisis óptimo de las entradas del balance de movimiento de rebaño

Un momento trascendental en el movimiento de rebaño son los cambios de categorías que se originan en correspondencia con la edad y sexo de este, es decir las transferencias que se producen de la categoría inferior a la categoría inmediata superior dentro del mismo sexo. En total, se produce el traslado natural entre las categorías de 6625 animales y tienen un peso importante las transferencias de las categorías de edades inferiores a las categorías vacas, añojas, terneras, añojos y terneros, que representan el 80,96% de las transferencias totales.

Análisis óptimo de las salidas del balance de movimiento de rebaño

El porcentaje óptimo del rebaño extraído para la venta o el sacrificio con respecto a la existencia inicial, se encuentra formado por nueve categorías en grupos de edad y sexo, como se muestra a continuación: 8% de las vacas, 11% de las novillas, 25% de las añojas, 28% de las terneras, 20% de los toros, 8% de los bueyes, 85% de los toretes, 35% de los añojos, y 20% de los terneros. En total, se extraen para la venta o el sacrificio 1636 cabezas.

La cantidad óptima de cabezas del rebaño destinados a la venta o sacrificio, desglosada por categoría de edad y sexo, permitió alcanzar una producción mercantil de carne en pie del rebaño total anual de 386520 kg, incrementándose en 37985 kg la producción mercantil de carne en pie del rebaño total, o sea, en un 10.91%.

Los terneros, las terneras hasta un año, las vacas y los añojos son las categorías que mayor incidencia tienen en las pérdidas por muerte y constituyen el 63.11% del total de las muertes.

Análisis de la estructura óptima del rebaño completo al final de año

Para el análisis del balance del movimiento de rebaño desde la perspectiva productiva y económica, es indispensable la evaluación de la estructura óptima del rebaño al final de año. Siendo la estructura óptima la mejor alternativa en el contexto del modelo económico-matemático planteado, es decir, es la estructura que mejor representa las existencias finales por cada una de las categorías de edad y sexo. Su distribución se muestra a continuación: 3850 vacas, que representan el 41.24% del rebaño, 1800 novillas, que representan el 19.28% del rebaño, 650 añojas, que representan el 6.96 % del rebaño, 933 terneras, que representan el 9.99% del rebaño, 300 toros de ceba, que representan el 3.21% del rebaño, 250 bueyes, que representan el 2.67% del rebaño, 2 sementales, que representan el 0.02% del rebaño, 250 toretes, que representan el 2.67% del rebaño, 400 añojos, que representan el 4.28% del rebaño y 900 terneros hasta un año, que representan el 9.64% del rebaño. Se alcanza un rebaño total de 9335 cabezas de animales.

Se destaca que las vacas y novillas, como categorías estratégicas para el desarrollo de la masa ganadera, representan el 60.52% del rebaño al final de año, lo que contribuyó a garantizar, para el año el índice de reproducción y futuro crecimiento del rebaño, así como lograr el nivel satisfactorio de producción de leche planificada anual de 750000 litros.

Comparación entre la estructura óptima planificada (propuesta)[2] y la real del rebaño al final de año

La comparación entre la estructura del rebaño derivada de la solución óptima del modelo económico-matemático de metas múltiples con prioridades y la estructura real del rebaño alcanzada por la empresa al final del año, es un aspecto importante en el análisis de la solución óptima obtenida y sirve para medir la validez de la proyección realizada, máxime cuando se estudia el comportamiento y evolución de la masa ganadera que constituye un proceso económico-productivo complejo.

Al contrastar la estructura óptima propuesta del rebaño al final de año con respecto a la estructura real para el mismo período, se plantea un crecimiento del 1,46% de cabezas con respecto a lo real, equivalente a 134 animales.

Para comprobar si existe correspondencia entre la estructura óptima, obtenida a partir de la solución del modelo de meta, y la estructura real, se aplica la prueba estadística de rango de Wilcoxon, prueba no paramétrica para dos muestras relacionadas. Se puede afirmar que la estructura óptima propuesta del rebaño para final del año y la estructura real del rebaño para final de año, no difieren y no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas estructuras para un nivel de significación del 5%. No obstante, la estructura óptima propuesta presenta mejores características, con respecto a la composición de las categorías relevantes del rebaño que definen su desarrollo perspectivo.

Análisis de la estructura propuesta del rebaño hembra para final de año

Dada la situación existente a inicio de año, es necesario realizar determinados cambios que permitan alcanzar un rebaño hembra al final del horizonte de planificación, con valores próximos a las proporciones de la estructura deseada. La empresa, para garantizar la estructura propuesta de la solución óptima del modelo en el rebaño de hembra al final del año, próxima a la estructura deseada, debe prever un incremento de las vacas y añojas, así como una disminución de las novillas, con respecto a la estructura real a inicio de año. La estructura

[2] La estructura propuesta corresponde a la solución óptima obtenida con la aplicación del modelo económico-matemático de metas múltiples con prioridad.

propuesta del rebaño hembra se acerca más a la deseada que la estructura real existente a inicio de año, lo que posibilita una mejor composición de vacas, novillas y añojas.

2.3.3- Resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la Empresa Agropecuaria e Industrial del MININT

Los resultados que demuestran la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la Empresa Agropecuaria e Industrial del MININT, se corresponden con el diseño, validación e implementación del procedimiento para la programación óptima del balance del movimiento de rebaño vacuno como elemento de fundamentación de la planificación.
A continuación, se describen los resultados obtenidos de forma sintetizada, en correspondencia con las fases que conforman el balance del movimiento de rebaño.

Análisis óptimo de las entradas del balance de movimiento de rebaño
Con respecto a la transferencia de categorías inferiores dentro del mismo sexo a la categoría inmediata superior, se produce el traslado natural de 954 animales, siendo el predominante las transferencias en categorías de edades inferiores a las categorías añojas, terneras hasta un año, toretes, añojos y terneros hasta un año.
En las entradas, juegan también un rol importante los nacimientos y las compras. Las compras se concentran en categorías de edades inferiores, predominando la compra de machos, como toretes, añojos y terneros hasta un año, para un 70.77% del total de animales a comprar.

Análisis óptimo de las salidas del balance del movimiento de rebaño
El porcentaje óptimo del rebaño extraído para la venta o el sacrificio se encuentra formado por las doce categorías por grupos de edad y sexo, como se muestra a continuación: 12% de vacas que representan 61 cabezas, 11% novillas que representan 55 cabezas, 27.59% de añojas que representan 27 cabezas, 26.65% terneras hasta un año que representan 58 animales, 19.75% de terneras crías que representan 41 animales, 20% de toros de ceba que representan 19 animales, 8% de bueyes que representan 10 animales, 25% de sementales que representan 15 animales, 84.45% de toretes que representan 93 animales, 34.74% de añojos que representan 92 animales, 18.02% de terneros hasta un año que representan 35 animales y 17.90% de terneros de crías que representan 37 animales. En total, se extraen para la venta o el sacrificio 543 animales.
El número óptimo de cabezas del rebaño destinados a la venta, desglosado por categoría de edad y sexo, permitió alcanzar una producción mercantil de carne en pie del rebaño total anual de 129262.5 kg, incrementándose en 39392.5 kg la producción mercantil de carne en pie del rebaño total, o sea, en un 30.47%.
Las cincos categorías que más contribuyen a la producción mercantil de carne en pie son: los toretes con 29728.0 kg, las vacas con 21945.6 kg, los añojos con 20178.4 kg, las novillas con 13147.2 kg, para un total 84999.2 kg y los toros de ceba con 8832.0 kg que representa el 72.59% de la producción mercantil de carne en pie del rebaño total óptimo anual.
Las terneras y terneros, en sus diferentes categorías, son los que mayor incidencia tienen en las pérdidas por muerte, ya que son los más vulnerables a las enfermedades, representando un total de 42 muertes, que representan el 67% de las muertes totales del rebaño.

Análisis de la estructura óptima del rebaño completo al final de año
La estructura óptima del rebaño, prevista para el final del año, se encuentra formada por las diez categorías, por grupos de edad y sexo, como se muestra a continuación: 528 vacas, que representan el 25.53% del rebaño, 379 novillas, que representan el 18.33% del rebaño, 149 añojas, que representan el 7.21% del rebaño, 193 terneras hasta un año, que representan el

9.33% del rebaño, 73 toros de ceba, que representan el 3.53% del rebaño, 115 bueyes, que representan el 5.56% del rebaño, 60 sementales, que representan el 2.90% del rebaño, 194 toretes, que representan el 9.38% del rebaño, 187 añojos, que representan el 9.04% del rebaño y 190 terneros hasta un año, que representan el 9.19% del rebaño. Se alcanza un rebaño total óptimo de 2068 cabezas de animales. La solución planteada es la mejor alternativa en el marco del problema planteado.

Comparación entre la estructura óptima planificada (propuesta) y la real del rebaño al final de año

La estructura óptima planificada del rebaño al final de año no plantea cambios relevantes en la política ganadera de la empresa, con respecto a la estructura real del rebaño al final del año, la estructura óptima planificada plantea un incremento del 2,17% de cabezas con respecto a la real obtenida, equivalente a 44 animales, distribuidos entre las diferentes categorías, por edad y sexo.

Con el propósito de verificar la validez de la estructura óptima del rebaño al final del año, se plantea la prueba estadística de rango de Wilcoxon. Se puede afirmar que la estructura óptima planificada del rebaño al final del año y la estructura real del rebaño al final de año, no difieren, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas estructuras, para un nivel de significación del 5%.

Análisis de la estructura óptima del rebaño hembra al final de año

La estructura del rebaño hembra es importante para lograr la estabilidad de todo el rebaño, ya que influye en la reproducción del rebaño e incide decisivamente en los nacimientos y en el reemplazo.

La estructura real del rebaño hembra al inicio del período presenta una proporción de novillas extremadamente alta y el de las vacas es baja. Además, existen pocos nacimientos de terneras en relación con la cantidad de vacas y novillas, por lo que, dada la situación existente, es necesario realizar determinados cambios que permitan alcanzar un rebaño, al final del período, próximo a las proporciones de la estructura deseada.

En correspondencia con lo anterior, se propone una estructura óptima planificada del rebaño hembra para final de período, con la que se mejora sustancialmente la estructura de vacas, novillas y añojas real de inicio de año; se plantea incrementar la proporción de vacas de 38,43% a 42,27% debiéndose crecer en 20 vacas, disminuir la proporción de novillas de 37,67 % a 30,34% debiéndose decrecer en 119 novillas, y acrecentar la proporción de añojas de 7,41% a 11,93% debiéndose crecer en 51 añojas.

La estructura óptima del rebaño hembra recomendada para final de año y la estructura realmente alcanzada exhiben cierta similitud, tanto en cantidad de animales como en estructura porcentual, solo existe una diferencia total de dos animales. La semejanza lógica entre ambas estructuras demuestra la validez del procedimiento aplicado.

Parte III: ACREDITACIÓN DE LA INTRODUCCIÓN DEL RESULTADO Y DE SU IMPACTO

AVALES

Avales que acreditan los resultados obtenidos y su impacto:

- AVAL 1: Director Adjunto de la Empresa Azucarera Granma.
- AVAL 2: Directora de Operación de Zafra de la Empresa Azucarera Granma.
- AVAL 3: Jefe de Mantenimiento Industrial de la Empresa Azucarera Granma.
- AVAL 4: Director y Jefe de Zafra de la UEB Central Azucarero “Roberto Ramírez Delgado”.
- AVAL 5: Jefe de Producción y Jefe de Laboratorio de la UEB Central Azucarero “Roberto Ramírez Delgado”.
- AVAL 6: Directora y Director Económico de la Empresa Agropecuaria e Industrial. MININT Granma.
- AVAL 7: Departamento de producción de la Empresa Agropecuaria e Industrial. MININT Granma.
- AVAL 8: Director Económico y Especialista en Planificación de la Empresa de Genética y Cría “Manuel Fajardo”.
- AVAL 9: Director Económico de la Empresa de Genética y Cría “Manuel Fajardo”.
- AVAL 10: Subdelegada de Ganadería, Delegación de la Agricultura Granma.
- AVAL 11: Directora Adjunta Empresa de Genética y Cría Manuel Fajardo.
- AVAL 12: Dictamen del Consejo Científico de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad de Granma, evaluando la propuesta a premio.

<u>Observación</u>:
En la CARPETA ANEXO I- AVALES, se adjuntan las evidencias en correspondencia con la numeración anterior.

Parte IV
RESULTADOS DE CIENCIA Y RELEVANCIA ASOCIADOS AL PREMIO: PUBLICACIONES, EVENTOS, PREMIOS Y TESIS

PUBLICACIONES relacionadas con la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna.

Las publicaciones siguientes tienen relación directa con la investigación tanto desde el punto de vista teórico, metodológico o práctico:

1. Libro científico-técnico basado en los resultados de la investigación y arbitrado por especialistas en la temática. Título: "Modelación matemática de procesos económicos. Aplicaciones". Editorial Universo Sur, 2019. Universidad Metropolitana de Ecuador, 2019. Páginas 266. ISBN: 978-959-257-544-8. Grupo I.
   *** Este libro es el resultado de varios años de trabajo científico investigativo del Dr. Ramiro Infante Roblejo, en la temática abordada.**
   Se encuentra editado en **físico** y en digital en el sitio https://universosur.ucf.edu.cu
2. "Programación matemática del balance de movimiento de rebaño vacuno". Publicado como Artículo Científico en la Revista Universidad y Sociedad, Cuba. Vol. 11, Núm. 4, pp. 238-251, 2019. ISSN: 2218-3620. Revista indexada en: SCOPUS, Emerging Sources Citation Index (ESCI) de la Web of Science, SciELO, etc. Grupo I.
   https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/issue/view/52
3. "Procedimiento para el pronóstico del tiempo perdido en la industria azucarera cubana". Publicado como Artículo Científico en la Revista Universidad y Sociedad, Cuba. Vol. 13, Núm. 2, pp. 119-133, 2021. ISSN: 2218-3620. Revista indexada en: SCOPUS, Emerging Sources Citation Index (ESCI) de la Web of Science, SciELO, etc. Grupo I.
   https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/issue/view/62
4. "Los procesos didácticos para el tratamiento de teoremas matemáticos en el nivel superior". Publicado como Artículo Científico en la Revista Universidad y Sociedad. Cuba, Vol. 9, Núm. 3, pp. 145-153, 2017. ISSN: 2218-3620. Revista indexada en: SCOPUS, Emerging Sources Citation Index (ESCI) de la Web of Science, SciELO, etc. Grupo I. https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/issue/view/39
5. "Formulaciones y demostraciones de los teoremas de los catetos y de la altura mediante teselaciones poligonales". Revista Pensamiento Matemático. Universidad Politécnica de Madrid. Vol. X, Núm.1, pp. 51-72, 2020. ISSN: 2174-0410. Grupo II.
   http://www2.caminos.upm.es/Departamentos/matematicas/revistapm/index4.html
6. Capítulo de libro. "El papel de la heurística en el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática". Libro sobre la Enseñanza de la Matemática, Tomo I. Impreso en la Universidad de Cuenca Ecuador. 2019. Pág. 1-20. ISBN: 978-9978-14-446-6.
7. "Condicionamiento de las funciones reales de una variable en la modelación matemática". Publicado como Artículo Científico en la Revista Roca. Vol. 17, No. 1, pp. 290-303, 2021. ISSN: 2074-0735. Grupo III.
   https://revistas.udg.co.cu/index.php/roca/article/view/2203/4210

8. “La ecuación básica de la contabilidad como modelo matemático”. Publicado como Artículo Científico en la Revista Roca. Cuba, Vol. 14, Núm. 1, pp. 21-29, 2018. ISSN: 2074-0735. Grupo III. https://revistas.udg.co.cu/index.php/roca/issue/view/9
9. “Planificación el movimiento de rebaño vacuno mediante la modelación matemática”. Publicado como artículo científico en el libro “XV Conferencia Internacional de Ciencias Económicas y Empresariales” registrado con el **ISBN 978-959-7222-07-1** en la Cámara Cubana del Libro. Libro publicado por Ediciones Universidad de Camagüey en el año 2018, ciudad de Camagüey, Cuba.
https://isbn.cloud/9789597222071/xv-conferencia-internacional-de-ciencias-economicas-y-empresariales/
https://isbn.cloud/cu/editorial/ediciones-universidad-de-camaguey/
10. “Aplicación de técnicas cuantitativas de gestión en la modelación de procesos productivos de la ganadería”. Publicado como artículo en la 10ma Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín. Simposio de las ciencias naturales y agropecuarias para el desarrollo sostenible. 2021. **ISBN: 978-959-7237-99-0**.
https://eventos.uho.edu.cu/index.php/ccm/index/search/authors/view?firstName=Ramiro&middleName=&lastName=Infante%20Roblejo&affiliation=&country=CU
11. “Actualización de los procesos didácticos para el tratamiento de teoremas matemáticos en el nivel superior, primera parte”. Publicado como Artículo Científico en el IV Coloquio Internacional de Filosofía y Aprendizaje de la Ciencia CIFAC/2016. **Editorial Feijoo**, **ISBN 978-959-312-204-7**. Además, acreditado como publicación por el Centro de Documentación e Información Científico Técnica de la Universidad Central de Las Villas, Cuba.
12. “Actualización de los procesos de valoración, asimilación, aplicación y generalización para el tratamiento de teoremas matemáticos en el nivel superior”. Publicado como Artículo Científico en el IV Coloquio Internacional de Filosofía y Aprendizaje de la Ciencia CIFAC/2016. **Editorial Feijoo**, **ISBN 978-959-312-204-7**. Además, acreditado como publicación por el Centro de Documentación e Información Científico Técnica de la Universidad Central de Las Villas, Cuba.
13. “Programación eficiente de procesos económicos y productivos en empresas ganaderas que contribuyen al desarrollo local”. Publicado en las memorias del VII Congreso Internacional Cubano de Desarrollo Local. VII Taller Internacional de Desarrollo Local. Universidad de Granma, 2019. **ISBN: 978-959-16-4278-3.**
14. “Procedimiento para el pronóstico del tiempo perdido en la industria azucarera como instrumento de planificación”. Publicado en las memorias del VIII Congreso Internacional Cubano de Desarrollo Local. VIII Taller Internacional de Desarrollo Local. Universidad de Granma, 2021. **ISBN: 978-959-16-4229-3.**
15. “Formulación de un modelo matemático de programación de metas múltiples aplicado a la planeación ganadera”. Publicado por la Editorial “Ediciones UDG” de la Universidad de Granma. Libro Resumen del XVIII Congreso Internacional de Computación y Matemática, 2021. Tiene ISBN.

Observación:
En la CARPETA ANEXO II- PUBLICACIONES, se adjuntan las evidencias en correspondencia con la numeración anterior.

TRABAJOS PRESENTADOS EN *EVENTOS CIENTÍFICOS* Y *FORUM* DE CIENCIA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA relacionados con la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna.

Los trabajos presentados en eventos tienen relación directa con la investigación tanto desde el punto de vista teórico, metodológico o práctico, a continuación se relacionan:

1. V Encuentro Nacional de Economía Agropecuaria. Tribunal y ponente, 2017.
2. IV Coloquio Internacional de Filosofía y Aprendizaje de la Ciencia CIFAC/2016. Universidad Central de las Villa. Autor y ponente, 2016. Título: “Actualización de los procesos didácticos para el tratamiento de teoremas matemáticos en el nivel superior”. ISBN: 978-959-312-204-7.
3. IV Coloquio Internacional de Filosofía y Aprendizaje de la Ciencia CIFAC/2016. Universidad Central de las Villa. Autor y ponente, 2016. Título: “Actualización de los procesos de valoración, asimilación, aplicación y generalización para el tratamiento de teoremas matemáticos en el nivel superior”. ISBN: 978-959-312-204-7.
4. VI Taller Nacional de Integración Tecnológico-Pedagógica. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2018, Cuba. Título: “Elementos metodológicos a considerar en el proceso de modelación de la programación lineal”.
5. XV Conferencia Internacional de las Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Camagüey. Universidad de Camagüey. Autor y ponente, 2018, Cuba. Título: “Planificación del movimiento de rebaño vacuno mediante la modelación matemática”. ISBN: 978-959-7222-07-1.
   https://isbn.cloud/9789597222071/xv-conferencia-internacional-de-ciencias-economicas-y-empresariales/
   https://isbn.cloud/cu/editorial/ediciones-universidad-de-camaguey/
6. VII Congreso Internacional Cubano de Desarrollo Local. VII Taller Internacional de Desarrollo Local. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2019. Título: “Programación eficiente de procesos económicos y productivos en empresas ganaderas que contribuyen al desarrollo local”. ISBN: 978-959-16-4278-3.
7. VII Taller Nacional de Integración Tecnológico-Pedagógica. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2019. Título: “Métodos y modelos de pronósticos en la planificación empresarial. Una experiencia en la asignatura de Econometría”.
8. XVII Congreso Regional Computación y Matemática COMPUMAT 2020. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2020. Título: “Aplicación de la modelación matemática a procesos económicos de la producción ganadera”.
9. XVII Congreso Regional Computación y Matemática COMPUMAT 2020. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2020. Título: “Metodología para el pronóstico del tiempo perdido en la industria azucarera”.
10. XVII Congreso Regional Computación y Matemática COMPUMAT 2020. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2020. Título: “Modelo matemático de meta lineal con prioridades para la programación del movimiento de rebaño vacuno”.

11. XVII Congreso Regional Computación y Matemática COMPUMAT 2020. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2020. Título: “Condicionamiento de las funciones reales de una variable en la modelación matemática”.
12. VIII Taller Nacional de Integración Tecnológico-Pedagógica. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2020, Cuba. Título: “Pronóstico del tiempo perdido en la industria azucarera. Un enfoque desde el análisis econométrico”.
13. 10ma Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín. Simposio de las ciencias naturales y agropecuarias para el desarrollo sostenible. Universidad de Holguín. Autor y ponente, 2021. Cuba. Título: “Aplicación de técnicas cuantitativas de gestión en la modelación de procesos productivos de la ganadería”. ISBN: 978-959-7237-99-0. https://eventos.uho.edu.cu/index.php/ccm/index/search/authors/view?firstName=Ramiro&middleName=&lastName=Infante%20Roblejo&affiliation=&country=CU
14. VIII Congreso Internacional Cubano de Desarrollo Local. VIII Taller Internacional de Desarrollo Local. Universidad de Granma. Autor y ponente, 2021. Título: “Procedimiento para el pronóstico del tiempo perdido en la industria azucarera como instrumento de planificación”. ISBN: 978-959-16-4629-3.
15. XVIII Congreso Internacional de Computación y Matemática. Autor y ponente, 2021. Título: “Formulación de un modelo matemático de programación de metas múltiples aplicado a la planeación ganadera”.
16. XVII Forum de Ciencia e Innovación Tecnológica. Autor y ponente, 2021. Título: “Procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido en la industria azucarera”. Categoría *Relevante* a nivel del Municipio Bayamo, 2021, y propuesto para el Forum Provincial (Forum Provincial aún no efectuado).
17. 8vo Encuentro Nacional de Economía Agropecuaria. Autor y ponente, 2021. Título “Planificación óptima del proceso de producción en empresas agropecuarias”.
18. International Congress Compumatg 2022. Autor y ponente, 2021. Título: “Función de costo de la producción de azúcar: estimación, validación y determinación del valor óptimo”.

Observación:
En la CARPETA ANEXO III- EVENTOS, se adjuntan las evidencias en correspondencia con la numeración anterior.

Los *PREMIOS* que se muestran son resultados de la aplicación modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna:

1. **Premio del Rector de la Universidad de Granma**, en la categoría "**Resultado ya aplicado de mayor impacto económico".** Resolución Rectoral No. 58 enero de 2022.
   Título del resultado premiado:
   "Contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna".

2. **Sello "45 Aniversario de la Fundación de la Universidad de Granma"** como estímulo por los aportes significativos a la Universidad de Granma y al desarrollo de las ciencias en el contexto local y provincial. Resolución Rectoral No. 445 noviembre de 2021.

3. **Premio RELEVANTE en el XVII Forum de Ciencia e Innovación Tecnológica** Municipio Bayamo, 2021, y propuesto para el Forum Provincial (Forum Provincial aún no efectuado). Título del trabajo premiado: **"Procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido en la industria azucarera"**.

Observación:
En la CARPETA ANEXO IV- PREMIOS, se adjuntan las evidencias en correspondencia con la numeración anterior.

TESIS de *MAESTRÍAS* defendidas relacionadas con la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos en la industria azucarera y la ganadería vacuna:

1. Tesis en opción al título de Master en Contabilidad Gerencial.
   Título: "Propuesta metodológica para la evaluación del efecto económico provocado por el tiempo perdido en la industria azucarera".
   Entidad: Unidad Empresarial de Base Central Azucarero Bartolomé Masó Márquez.
   Tutor: Dr. C. Ramiro Infante Roblejo.
2. Tesis en opción al título de Master en Dirección.
   Título: "Propuesta metodológica para el pronóstico del tiempo perdido en la industria azucarera".
   Entidad: Unidad Empresarial de Base Central Azucarero Arquímedes Colina Antúnez.
   Tutor: Dr. C. Ramiro Infante Roblejo.
3. Tesis en opción al título de Master en Administración de Negocios.
   Título: "Procedimiento para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido en la industria azucarera".
   Entidad: Unidad Empresarial de Base Central Azucarero Roberto Ramírez Delgado.
   Tutor: Dr. C. Ramiro Infante Roblejo.
4. Tesis en opción al título de Máster en Dirección.
   Título: "Propuesta metodológica para la planificación óptima del movimiento del rebaño vacuno".
   Entidad: Empresa Agropecuaria del MININT.
   Tutor: Dr. C. Ramiro Infante Roblejo.
5. Tesis en opción al título de Master en Administración de Negocios.
   Título: "Perfeccionamiento del balance del movimiento de rebaño como instrumento de planificación en la ganadería vacuna".
   Entidad: Empresa Genética y Cría Manuel Fajardo.
   Tutor: Dr. C. Ramiro Infante Roblejo.

Actualmente se inician investigaciones de tesis de doctorado relacionadas con la contribución de la modelación matemática a la planificación de los procesos económicos de empresas azucareras y agropecuarias:

1. "Metodología para el pronóstico y análisis del efecto económico del tiempo perdido en la industria azucarera".
   Doctorando: MSc. Cándido Figueredo Varela.
   Tutor: Dr. C. Ramiro Infante Roblejo.
2. "Metodología para la optimización de los planes de producción en empresas agropecuarias".
   Doctoranda: MSc. Misley Milán Graell.
   Tutor: Dr. C. Ramiro Infante Roblejo.