

**UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ”
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL
TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO**

**Título: Evaluar la relación que existe entre
parámetro cualicuantitativo de la materia
extraña y la calidad de la miel final. UEB
“Ciudad Caracas”**

Autor: Yeneisys Bolaños Hernández

Tutor: Dr. C. Nelson Arsenio Castro Perdomo

Colaboradores: Ms.C Orlando Stable Rodríguez

Ing. Pedro Caballero Santana

Lic. Arturo González Águila

Cienfuegos, 2017

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ”
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

Título: Evaluar la relación que existe entre parámetro cualicuantitativo de la materia extraña y la calidad de la miel final. UEB “Ciudad Caracas”

Autor: Yeneisys Bolaños Hernández

Tutor: Dr. C. Nelson A. Castro Perdomo

Colaboradores: Ing. Orlando Stable Rodríguez

Ing. Pedro Caballero Santana

Lic. Arturo González Águila

Cienfuegos, 2017

A black and white portrait of Fidel Castro, looking slightly to the right. He is wearing a dark cap and has a beard. The background features the Cuban flag, with its red star and stripes visible on the left side.

Pensamiento

“Desde el momento en que nosotros hayamos resuelto el problema de la mecanización, habremos vencido el obstáculo más importante para tener grandes zafras. Así podremos tener una industria azucarera basada en cañas de la mejor calidad, de más alto rendimiento y un cultivo y una cosecha absolutamente mecanizados”

Fidel Castro Ruz, 1963.

Dedicatoria

Se la dedico en especial a mi mamá y a mi abuela, que son dos grandes tesoros en mi vida y siempre han estado conmigo en todo momento. Han sido mi motor impulsor para seguir adelante y lograr mis sueños.



Agradecimientos

Le agradezco con todo mi corazón por su ayudada incondicional a mi tutor Dr. C. Nelson Arsenio Castro Perdomo, por haberme enseñado algo nuevo cada día, por guiarme e instruirme para la vida futura, por haberse comportado como un padre, en fin, no me alcanzan las palabras para decir cuán importante ha sido para mí.

Al Ms. C. Orlando Stable Rodríguez por su entrega completa en la realización de esta tesis, por haberme tolerado y haber querido que todo salga bien.

A los trabajadores de la UEB Central Azucarero “Ciudad Caracas”, en especial a Caballero, Arturo, Dámaris, Erdwin, Luis Orlando, Clarita y Abraham, por haber contribuido de una forma u otra a la realización de esta tesis.

A las bibliotecarias de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, por haberme facilitado sin excusas, la bibliografía necesaria, y al excelente profesor Dr. Ing. Luis Gómez Rodríguez por su gran ayuda.

A mi querida madre que ha sido mi amiga inseparable y siempre me ha apoyado, a mi abuelita, que a pesar de sus años tiene un espíritu que me inspira a seguir adelante, a mi hermanito querido, a mi papá, a mis abuelos, tíos, primos, en fin, a toda mi familia que siempre han añorado este momento tan especial en mi vida.

A todas mis amistades que siempre han estado conmigo y me han apoyado para que logre mis sueños.

A mis compañeros de aula, que hemos estado juntos los cinco años de la carrera y hemos compartido momentos inolvidables como una gran familia

A mis profesores que han aportado su granito de arena para mi formación profesional.

Al Lic. Armando J. León Ortega por su apoyo y ayuda para que pudiera terminar mi tesis.

En fin, a todos Muchísimas Gracias!!!

Resumen

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo, “evaluar la relación que existe entre parámetros cualicuantitativo de la materia extraña y la calidad de la miel final en la UEB “Ciudad Caracas”, empleándose métodos tanto del orden teórico como prácticos. Para el análisis de los resultados se aplicaron métodos estadísticos tales como Statgraphics plus versión 5.0, y dentro de este, los multivariantes y de regresión avanzada, además del paquete estadístico SPSS.15, este último, con la intención de realizar un análisis de Clúster mediante el cual se seleccionaron los grupos de interferencia entre las variables de trabajo. Como principal resultado se logra la valoración de la influencia del contenido de cogollo sobre la calidad de la miel final (como Azúcares Totales) y las afectaciones económicas que por ello se generan.

Abstract

The present thesis aims to "evaluate the relationship between qualitative and quantitative parameters of foreign matter and the quality of final honey in the UEB" Caracas City ", using both theoretical and practical methods. Statistical methods such as Statgraphics plus version 5.0, and within it, the multivariate and advanced regression methods were applied, in addition to the statistical package SPSS.15, with the intention of performing a Cluster analysis using which selected the interference groups between the work variables. The main result is the assessment of the influence of cocoa content on the quality of the final honey (as Total Sugars) and the economic effects that are generated.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1: Estudios documentales.....	5
1.1. La caña de azúcar como materia prima para la producción azucarera	5
1.1.1. Las materias extrañas y la cosecha cañera	8
1.2. El proceso de producción de azúcar y los factores condicionantes de su eficiencia agroindustrial.....	12
1.3. La producción de mieles y la calidad de la materia prima	14
1.3.1. Las materias extrañas en la producción azucarera	14
1.3.2. Influencia de las materias extrañas en el proceso de producción azucarera.....	15
1.3.3 Incidencias que provocan las materias extrañas en cada subproceso dentro de la industria	16
1.4. La calidad de las mieles y las materias extrañas	17
1.4.1. Comercialización y uso de las mieles finales de caña de azúcar.....	20
1.5. Influencia del tipo de suelo en la generación de materia extraña en la producción azucarera.....	22
1.6. La contaminación ambiental y las materias extrañas en la producción azucarera	23
Capítulo 2: Fundamentación metodológica	24
2.1. Caracterización de la UEB Central Azucarero “Ciudad Caracas”	24
2.2. Descripción literal del proceso	27
2.3. Métodos empleados.....	31
2.4. Obtención de la base de datos para el análisis estadístico.....	32
Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados	34
3.1. Resultados del comportamiento del estudio.....	34
3.2. Comportamiento de los parámetros del proceso productivo, relativo a las variables objeto de estudio, según análisis estadístico	37
3.3. Análisis del comportamiento de la calidad de la miel final según el contenido de materias extrañas entradas a fábrica.	44
Conclusiones	47
Recomendaciones	49
Anexos	47

Introducción

La caña de azúcar “*Saccharum Officinarum L.*”, es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez en el Sureste Asiático y la India occidental. Su cultivo se extendió a casi todas las regiones tropicales y sub-tropicales. En los viajes de Cristóbal Colón a América la trasladaron a las islas del Caribe y de ahí pasó a la parte continental americana, particularmente a la zona tropical (CONADESUCA, 2015: 2).

La producción azucarera a nivel mundial necesita incrementar cada vez más sus niveles de eficacia y eficiencia en sus procesos agro-productivos y uno de los requerimientos a cumplir en cualquier condición que se logre, será el mantener o mejorar los niveles de calidad de sus procesos y por ende de sus productos terminados y el otro, entre tantos, será el de incrementar la diversificación de su producciones, desde la consideración más actual de entender o expresar en términos de energía todos los insumos y producciones logradas.

De modo particular, la industria azucarera cubana, al triunfo de la revolución era la única y más importante en nuestro país, con un desarrollo pobre, pero constituyó la principal fuente económica para la construcción del socialismo, poco a poco fue consolidándose, sufriendo grandes transformaciones en los momentos actuales, sin embargo, es necesario elevar la capacidad instalada y lograr la recuperación de la misma, pues no solo aporta un alimento indispensable para los seres humanos sino que Cuba puede exhibir con orgullo una agroindustria cañera con un alto grado de diversificación, se utiliza como fuente de materia prima para otras industrias , además, brinda su apoyo en el campo de la energía eléctrica (Martínez y León, 2012: 29).

Constituyó históricamente para el país, el sector económico principal, tal y como sucedió con muchos de los países de la región caribeña. Ello se explica entre otras razones, por su peso decisivo en la dinámica productiva del país y en la inserción internacional de la economía cubana (Díaz, 2015: 8).

Es necesario tomar en consideración, que la industria azucarera en Cuba se encuentra atravesando un proceso de reordenamiento y redimensionamiento con el objetivo de alcanzar mayores beneficios, tecnológicos, económicos y ecológicos, impuestos por las condiciones económicas y medioambientales en que se desarrolla actualmente (Rico, 2016: 1).

La significación antes referida sobre el peso de la producción azucarera sobre la economía cubana se evidencia en las directrices expuestas en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, donde se destacó que el gobierno cubano trabajaría en el redimensionamiento de la agro-industria azucarera como parte de un diseño de su estructura para reducir los costos y elevar la eficiencia de los procesos productivos (Cuba, Partido Comunista de Cuba, 2011).

La producción azucarera cubana representa una alternativa económica para el país cuya significación está refrendada en los Lineamientos trazados en el VII Congreso del Partido correspondientes al 173 y 174 (Cuba, Partido Comunista de Cuba, 2016: 38).

Nótese que este sector productivo está muy estrechamente vinculado con la producción de alimentos y la generación de energía, representando para algunas regiones como es el caso de Brasil, una oportunidad de desarrollo, centrado en el aprovechamiento de su flexibilidad tecnológica y la oportunidad que brinda a la producción de alcoholes, utilizados estos últimos como combustibles o aditivos a combustibles tradicionales como la gasolina, por citar uno de ellos.

Dentro de lo antes apuntado, uno de los productos comercializables en la industria azucarera son las mieles, sean derivadas de una u otra masa cocida, las que se presentan como materias primas para obtener otros nuevos productos como los anteriormente comentados, por lo que en tal sentido deben lograr atributos que como tal las caractericen desde su idoneidad para ser utilizadas en tales fines.

Otro destino productivo de las mieles derivadas de la caña de azúcar, son las levaduras destinadas tanto a la alimentación animal como humana, constituyendo excelentes fuentes de proteína, y que son logradas por procesos industriales ya consolidados, junto a otros procesos fermentativos que conducen a la multiplicidad de productos derivados de esta primitiva industria “la producción azucarera”. Todo ello demanda de la entrega de una materia prima de calidad satisfactoria.

Desde la perspectiva antes relacionada, se sabe que uno de los elementos que influye en la calidad de las mieles derivadas de la centrifugación de las masas cocidas resultantes del proceso de fabricación en la industria azucarera, lo es la calidad de la materia prima caña, sobre la que mucho se ha investigado pero que muy poco se aplica bajo el concepto de lograr un producto comercializable de mayor calidad “la miel”.

Muy en particular la industria azucarera cubana, utiliza métodos de cosecha que mantienen una entrada a fábrica, de elevados niveles de materia extraña que acompañan a la caña de azúcar, por las características propias de los sistemas de cosecha que se utilizan, ya sea manual o mecanizada y en lo específico, no todas las zonas del país, por no presentar una misma edafología, no tienen un similar comportamiento en los parámetros de materia extraña entrada a fábrica (según la época del año en que se realiza la cosecha), en el orden cuantitativo ni cualitativo, por lo que “no siempre se conoce la relación cualicuantitativa que existe entre la calidad de la materia prima caña y su repercusión en la calidad de las mieles que se produce, por lo que se asumirá como problema de investigación para el presente trabajo de tesis, el siguiente: “ qué relación existe entre parámetros cualicuantitativos de la materia extraña y la calidad de la miel final. UEB “Ciudad Caracas”.

Hipótesis:

El determinar la relación que existe entre los parámetros cualitativos y cuantitativos de la materia extraña que entra a fábrica y la calidad de las mieles producidas en la Empresa Azucarera Ciudad Caracas, permitirá trazar acciones que conduzcan a lograr un producto de mayor calidad para su comercialización, influyendo en la eficacia y la eficiencia de su proceso productivo.

Objetivo general:

Evaluar la relación que existe entre parámetro cualicuantitativo de la materia extraña y la calidad de la miel final. UEB “Ciudad Caracas”.

Objetivos específicos:

- Analizar el estado del arte sobre la relación contenido cualicuantitativo materias extrañas producción de mieles en la industria azucarera.
- Diagnosticar el proceso productivo agroazucarero de la Empresa Ciudad Caracas.
- Evaluar para cada etapa de la cosecha, los parámetros cualicuantitativos de la materia extraña entrada a fábrica y de las mieles producidas.
- Establecer los niveles de correlación entre calidad de la materia extraña entrada a fábrica y la calidad de las mieles producidas.

Métodos.

- La observación no participante.

- El análisis químico físico a materia extraña y mieles.
- Estadística multivariada.
- SPSS.15 para proceso información.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

Capítulo 1: Estudios documentales

La producción azucarera data desde la esclavitud, sujeta a una transformación paulatina, con la finalidad de incrementar la eficiencia de sus procesos, implícita la humanización de los mismos, no obstante existen múltiples factores que afectan la calidad de los productos finales resultante de estos procesos (bagazo, azúcar, cachaza y miel, fundamentalmente), como consecuencia muchas veces de la alteración de los productos intermedios que se generan a lo largo del mismo y que están estrechamente relacionados con la calidad de la materia prima utilizada, y muy en particular, las materias extrañas entradas a fábrica, gravitando ello sobre la comercialización de estos productos y cuyo comportamiento puede fluctuar, también por diferentes factores, razones que justifican su estudio.

1.1. La caña de azúcar como materia prima para la producción azucarera

La caña de azúcar es una materia prima con características relevantes que la sitúan como la planta comercial de mayores rendimientos en materia verde, energía y fibra, obtenida en ciclos de tiempo menores que otras especies (Taupier, 1988: 5).

Según Falcón et al. (1995: 10) la materia prima que se procesa en los ingenios está constituida por una mezcla de tallos sanos y limpios de la caña y por materias extrañas. Dicho autor no describe en su libro, las características ni la composición de estas materias extrañas, las que acompañan tanto a la caña como tal, y a los diferentes estratos que de ella se van derivando, como sucede, con el jugo mezclado posterior insumo de los restantes proceso, lo que condiciona su comportamiento posterior en buena medida. Según MINAZ (1990: 1).

La caña de azúcar, que mundialmente, constituye una de las principales fuentes de materia prima de la industria azucarera está compuesta básicamente: por fibra vegetal (bagazo) y por jugo. Contiene, como resultado de sus procesos fisiológicos una gran gama de productos, uno de los cuales es la sacarosa, fundamental, en el desarrollo de la humanidad (Martínez y León, 2012: 29).

La composición elemental es: (MINAZ, 1990: 1)

Fibra (componentes insolubles en agua)	12-15 %
--	---------

Jugo (agua más componentes solubles)	85-88 %
--------------------------------------	---------

El jugo está compuesto por:

Sacarosa (azúcar)	12-20 %
-------------------	---------

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

Sustancias no-azúcar	2-3 %
Agua	76-84 %

Las sustancias no-azúcar comprenden todos aquellos componentes, disueltos en el jugo, que no son sacarosa. Entre ellos se encuentran otros azúcares (fructosa y glucosa) identificados como azúcares reductores, materias orgánicas diversas (proteínas, aminoácidos, ácidos orgánicos) y sales inorgánicas (de calcio, magnesio, potasio, etc.).

La caña de azúcar no tiene características que puedan considerarse constantes en su composición, ya que según Casas (2004), esta puede variar debido a diferentes factores tales como: variedad, edad, época del año, condiciones del cultivo, tipo de suelo, tiempo de corte, influencia de las materias extrañas, condiciones higiénicas de la fábrica, eficiencia y disciplina del proceso industrial, entre otros, lo que hace que la materia prima a la entrada del central posea diferentes características, que afectan la calidad del azúcar recuperable.

Como materia prima para su aprovechamiento industrial, da lugar a ocho productos primarios que se originan durante la cosecha y su procesamiento. Estos son:

- Residuos de la cosecha que se quedan en el campo.
- Residuos de la cosecha separados en los centros de acopio y de limpieza.
- Agua vegetal.
- Cachaza.
- Miel final.
- Azúcar.
- Bagazo.
- Cenizas.

Diversos autores han hecho referencia a la relación que existe entre dichas proporciones y otros factores, tales como variedad, tipos de suelo, comportamiento de las variables climáticas, solo por comentar algunas, como por ejemplo, Trujillo y colaboradores, citado por Espinosa (2013) señalan que para lograr un adecuado desarrollo del ciclo vegetativo de los cultivos es importante conocer la distribución e intensidad de la lluvia y esta última en relación a las demanda del cultivo, asunto este manejado desde el propio riego en casos de situaciones extremas de déficit de agua o de períodos prolongados de sequías.

Al respecto Aguilar (2011: 170) apunta sobre la relación edáfica y su repercusión en la calidad del cultivo, por su parte, (Guerra y Hernández, 2014) refieren la relación que

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

existen entre el comportamiento de las variables climáticas y el llamado Cambio Climático, esbozando la relación de dependencia entre ellas, pudiéndose notar que dichas variables también tiene una influencia sobre los procesos vegetativos de las plantas y todo ello a su vez sobre la calidad de los cultivos como ya se ha apuntado, por lo que el referido fenómeno también gravita sobre la presencia de materias extrañas que acompañan a la caña de azúcar en su entrada a fábrica, repercutiendo en los restantes procesos fabriles y en la calidad de productos finales e intermedios. Florido, citado por Espinosa (2013) también reconoce los influjos de las modificaciones de clima sobre la pérdida de la productividad de los suelos, sumado a los efectos de un mal manejo agrícola.

En los momentos actuales del desarrollo tecnológico, sin dudas existen alternativas que como paquetes tecnológicos se ofertan por los centros de investigación, intencionados a palear las anomalías del clima y con ello, los influjos de enfermedades que limitan las potencialidades productivas de los cultivos, la caña de azúcar no es una excepción.

En tal sentido, resulta productivo tomar en consideración los señalamientos de Tintoré (2010) cuando advierte que solo las organizaciones con más capacidad de adaptación a las nuevas realidades tendrán la posibilidad de obtener continuamente éxito y sobrevivir, máxime si se toma en cuenta el desarrollo acelerado que han mantenido las tecnologías, apoyadas a su vez en el propio desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Romillo, 2013); todo ello, considerando que este cultivo genera materia prima para otras producciones fundamentales en la economía de no pocas regiones.

La realidad antes expresada, encuentra una dicotomía para el caso cubano, según los reportes de Castro (2014: 79) quien advierte sobre la falta de una visión empresarial respecto al papel transformador del uso de la ciencia y del conocimiento y la carencia de un análisis objetivo del por qué y el para qué del resultado científico a introducir, así como, una ausencia de demandas bien fundamentadas para la introducción de resultados de la ciencia y la tecnología, unido a una insuficiente pertinencia de la gestión universitarias del conocimiento y la innovación, todo lo cual redundo en una disminución de la competitividad de las empresas desde la diversificación de sus producciones y en ello, la industria azucarera también tiene su espacio para la reflexión.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

1.1.1. Las materias extrañas y la cosecha cañera

Las materias extrañas son todos los materiales ajenos al proceso no portadores de sacarosa: tierra, paja, cogollo, arena, objetos duros, entre otros. Estos materiales provocan errores de contabilidad, dificultan la descarga de caña a las esteras conductoras, aumentan el costo de transportación y además, generan pérdidas de azúcar por diferentes factores, entre ellos, las interacciones operativas en los procesos de extracción, filtración, fabricación y centrifugación y hasta en los propios gastos energéticos y con ello, el deterioro de los costos generales de producción, gravitando sobre la calidad del azúcar y hasta en los ingresos por conceptos de la misma, por repercutir fundamentalmente de modo negativo sobre los precios (Morrell, 1984: 30).

Según Falcón et al. (1995: 10) la incidencia sobre los costos de producción no es solo por lo que daña a la eficiencia industrial, sino por lo que determina sobre otros procesos complementarios como lo son, en el encarecimiento del corte, del tiro, el alza y transportación. Por esa razón se admite en la casi totalidad del mundo cañero un límite máximo de materias extrañas, del orden del tres al cinco por ciento en su entrada al proceso productivo del central, para poder así realizar una buena extracción del azúcar. Los estudios arrojan que por cada un por ciento de materias extrañas que entren al central se pierde un quilo y medio de azúcar por toneladas métricas (TM) de caña procesada, cifra no despreciable en comparación con las cuantías de caña procesada diariamente (MINAZ, 2010).

Convencionalmente las materias extrañas que acompañan a la caña de azúcar se clasifican como:

➤ Materia extraña de origen vegetal

a) Cogollos (Fors y Arias, 1997)

El cogollo o despunte es la porción superior no molible del tallo de la caña de azúcar, que tiene un desarrollo vegetativo muy activo, el cual puede contener jugo con sacarosa pero en concentraciones no extraíbles por el ingenio desde un punto de vista estrictamente económico.

Al respecto, Chaves y Rivera (2003: 10) citando a Valdés y colaboradores, señala que el cogollo corresponde a la sección superior del tallo carente de sacarosa en concentraciones con interés comercial. Por esta razón, la fracción superior es fabrilmente poco deseable y no

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

industrializable. Representa el componente vegetal por lo general más abundantes (aproximadamente 60 %) entre las diferentes fracciones que acompañan a la caña; esta fracción favorece además el ingreso de microorganismos al proceso fabril, así como también a la incorporación de jugos poco concentrados, cenizas y no azúcares melasigénicos, los cuales provocan una reducción al recobrado industrial, aumentando por el contrario los contenidos de melazas, al reducir la velocidad de cristalización y con ello, el incremento de los tiempos de trabajo y a la formación de color.

Los autores antes referidos, apuntan además sobre lo señalado por Fors y Arias al estimar que por cada un uno % de cogollo que ingresa con las cañas al proceso productivo, la pureza del azúcar disminuye en un 0,1524 por ciento.

Según Larrahondo (1995: 350), el cogollo entrado a fábrica es el responsable, además de la introducción de color, de la presencia de hasta el 60 % del nivel de polisacáridos solubles que afectan tanto la evaporación como la cristalización en el proceso de fabricación de azúcar comercial, constituido principalmente por fenoles y aminonitrógenos, todo lo cual gravita además, en la producción de mieles y hasta en su calidad, de aquí la importancia de tomar en cuenta la presencia de materias extrañas en el proceso de producción azucarera.

Otro efecto no deseado de estas sustancias melasigénicas, es la dificultad que generan en la clarificación de los jugos, al producir viscosidades que dificultan el arrastre de las partículas, lo que sumado a los efectos de turbulencia creados por variaciones de temperatura y con ello el condicionamiento a flujos turbulentos, hacen se produzcan jugos claros de mala calidad, lo que repercute hasta el propio proceso de agotamiento de las masas y mieles y con ello, la elevación de las purezas de estas últimas y la consiguiente reducción del recobrado.

La condición ideal fuera la de lograr flujos laminares que permitieran una correcta separación de partículas y con ello, la facilitación de lograr una materia prima intermedia que propenda a una elevada calidad del azúcar producido, reduciendo así las pérdidas y potenciando a su vez, el logro de indicadores de eficiencia industrial más acordes con la relación costo-beneficio económico, asunto este último que ha lastrado a la agroindustria azucarera cubana por varias décadas.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

b) Hojas secas y verdes

El principal problema que ocasiona este tipo de material extraño, según Palacio (1986, p. 409), es el volumen que ocupa en las carretas que transportan la materia prima “caña” al ingenio, sobre todo cuando se presentan excesos en las operaciones de carga en el campo. Es importante mencionar lo estimado por Barreto (1991: 192) sobre las dos clases de hojas que como materia extraña acompañan a la caña que entra al proceso fabril (verdes y secas), siendo la de más negativos efectos la seca, ya que induce una mayor caída de azúcar de uno y medio kilogramo por unidad porcentual de caña procesada.

Por su parte, Artavia (1982: 42) anota que las hojas secas en comparación con las hojas verdes, producen un aumento considerable en el contenido de bagazo % caña; así como también, inducen un incremento mucho mayor en los contenidos de la fibra, sin embargo, no refieren el efecto de estas en el coeficiente calórico de dicho bagazo, factor que en última instancia resulta de mayor significación por ser este material en combustible usado para la sostenibilidad energética de todo el proceso.

c) Raíces

Las raíces ya sean aéreas (adventicias) o pertenecientes a la base de la cepa, según refiere Fors (1983: 11) son materiales con alto contenido de fibra que prácticamente no contiene azúcar, razón por la cual ocasionan serios problemas durante la molienda y el procesamiento fabril de la caña.

d) Tallos secos

La presencia de este tipo de material al igual que las hojas que acompañan naturalmente a la caña, es desde todo punto de vista indeseable, por el volumen que ocupa en las carretas que transportan la materia prima de caña al ingenio. Representa un costo neto importante que no genera ningún beneficio complementario. Como problema para manipular esta clase de basura dentro del ingenio. Palacio (1986: 410) advierte que estas impurezas presentan dificultades en el proceso que se interpretan como una reducción en el agarre para la alimentación de los molinos; además de que son difíciles de moler por su relativo bajo contenido de fibra. Por el hecho de no contener azúcar, al mezclarse con la caña y su jugo, atrapan sacarosa que consecuentemente se pierde en el bagazo sin recuperación alguna. Los tallos secos tienen fibras cortas, las cuales no se deslizan fácilmente en los molinos y

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

producen tacos o atascamientos en los mismos, lo cual de acuerdo con Palacio (1986, p. 410), reduce la eficiencia de molienda, aumenta la cantidad de bagazo y por ende, incrementa las pérdidas de azúcar en el proceso.

e) Restos de cepas

Una cepa según Chaves y Rivera (2003: 11) se define como el conjunto de tallos perteneciente a una misma planta de caña, que poseen su propio sistema radicular. La cepa está constituida por tallos tanto industrializables como no industrializables y por tanto sin valor económico.

Luego de efectuada en el campo la corta de la caña, se procede a cargar los tallos en los vehículos que los transportan al ingenio. Cuando esta labor se realiza en forma mecánica, es factible introducir restos de cepas que afectan la pureza de los jugos de caña y reducen el contenido de azúcar extraído en el proceso fabril.

f) Mamones o hijos secundarios

Apuntan Chaves y Rivera (2003: 12) que son los retoños o renuevos de la cepa que surgen después de que la mayoría de los tallos han alcanzado su desarrollo normal; generan una caña gruesa, succulenta, por lo general no mayor de un metro de altura y muy pobre en concentración de azúcar y limitado interés comercial, por lo que no son industrializables ni deseables.

➤ Materia extraña de naturaleza mineral

a) Tierra, piedras y arena

Esta clase de impurezas se presentan por lo general cuando la caña es cosechada y cargada mecánicamente. Estos materiales son los más indeseables que pueden acompañar a la caña tanto desde el punto de vista físico como mecánico.

Según Palacio (1986: 410), al moler caña que contiene tierra se producen desde el punto de vista químico jugos turbios de baja calidad para la clarificación. Desde una perspectiva biológica, con la incorporación de tierra en la caña que va a la molienda, se introduce al proceso gran cantidad de microorganismos, los que actúan sobre los jugos de la caña y producen compuestos como manitol y dextranas, los cuales pasan por los clarificadores sin ser precipitados, a partir de lo cual aumentan la viscosidad de la meladura, reducen la transmisión de calor y disminuyen la capacidad de cocimiento de los tachos, afectando con

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

ello la eficiencia general de todo el central, incrementándose junto con las pérdidas, la formación de color.

Fors (1983: 12) señala que los problemas que puede causar la tierra en las fábricas de azúcar, dependen no sólo de la cantidad que ingresa al proceso, sino también de su composición física, ya que suelos con humedad excesiva y arenosos dificultan más la labor de cosecha mecánica, por lo que se incorpora mayor cantidad de tierra al central y con esto se producen daños, desgastes o trastornos significativos en los ejes de las mesas alimentadoras, cadenas principales del conductor de caña, masas de los molinos, bombas de sacarosa, clarificador y calderas, entre otros. Artavia (1982: 43) afirma que la tierra influye básicamente en la extracción de sacarosa, al aumentar considerablemente el contenido de bagazo % caña y la fibra % caña. Otro aspecto por considerar como lo señalan Fors y Arias (1997: 25), es que por cada un por ciento de tierra que ingresa con la caña al ingenio, la fibra se incrementa en 0,3044 %, lo que provoca mayor dificultad para extraer y recuperar la sacarosa que está contenida en los tallos de la caña.

La cosecha o corte de la caña de azúcar antes del triunfo de la revolución se realizaba de modo totalmente manual, necesitándose para ello fuerza manual de corte y en estas condiciones la materia prima que llegaba a los centrales era de muy buena calidad respecto al contenido de materias extrañas (alrededor de un dos por ciento según refieren diversas fuentes).

La cosecha mundialmente puede ser manual o mecanizada; en la actualidad esta es mecanizada en una cifra que oscila alrededor del 60 %; tanto en uno como en otro caso debe enviarse a la fábrica las fracciones de los tallos más ricas en azúcar y con la menor cantidad posible de materias extrañas (ladrones de azúcar) tales como tierra, cogollo, hojas, otros elementos no portadores de sacarosa, entre otros (Morrell, 1984: 17).

1.2. El proceso de producción de azúcar y los factores condicionantes de su eficiencia agroindustrial

En el MINAZ (1990: 2) se hace referencia a que en el caso de la materia prima caña, la calidad de la misma, a su vez, depende, en gran parte, del proceso de producción agrícola, cosecha y transporte y que la introducción de la mecanización en todas las labores de cultivo y cosecha de la caña, si bien ha representado un notable incremento de la productividad y la humanización del trabajo en las actividades de la zafra, conduce a un

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

incremento en los niveles de materias extrañas entrada a fábrica, generando a la par, una mayor posibilidad al deterioro de su calidad, por estar más expuesta al ataque de los microorganismos desde cada uno de los segmentos de corte que se producen, lo que hace se destruya una parte del azúcar contenido en la misma y se afecten colateralmente los procesos de filtración, fabricación y centrifugación y con ello, el agotamiento de las mieles, generándose altas purezas.

Otro asunto referido en dicho manual es en lo relativo a la quema de la caña, por la generación de otras dificultades adicionales que se producen durante todo el proceso de quema-corte-molida cuando sobrepasa las 24 horas, pues incluso con 16 y 20 horas después de cortada, la caña inicia un proceso de deterioro que tiene incidencia negativa en el proceso industrial y en la calidad del azúcar.

Al mismo tiempo se aborda lo relativo a la frescura de la caña de azúcar como otro elemento esencial, al entenderla como un organismo vivo que es en sí y que muere tan pronto se corta o se quema, comenzando entonces a deteriorarse. Por la razón antes expuesta, tiene que procesarse inmediatamente después de la quema o el corte, mientras aun esté literalmente fresca si se quiere se produzca la menor afectación posible en el contenido de azúcar y en la composición natural del jugo desde la formación de sustancias que afectan al proceso y a la calidad del producto final, cuando se procesa madura ($Bx_{superior}/Bx_{inferior} \approx 1$)

Todo lo anterior junto al desfases, tanto de la caña inmadura como de cañas quedadas, o maduras, así como la fertilización nitrogenada fuera de tiempo óptimo, por haber sido tardíamente asimilada, origina jugos de baja calidad, los que son difíciles de clarificar, y que conducen a pérdidas que afectan el producto final en todos los sentidos. Todos estos efectos son sumatorios y en muchos casos sinérgicos.

Por otra parte, es necesario tomar en consideración, que la calidad de los jugo de la caña de azúcar afecta su procesamiento y la recuperación de la sacarosa contenidos en ello; es reconocido que polisacáridos como el almidón, dificultan y reducen la capacidad de filtración incorporándose en los cristales de azúcar crudo, lo que según diferentes autores está influenciado por la variedad y la relación de potasio disponible en el suelo.

De modo particular, el almidón contenido en la caña de azúcar está estructurado por dos moléculas: la amilosa y la amilopectina. Además del almidón existen otros polisacáridos lo

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

que por hidrólisis producen, arabinosa, galactosa, glucosa, manosa, xilosa y pequeñas cantidades de rhamnosa Larrahondo (1995: 350); todos ellos interfieren en una u otra medida sobre la estabilidad del proceso y sobre los parámetros de calidad de los productos intermedios y finales, llámese azúcar y miel final para este caso.

1.3. La producción de mieles y la calidad de la materia prima

De acuerdo a Biart (1982: 7) se le llama miel final, miel de purga o melaza al líquido denso, viscoso y de color oscuro que se obtiene de la centrifugación de la masa de tercera cocida y de la cual no pueden ser recuperados los azúcares por métodos convencionales y económicos.

Las mieles finales contienen la mayor parte de los no azúcares presentes en la caña, junto a una parte de la sacarosa y los monosacáridos simples. Su composición varía en función de diferentes factores agrícolas e industriales, como las variedades de caña, grado de madurez, clima, condiciones de cultivo, tipo de corte, etcétera. Durante el proceso tecnológico se producen cambios en su composición, por la acción de la cal u otros álcalis calientes.

La miel final tiene la mayoría de componentes no sacarosa que fueron introducidos con la caña y otros que se pudieron ir formando durante el proceso. Al decir la mayoría, se está expresando que estos componentes no sacarosa también pueden ir adheridos al azúcar comercial con sus consecuentes problemas de calidad (Rein, 2012: 400).

Los principales componentes de la miel son el agua y los carbohidratos; el primero aparece en forma libre y como agua de solvatación, el segundo está constituido por sacarosa, fructosa y glucosa. Se encuentran además los no azúcares de origen orgánico y material inorgánico, en forma de compuestos nitrogenados, ácidos orgánicos, aminoácidos, proteínas, vitaminas, ceras, esteroides, lípidos, sales minerales y fenoles, entre otros.

1.3.1. Las materias extrañas en la producción azucarera

De acuerdo con Cassalett (1995: 395), la materia extraña constituye uno de los factores de mayor incidencia en los índices de calidad de la caña, mostrando una relación directa con las pérdidas de sacarosa en el procesamiento fabril.

La materia prima ideal para la producción azucarera, según el MINAZ (1990: 4), es la caña limpia, cortada a ras de tierra y a la que se le ha separado el cogollo. Sin embargo, la introducción del corte mecanizado y el corte manual para centro de acopio ha dado lugar a que la caña llegue al central acompañado de impurezas, como ya se ha expresado

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

anteriormente, ya sea como cogollo, hojas, tierra, raíces, cañas secas, renuevos, hierbas, piedras, es decir, materias extrañas. La presencia de estas impurezas se produce por:

- Poco filo o mala regulación de las cuchillas de las combinadas.
- Mala regulación u orientación de los ventiladores de las combinadas.
- Deficiente limpieza de las toberas.
- Enyerbamiento de los campos.
- Corte demasiado bajo por las combinadas.
- Poco filo en las cuchillas de los centros de acopio.
- Deficiente regulación de los ventiladores de los centros de acopio.
- Funcionamiento no uniforme de los diferentes equipos tecnológicos.

Los sistemas de corte, por sus características, siempre incorporan una cantidad de materias extrañas, llegando a los basculadores un exceso de impurezas, asociado a su vez, de modo más general, a un mal trabajo, ya sea por descuido o por no cumplir con las normativas y parámetros técnicos que están establecidos.

1.3.2. Influencia de las materias extrañas en el proceso de producción azucarera

La materia extraña constituye uno de los factores de mayor incidencia en los índices de calidad de la caña, mostrando una relación directa con las pérdidas de sacarosa en el procesamiento fabril (Clarke, Player, y Weiss, 1988).

Según MINAZ (1990: 5) los efectos negativos más significativos de las materias extrañas son:

- Reducción virtualmente de la capacidad de molienda del central (una mayor cantidad de materias extrañas significa disminución de la cantidad de caña molida por día, y en consecuencia aumento del tiempo total de zafra).
- Menor rendimiento en azúcar por unidad de materia prima y por tanto un aumento de la pureza de miel final.
- Aumento del costo de producción.
- Reducción del índice de rendimiento en azúcar.
- Afectación de la calidad de los jugos.
- Incrementan la fibra (de inferior capacidad calórica).
- Incorporación al proceso el almidón (sustancia melasigénica).

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

- Incorporación al proceso de sustancias insolubles y coloides difíciles de eliminar afectando la calidad del azúcar y los procesos de filtración y cristalización.

En el trabajo de tesis de Hernández (2007: 14) se hace referencia a un conjunto de procedimientos utilizados en el área de purificación que se han logrado para reducir el tiempo de residencia, incrementar la productividad y disminuir las afectaciones que se puedan producir como son la destrucción de los azúcares reductores, aumento del color y pérdidas de sacarosa por inversión, las que se detallan a continuación:

- Obtención de nuevos equipos o modificaciones de los ya existentes.
- Tratamiento térmico de los jugos.
- Tratamiento con floculante.

En el caso particular del tratamiento térmico de los jugos el equipo diseñado para llevar a cabo esta tarea es conocido como mezclador vapor - jugo, el cual está caracterizado por ser un tubo cilíndrico con un extremo cónico, en el cual por el centro de la parte cilíndrica penetra el tubo conductor del jugo mezclado y de forma perpendicular entra el vapor directo a una presión de un kg/cm^2 , el que sale por toberas concéntricas especialmente dispuestas y cuya función además de la separación de impurezas por efecto que logra sobre las partículas en suspensión, provoca una sepsis al incidir sobre microorganismos presentes en los jugos y que muchas veces son responsables de la generación de mieles.

1.3.3 Incidencias que provocan las materias extrañas en cada subproceso dentro de la industria

a) Cogollos: Se refiere que de acuerdo con Reynoso (1998), es la fracción que introduce una mayor cantidad de no azúcares; así como una elevada concentración de las sustancias nitrogenadas y de las cenizas, por lo que sin dudas tiene un efecto en la disminución del rendimiento industrial y de la capacidad de agotamiento de las mieles finales. El cogollo es considerado la más dañina de las materias extrañas, por su peso y la tendencia a disminuir el Brix (% de sólidos azucarados), la pureza (relación entre la Pol como expresión del giro del plano de luz polarizada por el efecto de la glucosa y la fructosa, y el ya descrito Brix), y, además, elevan el contenido de fibra, influyendo en las pérdidas en bagazo, este último un indicador de eficiencia del proceso fabril, un ejemplo de ello se muestra en la tabla 1.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

Tabla 1. Ejemplo del comportamiento de la relación de pureza.

Muestra	Brix	Pol	Pureza
Sin cogollo	21,34	20,30	95,15
Con cogollo	20,12	18,94	94,13

Fuente: (Martínez & León, 2012: 30).

- b) Pajas y Hojas: Dificulta la extracción en el molino y crea trastornos a la clarificación. La paja seca aumenta la cantidad de fibra y actúa como una esponja que absorbe el jugo, por consiguiente, aumenta la retención de azúcar en el bagazo, baja la calidad del combustible, afecta la combustión.
- c) Raíces: las raíces de la caña son mayormente una materia fibrosa que contiene poco azúcar por lo que trae consigo serios problemas en la molienda y por tanto pérdidas en el producto final.
- d) Tierra: No se justifica su entrada a la fábrica. Causa serios problemas en la molienda, acelera el desgaste en los equipos preparatorios de la fábrica (tren de molinos, tamices y tuberías) la arena y el cieno causan diferentes problemas a la combustión, tendiendo a que se apague el horno, dificulta la clarificación, influyendo en la calidad del azúcar.
- e) Cieno: se presenta en la caña en forma de una capa fina, que cubre cada tallo de caña, no es tan abrasivo como la arena, causa problema de erosión en el proceso de fabricación, en el jugo forma una suspensión que resulta difícil de sedimentar y obstaculiza la producción del jugo claro en los clarificadores, lo que trasciende hasta el agotamiento de las mieles.

1.4. La calidad de las mieles y las materias extrañas

Según Hernández (2016: 39) las pérdidas de azúcar en miel final son las de mayor porcentaje de todas las pérdidas totales dentro del proceso industrial, esto a criterio de los especialistas de la producción azucarera, genera a su vez, la principal afectación al recobrado industrial, parámetro este utilizado para el análisis de la eficiencia industrial y que se recoge dentro de las normativas que cada año se detallan para cada empresa azucarera, según sus series estadísticas agro productivas.

Los factores que afectan a la pérdida de sacarosa en miel final tienen componentes agronómicos y fabriles y se deben controlar y tomar acción para conocer su influencia y minimizar su impacto. La alta pureza de miel final en período de caña con jugos de alta

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

pureza refleja la falta de capacidad de agotamiento para este tipo de materiales ya sea falta de tachos o falta de cristalizadores (López, 2014).

De modo particular, Morrell (1984: 360) señala que el agotamiento de las mieles finales depende únicamente del trabajo de los tachos, aunque también existen otras opiniones que microlocalizan este asunto en la completa elaboración de las masas de tercera. Señala además que existe el criterio de otros autores de que la cuantía en las pérdidas en las mieles finales se debe en parte a factores externos y en parte a factores internos, la autora de este trabajo de tesis concuerda con esta última expresión, pues en todo lo antes expuesto se ha dado paso a la interpretación de la influencia del suelo y del clima en la calidad de la materia prima entrada a fábrica y sobre la relación de esta con el comportamiento de los parámetros fabriles.

A continuación se reportan los principales factores que se reflejan en el propio libro antes citado y que son:

Principales factores externos que influyen en las pérdidas en miel final

a) La frescura de la materia prima, mientras más fresca sea la caña mejores condiciones tiene el central de obtener el máximo de recobrado, en cambio las cañas atrasadas son todo lo contrario.

b) Las materias extrañas, afectan el recobrado proporcionalmente a la cantidad que entra (tanto por la fracción de peso como por el volumen de jugo que absorbe y ello en última instancia afecta el recobrado). Tal efecto sobre el recobrado se puede corroborar en el reporte de investigación de Alfonso (2014: 43) quienes advierten que a medida que aumenta la formación de mieles el recobrado (recuperación de azúcar) disminuye.

El cogollo (principal materia extraña) aumenta la viscosidad de la materia prima y con ello, los litros de miel que se producen, así como la cantidad de bagazo generado.

La tierra mezclada con el jugo no solamente dificulta, sino que impide lograr buena clarificación, también afecta la capacidad de filtración por la tupición que ocasiona, así como por el aumento en el volumen de cachaza a proceso.

Otro aspecto es la molido inestable durante 24 horas del día, debido a que sin estabilidad no es posible lograr el máximo de agotamiento.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

Factores internos operacionales

- a) La asepsia de los molinos influye con peso en el agotamiento de las mieles finales a causa que se produce un aumento en la viscosidad debido a las afectaciones microbiológicas, además, los microorganismos que generan estas anomalías en el proceso, lo hacen mediante la ingestión de la propia de la sacarosa.
- b) El buen control del pH y el calentamiento son condiciones indispensables para obtener una buena clarificación.

El control del pH debe ajustarse según parámetros norma establecidos para la producción, ya sea de crudo o de blanco directo como suele producirse, requiriendo de un proceder según la calidad de la caña que se muele, si se procesan cañas frescas y maduras el valor del pH a lograr requerirá un esfuerzo y si se reciben cañas atrasadas ese valor debe ajustarse desde otro esfuerzo, de forma tal que se obtengan buenos resultados.

La experiencia práctica ha demostrado, según Morrell (1984: 362), que mientras más deteriorados sean los jugos que entren, más bajo debe ser el pH, cuando se trata de alcalizar a un pH alrededor de siete en el clarificador se produce un aumento considerable tanto en la coloración de los productos como en la viscosidad debido a la distribución y destrucción de los azúcares reductores, afectando a su vez la cristalización.

Esta viscosidad aumentada influye negativamente en el agotamiento de las mieles finales, además, mientras más alto es el pH los volúmenes de cachaza son mayores, pues se genera una mayor fluidez de este subproducto o residuo, dificultándose así el proceso de extracción de la cachaza, lo que afecta en última instancia, la calidad del azúcar y el agotamiento de las masas cocidas.

Esto se debe a la mayor formación de CO₂ por el aumento en la distribución parcial de las hexosas con adición de dicho gas dentro de los flóculos, lo cual disminuye la velocidad de sedimentación afectando asimismo a la clarificación como ya se expresó.

No se debe desentender lo señalado por diferentes autores que apuntan que en el proceso de fabricación de azúcar también se generan afectaciones siempre que existan incrementos de reductores por indisciplinas tecnológicas, lo que aumenta el volumen de miel y eleva la pureza de la miel final, lo que incide negativamente en la economía de las fábricas (Array, 2005; Corrales, 2014; Zossi y Garzón, 2010). Esta realidad operativa no resulta fácil de

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

delimitar con la que se genera por las afectaciones que derivan de los efectos de materias extrañas y caña atrasada, por lo que hace difícil un análisis detallado al respecto.

Por su parte, Hernández (2016: 39) coincide en manifestar que las indisciplinas tecnológicas durante la fabricación de azúcar son las responsables de la baja conservación de reductores en el proceso, inestabilidad del pH y alto contenido de cenizas que causan importantes pérdidas de azúcar por alta formación y pureza de la miel final.

1.4.1. Comercialización y uso de las mieles finales de caña de azúcar

A nivel mundial y en Cuba, los productos residuales de la fabricación de azúcar constituyen las materias primas básicas de las industrias de derivados. En su composición más avanzada, las producciones de azúcar y de derivados conforman complejos industriales. Las dos grandes materias primas son las mieles finales y el bagazo. En el caso particular del presente trabajo de tesis la intención está relacionada a la miel final.

Las mieles que se comercializan internacionalmente, según Taupier (1988: 44), provienen en su mayoría de mieles de caña de azúcar producidas en países de escaso desarrollo económico. Sin embargo, se han generado producciones de mieles finales para fines industriales, tales como:

- Producción de levadura *Torula*.
- Producción de alcohol etílico para diferentes usos.
- Producción de miel – urea – bagacillo (predigerido),
- Alimentación animal.
- Mezcla para moldes en la fundición de aceros.
- Producción de vinagre y otros productos derivados de la fermentación.

Santibáñez (1983: 216) destaca que durante mucho tiempo, la miel final constituye un componente valioso en la formulación de pienso para alimentación animal, principalmente rumiantes, absorbidas en residuos vegetales molidos y además en forma líquida.

También se usa según Fajardo (2007: 36), como fertilizante para suelos, mezclada con bagazo y otros componentes, así como, como combustible para la preparación de pavimentos y otros fines. Los diferentes usos de la melaza se resumen en la tabla 2.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

Tabla 2. Aprovechamiento de la melaza de caña.

Utilización	Generalidades
Alimentos	Alimentación rica.
Animales	Alimentación menos rica: desecados sobre pulpas, mezcla con diversos alimentos, pulverizado de forrajes, suplemento de ensilajes.
Recuperación de líquidos desazucarados	Vinazas para la obtención de ácido glutámico. Lejías finales como alimento animal y para la obtención de aminoácidos.
Fermentación	Levaduras para panificación. Levaduras para alimentación humana y animal: aditivo para piensos, extractos e hidrolizados de levadura, fuente de enzimas, vitaminas y ácidos nucleicos. Además en el sustrato utilizado en la producción de proteína unicelular. Grasas de levadura. Alcohol etílico. Productos colaterales de fermentación alcohólica.

Fuente: Fajardo (2007: 36)

Biart (1982, p. 92) señala que las mieles finales encuentran otros usos, que están en dependencia de las necesidades y valoraciones que primen, y destaca además, que es importante la potencialidad de los usos de las mieles finales como materia prima de valor realmente incuestionable.

Resulta evidente que si la miel final es un producto comercializable, entonces sea necesario normalizar los atributos que la caracterizarán como tal, como sucede de modo más general como toda producción destinada al mercado.

Para este caso en particular y par Cuba, se asume como tal, la norma de calidad NC 715 de 2009, coincidente con la Norma Técnica Centroamericana ICAITI 34 175:1986 y con la consulta de otras normas vinculadas y sustituyó a la norma NC 81-46:1989 Industria azucarera. Miel final para fermentación. Especificaciones de calidad. Los valores que se establecen en dicha norma se especifican a continuación en la tabla 3.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

Normas Cubanas de calidad de la miel final

Tabla 3. Requisitos de calidad (NC 715: 2009).

Sólidos areométricos disueltos	Mínimo 85,0 °Bx	
Azúcares reductores totales	Mínimo 52,0 %	
Azúcares fermentables	Mínimo 48,2 %	
Lodos	Máximo 8,00 %	(centésima)
pH	Mínimo 5,2	Máximo 5,7
Ceniza	Máximo 12,00 %	(centésima)

Fuente: Oficina cubana de Normalización (NC 715: 2009).

Estos parámetros normas establecidos en la Norma antes enunciada, según Honig (1974: 479) manifiestan distintos grados de interés según los consumidores por lo que podían establecerse convenios de comercialización entre productores y usuarios desde diferentes perspectivas, lo cual no sustituye o modifica la responsabilidad de las empresas azucareras de generar un producto competitivo en el mercado, en arreglo a los parámetros antes explicitados según la norma citada.

1.5. Influencia del tipo de suelo en la generación de materia extraña en la producción azucarera

Según criterios de las especialistas de suelo, y en particular de la dirección provincial del Ministerio de la Agricultura (MINAG), los suelos establecen una estrecha relación con los cultivos, lo que se conoce como “Relación Edáfica”, generándose comportamientos diferentes para un mismo cultivo según el tipo de suelo y la caña de azúcar no es una excepción. En la literatura consultada, sin embargo, no se logró encontrar resultados de investigaciones encaminadas a la relación que existe entre el contenido de materias extrañas y el tipo de suelo, lo que sin dudas parece ser evidente a partir de todo lo antes expresado.

Los principales trabajos en esta dirección están centrados al estudio de la influencia del suelo en la calidad de los jugos de caña y en los efectos fisiológicos que ellos hacen sobre la planta, pero desde el punto de vista de la composición química de los jugos y su posterior relación con los procesos de evaporación y cristalización en la producción azucarera.

Capítulo 1: Marco teórico conceptual

1.6. La contaminación ambiental y las materias extrañas en la producción azucarera

Un elemento negativo que se suma a los problemas industriales antes referida, lo es, la disyuntiva sobre el que hacer con las materias extrañas que se separan en el proceso de limpieza de la caña de azúcar, cuya solución ha sido su quema incito, generándose afectaciones a la atmósfera, que también gravitan sobre las comunidades aledañas, sin tomar en cuenta el desaprovechamiento energético que en ello se involucra, todo lo cual convoca a un análisis más detallado donde la Sinergia Industrial tiene un amplio campo de aplicación, como una expresión de Producción Más Limpia (P+L).

Una muestra del anteriormente planteado, se puede constatar en el trabajo de García, Castro y Suarez (2014: 77) respecto a la Ecología Industrial desarrollado en la provincia de Cienfuegos, Cuba, donde se establece un análisis que desde esta perspectiva ofrece la sinergia entre entidades cuyo efluentes podrán ser fuentes de materias primas de otras, reduciendo así el impacto ambiental negativo que de otro modo se generaría, asunto que debe ser tomado en consideración desde cualquier estrategia de desarrollo que se intente implementar, desde la sostenibilidad como un principio.

De acuerdo con la opinión de varios autores, las (P+L) y la Ecología Industrial guarda una estrecha relación. Al respecto, Jackson (2002), expresa: “existe una elevada consonancia conceptual entre la Ecología Industrial y la Producción Limpia”, justificando esta afirmación al referirse a que, “ambos están motivados por la preocupación hacia los crecientes impactos medioambientales, de los sistemas económicos industriales; surgiendo, más o menos al mismo tiempo (de finales de los años 80 a mediados de los 90), período de evolución de la conciencia medioambiental”.

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

2.1. Caracterización de la UEB Central Azucarero “Ciudad Caracas”

La UEB Central Azucarero “Ciudad Caracas” fue creada por Resolución 222/2006 del Ministerio del Azúcar con domicilio legal en el batey del mismo nombre, y está situada geográficamente en el municipio de Santa Isabel de las Lajas, provincia de Cienfuegos. Limita al norte con la UEB “Efraín Alfonso” de Villa Clara, al sur con la UEB “Elpidio Gómez” de Cienfuegos, al este con el municipio de Cruces de la misma provincia, y al oeste con la UEB “5 de Septiembre” del municipio Rodas de la provincia de Cienfuegos. Se localiza en la carretera a Santa Isabel de las Lajas, a cuatro kilómetros del poblado de igual nombre y a 46 km del municipio de Cienfuegos; pertenece al Grupo Empresarial Agroindustrial AZCUBA.

Dicha UEB cuenta con una capacidad de molienda de 4025 toneladas diarias (equivalente a 168 toneladas por hora), la caña es preparada por dos juegos de cuchillas, los cuales necesitan un alto consumo de energía para realizar su trabajo. La molienda se realiza por un tándem formado por cinco molinos con accionamiento eléctrico, un sistema de bombas intupibles y colador rotatorio, lo que garantiza la separación de los residuos de bagazo disueltos en el guarapo.

Su proyección estratégica contiene lo siguiente:

➤ Misión

Producir Azúcar Crudo de alta calidad para la exportación y Miel C, a costos competitivos para satisfacer el consumo interno.

➤ Visión

Producir Azúcar Crudo con eficiencia y satisfacción de los requerimientos de los clientes del mercado nacional y exportable con un incremento progresivo en las ventas. La diversificación industrial alcanza el más alto nivel de su historia. Obtiene utilidades razonables para su patrimonio y el estatal. La preparación general y técnica de los trabajadores se ha elevado considerablemente y continúa en ascenso. La innovación forma parte de la cultura empresarial y de las personas. Existe un clima personal y organizacional favorable con predominio de la cooperación mutua e función del interés general de la organización. El producto fundamental “azúcar” está certificado. Dirigen la UEB cuadros con liderazgos, muy capaces, altamente motivados y con un elevado nivel de gestión.

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

Existe una estrategia ambiental la que permite y garantiza su inserción en el micro-macroentorno.

Consideran como problema estratégico general el siguiente:

La UEB Central Azucarero Ciudad Caracas está incluyendo amenazas como: (I) limitada capacidad de la economía para financiar en moneda libremente convertible; (II) incertidumbre en el abastecimiento y calidad de las materias primas para las producciones; (III) deterioro climatológico con la ocurrencia de eventos nocivos; (IV) utilización del azúcar como medio de pago de deudas; (V) inestabilidad y altos precios del combustible generando desabastecimiento; (VI) existencia de sectores en el país más atractivos en relación con los salarios y otras ventajas; (VII) existencia de competidores en la actividad con desarrollo tecnológico de avanzada (VIII) falta de financiamiento; (IX) ineficiente sistema de abastecimiento material.

Y no se atenúan o resuelven las debilidades siguientes: (I) la falta de un sistema de estimulación que logre la motivación de los trabajadores y una mayor identificación con la organización; (II) deficiente utilización productiva de las capacidades instaladas y los equipos (III) falta de una estrategia de capacitación que permita la superación de los trabajadores y directivos; (IV) falta de existencia de un sistema de calidad y de Gestión Ambiental de la producción y los servicios (V) deficiente disponibilidad de financiamiento para la investigación - desarrollo, y la innovación tecnológica, en moneda libremente convertible y en menor cuantía en moneda nacional; (VI) insuficiente cultura de la innovación por los directivos, aunque se cuente con las fortalezas como: fuerza de trabajo con alto componente técnico profesional, sentido de pertenencia, trabajo en equipos, sistema de pago y estimulación motivadoras, capacidad movilizativa, de integración, abiertos al cambio con posibilidades de negociar con terceros, disponibilidad de instalaciones, equipamientos adecuados y computacionales, imagen reconocida de la UEB. No existe creciente comprensión de la necesidad y desarrollo de la innovación, por lo que no podrán aprovecharse las oportunidades tales como: la política laboral y salarial del grupo, la posibilidad de insertarse en el Perfeccionamiento Empresarial, trabajar en proyectos y convenios de colaboración, introducir nuevas tecnologías, la política preferencial de costos, aperturas de nuevos mercados, utilización eficiente de los sistemas

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

de comunicaciones y en los programas estratégicos de la revolución, como es el programa de ahorro energético.

Tienen en cuenta como principales indicadores Técnicos- Económicos los siguientes:

- Ventas netas
- Azúcar
- Miel
- Energía
- Costos de ventas
- Utilidad de pérdidas
- Gastos financieros
- Interés bancario
- Gastos Generales de Administración
- Gastos de Distribución y Venta
- Costo de Producción Mercantil
- Costo de Producción Bruta
- Consuma de Mercantil
- Servicios Productivos
- Valor agregado
- Fondo salario
- Promedio de trabajadores
- Salario Medio
- Productividad

2.1.2. Caracterización de los suelos de la UEB Ciudad Caracas

Los suelos de la UEB son de tipo sialitizados, de los tipos pardos con carbonatos y pardos sin carbonatos, formados bajo el proceso de sialitización en el cual se presentan minerales arcillosos del tipo 2:1 y 1:1 con relación $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 > 2$; su pH oscila desde ácido hasta ligeramente alcalino (generalmente entre cinco y ocho), con predominio del calcio entre los cationes intercambiables.

Los suelos Pardos con carbonatos: son de perfil ABC de evolución sialítica en un medio rico en carbonato de calcio, donde predominan los arcillosos minerales del tipo mencionada con anterioridad, mediante la meteorización el hierro libre tiende a acumularse pero menos

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

que en los suelos pardos sin carbonatos. En ello, la carbonatación y su lavado influyen en la distribución del humus alcanzando la Materia Orgánica (M.O) entre tres y seis %, en suelos erosionados puede ser menos del tres %. Ocupan el 60 % de los suelos donde se planta la caña de azúcar la cual es una planta C_4 (forma de fijación del dióxido de carbono) en más eficiente, rápida y requiere menos agua, por eso estas plantas se usan con frecuencia para la producción de biomasa (se les llama también cultivos energéticos).

Estos suelos son de una buena fertilidad natural (M.O entre tres y seis %) por lo que genera una gran cantidad de biomasa en dependencia de la variedad de caña que se plante o el tipo de cepa presente en el momento de la cosecha, por otro lado en la generación de materia extraña también juega un papel importante el acondicionamiento del suelo donde está plantado el cultivo, si el mismo no reúne las condiciones para una buena cosecha, la cosechadora recoge fragmento del suelo y lo envía para el equipo de tiro o transporte y llega al basculador del ingenio a parte de la paja, cogollo, es decir, biomasa que no pudo eliminar la máquina que se encontraba efectuando la cosecha también entrará parte del suelo fragmento de este junto con la cepa.

2.2. Descripción literal del proceso

La caña de azúcar después de ser cortada, el mayor por ciento se lleva en camiones al basculador, por tiro directo y el otro por ciento a los centros de limpieza para ser procesada y extraer así, un por ciento de materias extrañas, depositadas una vez limpia, en jaulas de ferrocarril para ser transportada al basculador, antes de ser descargada cada jaula es pesada, para determinar por la sumatoria de esta operación en el día más la recepcionada por camiones en el basculador, conforman el total de caña molida, como uno de los datos primarios para la información estadística del parte diario de producción. Una vez depositada en el basculador, es conducida por esteras hasta los equipos de preparación: rompebultos, que son los encargados de romper el colchón de caña; niveladores o gallegos que están destinados a nivelar los puntos demasiados abultados de caña que se encuentra en los conductores y así facilitar el trabajo de las cuchillas, encargadas de romper la corteza y hacer astillas los trozos de caña para lograr una mayor eficiencia en el proceso de extracción del jugo. Esto último se efectúa mediante cinco molinos constituidos por tres masas cilíndricas de hierro fundido cada uno. En esta etapa se obtiene bagazo (que se utiliza como combustible en las calderas de vapor) y el jugo mezclado para la posterior

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

producción de azúcar crudo. El jugo que viene de los molinos pasa a los calentadores que son capaces de elevar la temperatura hasta un rango de 103° - 105° C, luego a la torre de floculación donde se adiciona la lechada de cal para realizar la alcalización en caliente. Esta torre está provista de deflectores que logran una mezcla homogénea entre el jugo y la cal, además, tiene el objetivo de que el jugo entre al clarificador con temperatura estable, régimen laminar y que por el cambio intermitente de temperatura (flasheo) al estar comunicado a la atmósfera se escapen las burbujas de aire que vienen ocluidas debido al bombeo, efectuar una extracción de jugo claro entre 10 % y 15 % que no entra al clarificador, eliminar una porción del bagacillo que viene en el jugo, así como facilitar una mezcla homogénea del floculante y del jugo.

En el clarificador con la reacción de la cal y el fosfato tricálcico hay una precipitación en la que se forman los núcleos de sedimentación que arrastran las impurezas hacia el fondo del clarificador y forman el lodo (cachaza). Esta es extraída a gravedad a un recipiente cilíndrico con movimiento interior llamado cachazón donde se mezcla con el bagacillo fino proveniente de los molinos para formar la torta que pasa a los filtros al vacío, con el fin de extraerle el jugo azucarado que contiene dicho lodo. Al jugo claro que proviene del clarificador se le determina el pH (que debe estar entre seis coma siete y siete coma dos).

Luego pasa por un colador de jugo claro para eliminar la presencia de partículas finas, o sea, el bagacillo. Después que el jugo es colado pasa para el calentador de jugo clarificado y luego a los pre-evaporadores donde existe una evaporación primaria, estos operan relativamente a presiones muy altas ($1,5 \text{ kg/cm}^2$), luego el proceso continúa hacia los evaporadores, aquí ocurre una evaporación secundaria porque se consume el vapor de jugo de los evaporadores primarios, además estos vasos tienen como función de concentrar el jugo y eliminar la mayor cantidad de agua.

La meladura que proviene de los evaporadores es bombeada a los tanques de meladura para ser alimentada a los tachos, en estos equipos con aplicación de vapor, es cristalizada la sacarosa por la alimentación de un material conocido como cristal 600, cuya función es la de seno de cristalización (hacia donde fluirá la sacarosa permitiendo el crecimiento de los cristales inoculados por esta vía), sometidos a un proceso de desarrollo o crecimiento del grano de sacarosa (cristal) como se le denomina. A estos cristales posterior a obtener una dureza apreciable, se le alimenta miel B, obteniéndose la masa cocida C y de ella, mediante

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

la purga, miel C o miel final. Esta semilla C posteriormente es introducida en el tachó para elaborar la masa cocida B, que es alimentada con miel A, la que luego será centrifugada, obteniendo miel B y semilla B; posteriormente, la semilla se lleva a un tachó y por alimentación de meladura se produce la masa cocida A o azúcar comercial, la que se separa en las centrífugas, resultando así miel A y el azúcar propiamente dicho, o azúcar comercial, la que sale para el mercado. El diagrama de producción se puede apreciar según la figura 1.

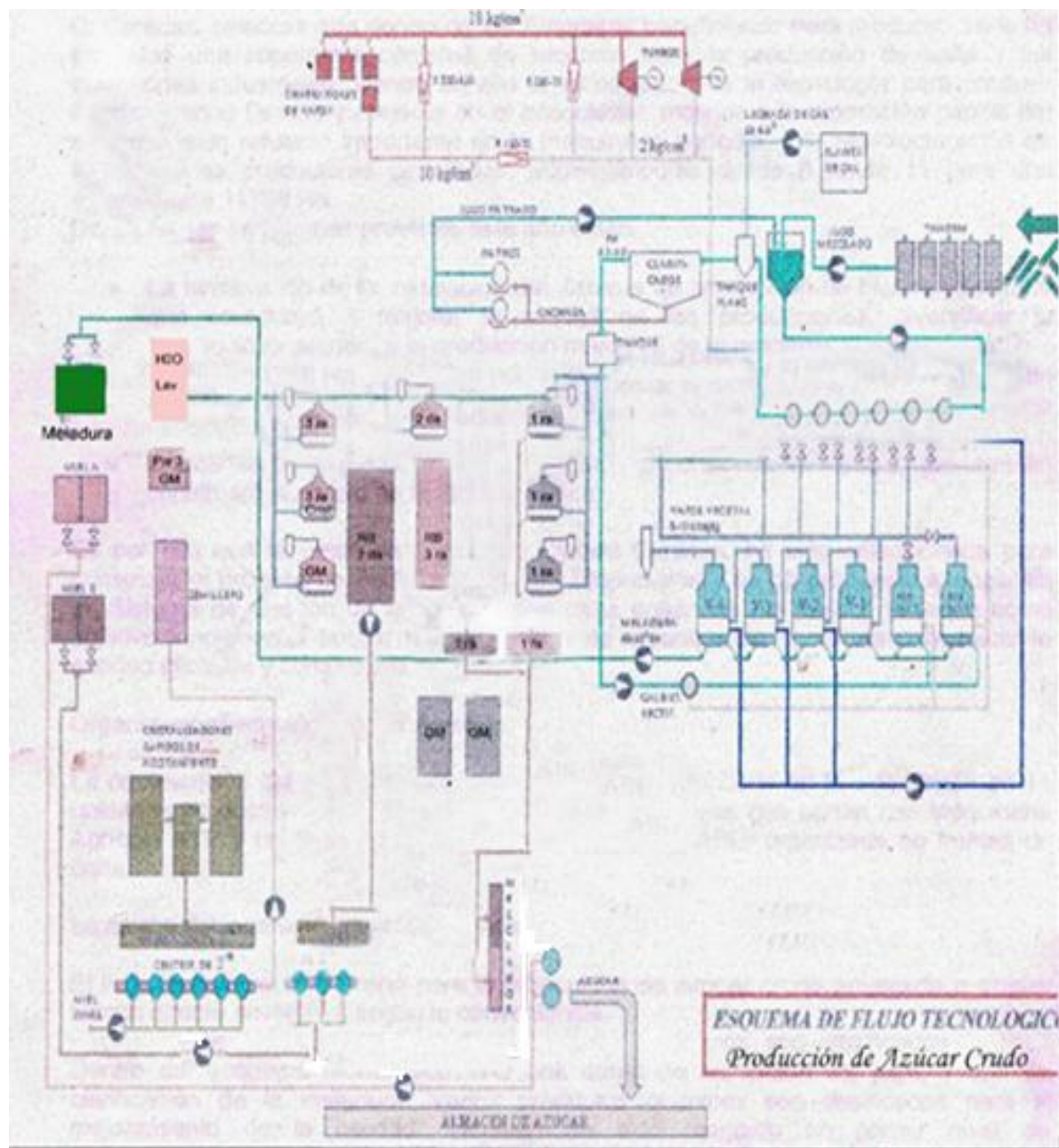


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de producción azucarera. Fuente: Esquema de proceso de la UEB “Ciudad Caracas”. Dpto. de Fabricación.

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

De forma resumida el proceso anterior se puede representar según la figura 2.

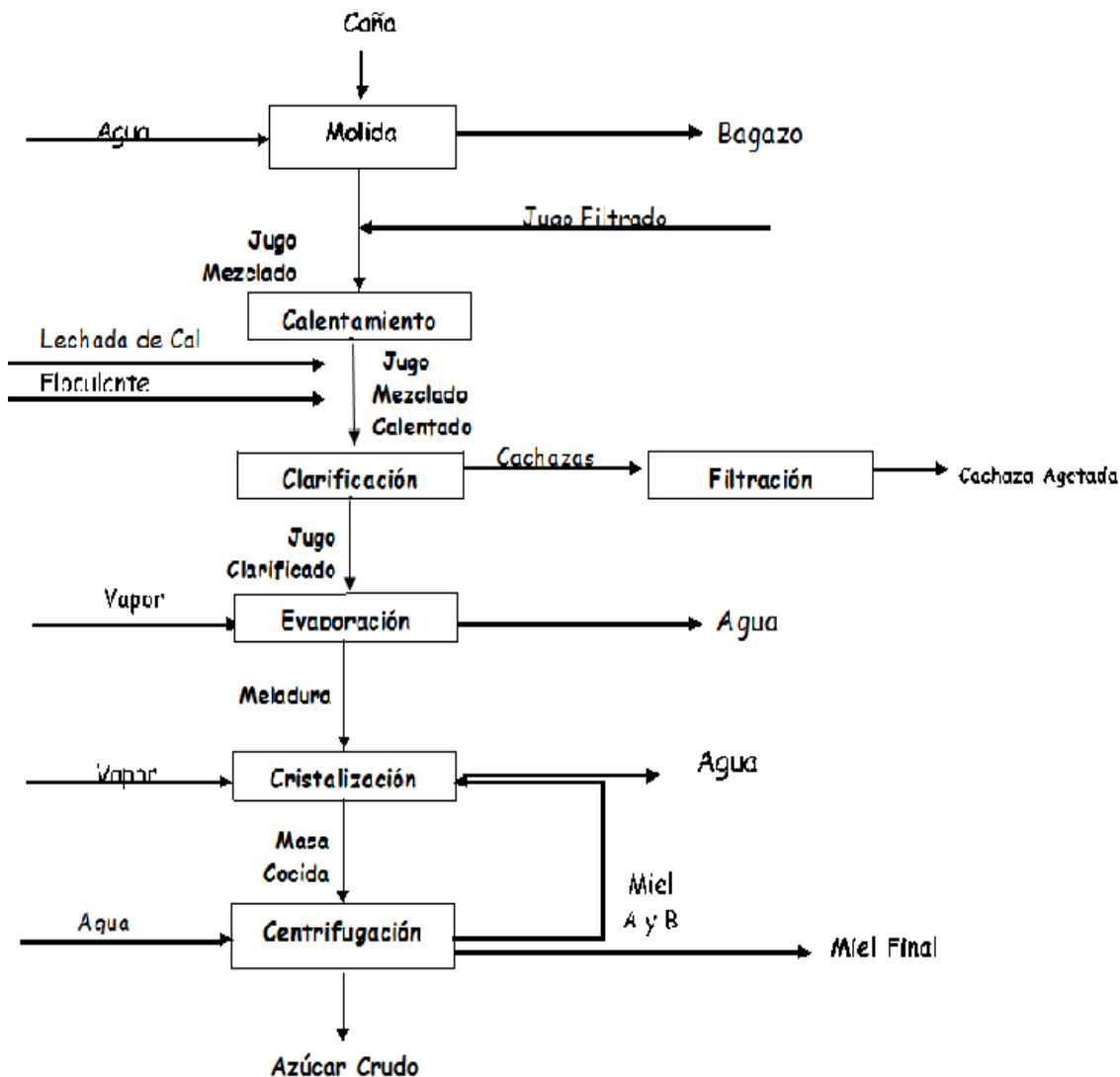


Figura 2. Diagrama de bloque resume del proceso de producción azucarera. Fuente: Elaboración propia a partir de la constatación física en la industria.

La miel final, que según el esquema antes representado, constituye una salida del proceso productivo, de forma real constituye una fuente de materia prima fundamental para: producción de alcohol con diferentes fines, alimento animal, moldeado para fundiciones de acero, producción de levaduras, mezclas combustibles y otros, lo que evidencia según la gama de utilidad que manifiesta, la necesidad de estudiar los factores que condicionan su calidad, pero además, por su representación inversa respecto a su cuantía, con los

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

parámetros de eficiencia industrial y su repercusión en una u otra dimensión sobre la economía de fábrica y por ende, sobre la economía nacional.

2.3. Métodos empleados.

Para dar respuesta a los objetivos planteados para el desarrollo de la investigación, se aplicaron métodos tanto del orden teórico como empíricos, con la finalidad de lograr la información necesaria que permitiera responder a su vez la hipótesis formulada, los que según su uso se detalla a continuación:

➤ Métodos de orden teórico

Histórico Lógico: para constatar el estado del arte en las temáticas inherentes al proceso de producción de azúcar y mieles, a nivel mundial y en Cuba, enfatizándose en su proceso histórico evolutivo y poder entender así la dinámica del estado del arte en dicho proceso, así como los factores agroindustriales asociados a esta producción.

Analítico Sintético: en todas las etapas de la investigación, tanto en la revisión documental de forma sintética y resumida, así como de la propia investigación realizada, para lograr concreción, criterio de discriminación y representatividad en la información analizada y los datos asumidos.

Inductivo Deductivo: en cada momento de la investigación para desde la idea analizada, deducir los diferentes elementos necesarios a considerar en el propio desarrollo de la investigación, al igual que en el proceso de análisis de la información resultante de la aplicación de las herramientas o técnicas, lo que resulta de simular utilidad para la determinación de los momentos fundamentales según el comportamiento de las variables estudiadas.

Dialéctico: para la valoración de la interrelación entre todos los elementos estudiados, como una guía para la interpretación del problema y la proyección de su solución, máxime desde la complejidad propia de establecer análisis de comportamiento desde el procesamiento de organismos vivos como es el caso de la caña de azúcar.

Métodos empíricos

La encuesta (Anexo 1): permitió obtener la información que poseen los diferentes trabajadores (37) de la UEB “Ciudad Caracas” y los especialistas (13) del proceso de producción (coincidiendo población y muestra) con la intención de lograr la información

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

necesaria sobre la relación de materia extraña y producción de miel final en la industria azucarera, para así elaborar los criterios que se establecen desde la relación antes apuntada.

Entrevista estructurada (Anexo 2): se aplicó con la misma intencionalidad que la anterior, a los productivos (37) y directivos (8), para además de, conocer la influencia en la calidad de los productos terminados, ya sea azúcar o miel final, valorar sus consideraciones sobre la incidencia de estas en la eficiencia del proceso fabril en general.

La observación estructurada (Anexo 3): fue no participante, permitió conocer la realidad mediante la percepción directa de los fenómenos estudiados y sus implicaciones conexas.

Análisis documental: permitió constatar la información necesaria para el análisis del comportamiento de las variables estudiadas. Dentro de los documentos analizados se tuvo en cuenta los partes diarios de zafra, los balances diarios de materiales (Modelo 907), la adjudicación de caña molida, la hoja de análisis del laboratorio y los reportes de calidad de la miel final comercializada, normas de zafra, entre otros.

Matemático: Permitió evaluar los resultados logrados de la aplicación de los diferentes métodos y técnicas correspondientes, mediante un análisis porcentual de los mismos, incluido análisis de frecuencia del comportamiento de los ciclos repetitivos del comportamiento de estas variables

Estadístico: se utilizó la estadística multivariada y en particular, la regresión lineal simple, el análisis de Cluster, mediante el empleo del Software del paquete estadístico SPSS. 15, todo con la finalidad de evaluar la correlación entre las variables estudiadas, el comportamiento grupal y desde ello, inferir tendencias y dependencias, como elementos de análisis necesarios para la toma de decisiones desde la influencia que el contenido de las materias extrañas ejercen sobre la calidad de la miel final como producto comercializable y por ende, materia prima de otros procesos.

2.4. Obtención de la base de datos para el análisis estadístico

Como programa estadístico para la obtención de la base de datos se empleó el Statgraphics plus versión 5.0, como herramienta específica e intuitivamente diseñada para analizar datos estadísticos, lo que permitió la valoración de los datos obtenidos mediante la conformación de histogramas, diagramas de caja, métodos multivariantes, regresión avanzada, entre otros. Para su procedimiento se utilizaron los modelos de los partes diarios, incluidos los balances de materiales que se realizan para los cálculos de producción, así como, el despallillo

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

(determinación del % de materias extrañas) de la zafra 2015-2016. De ello se valoró el comportamiento de las diferentes variables consideradas de interés para realizar el análisis correspondiente.

La información resultante se llevó a hojas de cálculo de un libro de Microsoft Excel, introduciéndose en las filas los datos del período estudiado y en las columnas lo que se corresponde con las variables independientes: cantidad de caña molida (t), cogollo (t), otras materias extrañas (t), y las variables dependientes: masa cocida C (t), Semilla C (t), producción miel final (t), calidad de la miel final (% y t), t miel final/t caña, t miel final/t cogollo, t miel final/t otras materias extrañas, calidad miel final/t caña, calidad miel final/t materias extrañas, calidad miel final/t otras materias extrañas. Los datos se importaron a la hoja de Statgraphics, como se muestra en la Figura 3. Para el análisis de la información se desarrolló el siguiente modelo:

- Recopilación de datos: de las hojas de trabajo se importó la información necesaria para la aplicación de las diferentes técnicas de análisis de datos y procesamiento estadístico.
- Análisis descriptivo: se aplicó en la valoración del comportamiento de las variables según la función que rige su comportamiento corroborándose la normalidad o no del comportamiento de las mismas y de este modo seleccionar las variables de trabajo.
- Análisis descriptivo por subgrupo: para determinar el grado de dependencia entre las variables.
- Análisis de Cluster: utilizado para determinar los grupos de comportamiento homogéneo según la expresión de las variables.
- Análisis Multivariado: para observar la asociación entre las variables y su nivel de dependencia e interrelación.

Capítulo 2: Fundamentación metodológica

	Días de zafra	Pe rí od	Cantida d de ca ña moli da (t)	Materi as ex trañas Cogoll	Materi as ex trañas Otras	Masa cocid a C (t)	Semil la C (t)	Produ cción Miel Final (t)	MF/C año	MF/Cogol lo	MF/Otr as materi as ex trañas	Calid ad de la Miel Final	Calid ad de la Miel Final	Calidad MF/t caña	Calidad MFAT/t caña	Cali dad F/t ME	Cali dad F de MF/t otras	Cali dad F de MF/t otras	Calid ad de MFAT/t
1	11/01/16	1	3697,33	175,99	586,77	156,89	18,45	40	0,01	772,76	208,05	86,72	55,23	3206,32	2042,04	0,04	0,03	0,17	0,11
2	12/01/16	1	3153,25	150,09	500,42	132,68	18,5	75	0,02	1698,93	396,42	87,15	51,98	2748,06	1639,06	0,04	0,02	0,16	0,1
3	13/01/16	1	2819,3	134,2	447,42	81,23	22,57	90	0,03	1995,18	665,06	87,99	54,97	2480,7	1549,77	0,04	0,02	0,12	0,07
4	14/01/16	1	2895,95	137,85	459,59	132,18	20,67	80	0,03	3453,1	863,27	88,43	54,1	2560,89	1566,71	0,02	0,01	0,08	0,05
5	17/01/16	1	3026,65	144,07	480,33	124,28	20,56	80	0,03	1651,99	587,37	86,16	50,87	2607,76	1539,66	0,04	0,02	0,12	0,07
6	18/01/16	1	2310,65	109,99	366,7	158,67	19,27	60	0,03	1854,77	432,78	85,64	50,56	1978,84	1168,26	0,03	0,02	0,12	0,07
7	19/01/16	1	3176,55	151,2	504,12	169,65	6,61	80	0,03	2518,46	763,17	86,88	52,86	2759,79	1679,12	0,03	0,02	0,09	0,06
8	20/01/16	1	3382,4	161	536,79	156,83	11,87	85	0,03	2513,01	1256,5	85,9	50,66	2905,48	1713,52	0,03	0,02	0,06	0,03
9	21/01/16	1	3131,6	149,06	496,98	142,26	15,55	90	0,03	2394,94	478,99	88,55	51,93	2773,03	1626,24	0,03	0,02	0,17	0,1
10	22/01/16	1	2484,9	118,28	394,35	154,93	19,72	85	0,03	2850,55	814,44	88,6	50,39	2201,62	1252,14	0,03	0,02	0,09	0,05
11	23/01/16	2	1366,7	65,05	216,9	157,36	10,57	35	0,03	1829,22	413,05	88,14	49,86	1204,61	681,44	0,02	0,01	0,07	0,04
12	26/01/16	2	3704,05	176,31	587,83	42,83	17,03	102,6	0,03	2308,28	553,99	86,36	49,68	3198,82	1840,17	0,04	0,02	0,16	0,09
13	27/01/16	2	3339,55	158,96	529,99	104,37	18,46	110,4	0,03	1739,91	446,73	85,43	51,01	2852,98	1703,5	0,05	0,03	0,21	0,13
14	28/01/16	2	2174,5	103,51	345,09	114,61	19,75	64,8	0,03	2128,57	756,34	88,87	50,61	1932,48	1100,51	0,03	0,02	0,08	0,04
15	29/01/16	2	2529,3	120,39	401,4	150,28	21,21	40	0,02	1976,83	395,37	87,35	50	2209,34	1264,65	0,02	0,01	0,09	0,05
16	31/01/16	2	3108,55	147,97	493,33	144,17	27,4	100,2	0,03	3223,37	767,47	86,05	51,06	2674,91	1587,23	0,03	0,02	0,11	0,07
17	01/02/16	2	3158,9	150,36	501,32	159,24	14,91	87,8	0,03	2316,21	817,48	91,33	51,51	2885,02	1627,15	0,03	0,02	0,1	0,06
18	02/02/16	2	3634,1	172,98	576,73	103,15	12,02	132,8	0,04	3654,27	1141,96	87,42	53,23	3176,93	1934,43	0,03	0,02	0,1	0,06
19	05/02/16	2	3316,9	157,88	526,39	104,04	22,75	108	0,03	1628,03	1017,52	87,48	51,45	2901,62	1706,55	0,06	0,03	0,09	0,05
20	06/02/16	2	3672,7	174,82	582,86	128,08	12,75	132,1	0,04	3598,17	1635,53	90,05	50,97	3307,27	1871,98	0,03	0,02	0,07	0,04
21	07/02/16	2	2974,3	141,58	472,02	166,14	23,49	65,1	0,02	5471,88	455,99	87,84	52,68	2612,63	1566,86	0,01	0,01	0,13	0,08
22	08/02/16	3	2760,3	131,39	438,06	168,9	21,96	66,4	0,02	12027,6	801,85	87,22	51,42	2407,53	1419,35	0	0	0,07	0,04

Figura 3. Datos de las variables a utilizar.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

La evaluación de la influencia del contenido de materias extrañas entrada al proceso de fabricación de azúcar, sobre la calidad de la miel final, expresada como Azúcares Totales, por ser este su indicador de comercialización, se desarrolló mediante la aplicación de un conjunto de métodos y sus técnicas correspondientes, con la finalidad de complementar la información resultante de cada uno de ellos, sobre lo cual fue necesario realizar diferentes análisis de selección o depuración de la información punto de partida, como variables independientes, por la gran variabilidad que ellas presentan, sujetas a otros procesos subordinantes que hacen de las mismas un comportamiento errático, como es el caso de los días de molida según los valores mínimos de la norma potencial a lograr.

Esta selección se hizo necesaria por la dependencia multifactorial que a su vez tienen los distintos elementos del proceso que también resultan determinantes de la eficiencia fabril y con esta, el comportamiento estable de la calidad de los productos finales y/o intermedios, como es el caso de la calidad de la miel, objeto de estudio de la presente investigación, también marcada por otras variables condicionantes como la variedad de caña molida, tiempo efectivo de trabajo, frescura de la caña, tipo de cepa y hasta el tipo de suelo, el que aún siendo de un tipo predominante, no deja de presentar variabilidad que también se suma al comportamiento del proceso y en última instancia de la calidad de los productos resultantes.

Por ser la composición de cepas, la frescura, el desfasaje de corte y el tipo de suelo tan variable dentro del propio día de trabajo e incluso dentro de un mismo día, se obvió sus influencias, no entrando a formar parte de las variables de trabajo.

3.1. Resultados del comportamiento del estudio

Resultados de la Encuesta Estructurada

La encuesta aplicada a un total de 50 trabajadores de la UEB “Ciudad Caracas”, de ellos 13 son especialistas y 37 son trabajadores, debeló que:

Producción de materias extrañas.

El 76,9 % de los especialistas consideraron que las materias extrañas entradas a fábrica dependen de la cepa a moler; el 69,2 % de la variedad de caña a moler y el 100 % del tipo de suelo, la época del año y la atención cultural a la caña antes de la cosecha.

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

El 75,7 % de los trabajadores consideraron que las materias extrañas entradas a fábrica dependen de la cepa a moler; el 78,4 % de la variedad de caña a moler, el 91,9 % de la atención cultural a la caña antes de la cosecha y el 100 % del tipo de suelo y la época del año.

Afectación a la molida.

El 100 % de los especialistas consideraron que las materias extrañas afectan la eficiencia de la preparación de la caña, la extracción de los molinos y la calidad de los jugos.

El 83,8 % de los trabajadores plantearon que la extracción de los molinos se ve afectada por el contenido de materias extrañas entrada a fábrica, el 54,1 % que la calidad de los jugos depende del contenido de materias extrañas entrada a fábrica y el 100 % que las materias extrañas afectan la eficiencia de la preparación de la caña.

Afectación al proceso de fabricación

El 100 % de los especialistas consideraron que a mayor cantidad de materias extrañas menor calidad de los jugos y de la meladura, el contenido de cogollo afecta el proceso de cristalización del azúcar, existe relación entre: calidad de los jugos-producción de miel y eficiencia industrial, el tiempo de cristalización y de producción de las masas dependerá de la calidad de los jugos y del contenido de materias extrañas.

El 73 % de los trabajadores plantearon que a mayor cantidad de materias extrañas menor calidad de los jugos y de la meladura, el 54,1 % que existe relación entre: calidad de los jugos-producción de miel y eficiencia industrial, el 29,7 % que el tiempo de cristalización y de producción de las masas dependerá de la calidad de los jugos y del contenido de materias extrañas y el 100 % que el contenido de cogollo afecta el proceso de cristalización del azúcar.

Proceso de centrifugación.

El 100 % de los especialistas afirmaron que el agotamiento de las mieles y por ende la pureza de estas dependerá de la calidad de los jugos; la producción de miel afecta la economía de la fábrica; y una vez centrifugadas las masas, se afectan por la entrada de materias extrañas: rendimiento industrial, el recobrado industrial, las pérdidas en mieles, el color del azúcar, la calidad de las mieles, la calidad del azúcar y la economía de la fábrica.

El 83,8 % de los trabajadores consideraron que el agotamiento de las mieles y por ende la pureza de estas dependerá de la calidad de los jugos; el 91,9 % que la producción de miel

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

afecta la economía de la fábrica; y en cuanto a la afectación por la entrada de materias extrañas, una vez centrifugadas las masas, el 100 % consideró que es el rendimiento industrial, el 83,8 % recobrado industrial, el 94,6 % las pérdidas en mieles, el 100 % el color del azúcar, el 81,1 % la calidad de las mieles, el 100 % la calidad del azúcar y la economía de la fábrica.

Resultados de la Entrevista Estructurada

La entrevista estructurada aplicada con la misma intencionalidad que la anterior, a los productivos y directivos de la UEB “Ciudad Caracas”, demostró que:

- 1- El 100 % de los directivos y productivos afirmaron que el contenido de materias extrañas afecta a la eficiencia del proceso fabril ya que influye en la calidad del producto terminado.
- 2- El 100 % de los directivos y productivos afirmaron que las materias extrañas entradas a fábrica varían en dependencia de las condiciones de cosecha.
- 3- El 83 % de los directivos y el 62,5 % de los productivos afirmaron que existe una relación entre las variedades y el contenido de materias extrañas entradas a fábrica debido a su morfología, en tanto el 17 % de los directivos y el 37,5 % de los productivos no tienen criterio referente a este punto.
- 4- El 100 % de los directivos y productivos afirmaron que las materias extrañas afectan la calidad del azúcar porque trae consigo materiales indeseables que no contienen sacarosa por lo que afectan el tamaño de grano, aumenta el contenido de insolubles, la humedad del azúcar, el color, la pureza. Respecto a la producción de mieles dificultan el proceso de agotamiento de las masas por lo que aumenta la pureza y el galonaje (este término aun cuando no está en correspondencia con el SIU, es el que se emplea en la industria azucarera en la actualidad, para destacar la producción) de miel final.
- 5- Los factores que más influyen en los volúmenes de materias extrañas entradas a fábrica son: la introducción de la mecanización, tiro directo a fábrica, tipo de suelo, humedad de los terrenos y preparación de los mismos para el corte mecanizado con las nuevas tecnologías e indisciplinas tecnológicas.

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

Resultados de la Observación

La observación estructurada, no participante, evidenció que el volumen de materias extrañas entrada a fábrica es elevado por lo que se realiza un control a la materia prima, por la razón anterior se realiza un análisis que se denomina: despallido, es de gran importancia ya que permite determinar cuantitativamente los materiales extraños (cogollo, pajas, tierra, renuevos, entre otros), se realiza en carros de ferrocarril y camiones. En los días que se desarrolló la investigación no siempre se observaron jugos claros, lo que ocasionó el uso de exceso de floclantes, coincidiendo dichas afectaciones con la percepción de elevados volúmenes de materias extrañas entradas a fábrica, sobretodo cogollo y renuevos. Se presentaron días con aumento de producción de cachaza y baja consistencia, su textura es fluida con contenido de jugo de filtro provocando incremento en las pérdidas (pérdidas por cachaza).

De forma resumida la aplicación de los métodos diagnóstico evidenciaron que existe por parte de directivos, especialistas y trabajadores directo a la producción, conocimiento sobre los elementos que originan presencia de materias extrañas entrada a fábrica la relación entre ella y los parámetros de calidad del proceso de producción azucarera y muy en particular sobre la producción de mieles y la calidad de esta última, así como se evidenció la presencia de los volúmenes de dichas materias extrañas entradas al proceso de extracción de jugos, todo lo cual aportó la información necesaria para dar respuesta a los objetivos propuestos en la investigación.

3.2. Comportamiento de los parámetros del proceso productivo, relativo a las variables objeto de estudio, según análisis estadístico

Los indicadores analizados y que se muestran en la Tabla 4, siguieron una distribución normal (Anexo 4), excepto la Calidad de la Miel Final AT, para lo cual se desarrolló el análisis: Identificación de Valores Atípicos hasta obtener la normalidad (Anexo 5). El promedio de cada indicador y los valores, en los cuales presentan mayor peso se muestran en la tabla que a continuación se refiere, para su mejor comprensión, estos valores se pueden apreciar en los histogramas (Anexo 6).

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

Tabla 4. Promedio y valores más frecuentes de los indicadores.

Indicador	Promedio	Mayor peso de los valores
Cantidad de caña molida (t)	2957,44	2862,87 - 3236,91
Materias extrañas Cogollo (t)	141,466	136,273 - 154,079
Otras Materias extrañas (t)	471,656	454,34 - 513,7
Masa cocida C (t)	134,431	118,036- 174,44
Semilla C (t)	17,8422	9,6 – 24,55
Producción Miel Final (t)	79,9078	76,9143 - 90,8857
Calidad de la Miel Final Brix (t)	87,6531	87,1157 - 87,9586
Calidad de la Miel Final AT (t)	51,2634	50,28 - 51,27
Calidad MF Bx(t)/t de caña	2591,22	2515,82 - 2843,62
Calidad MFAT(t)/t de caña	1519,36	1463,18 - 1658,62
Calidad MF Bx(t)/t ME	0,0271875	0,0257143 - 0,0342857
Calidad MFAT(t)/t ME	0,0165625	0,0171429 - 0,0214286
Calidad MF Bx(t)/totrasME	0,106562	0,0814286 - 0,113571
Calidad MFAT(t)/totrasME	0,0625	0,0585714 - 0,0728571
MF/Caña	0,0271875	0,0271429 - 0,0314286
MF/Cogollo	2715,4	1444,06 - 2786,67
MF/Otras materias extrañas	694,456	657,386 - 807,164

Fuente: Elaboración propia.

Las variables antes descritas se trataron estadísticamente por subgrupos, con la intención de identificar el comportamiento de cada una de ellas respecto a su influencia sobre la calidad de la miel final, según la diferencia significativa encontrada en la Tabla 5, como muestra (Anexo 7).

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

Tabla 5. Diferencias significativas.

Variables	Periodos 1-2	Periodos 1-3	Periodos 2-3
Cantidad de caña molida (t)	No	No	No
Materias extrañas Cogollo (t)	No	No	No
Otras Materias extrañas (pajas, hojas, tierras) (t)	No	Si	Si
Masa cocida C (t)	Si	No	Si
Semilla C (t)	No	No	No
Producción Miel Final (t)	Si	No	Si
MF/Caña	Si	Si	Si
MF/Cogollo	Si	Si	Si
MF/Otras materias extrañas	No	No	No
Calidad de la Miel Final (Brix) (t)	Si	Si	No
Calidad de la Miel Final (Azúcares totales) (t)	Si	Si	Si
Calidad MF(t)/t de caña	No	No	No
Calidad MFAT(t)/t de caña	No	No	No
Calidad MF(t)/tME	No	Si	Si
Calidad MFAT(t)/tME	No	Si	Si
Calidad de MF(t)/t otras ME	No	Si	Si
Calidad de MF AT(t)/t otras ME	No	Si	Si

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra el análisis por subgrupo, para tres niveles de periodos (10 días, 11 días, 11 días), para cada uno de los indicadores. En cuanto a la Cantidad de caña molida (t), Materias extrañas Cogollo (t), Semilla C (t), MF/Otras materias extrañas, Calidad MF(t)/t de caña y Calidad MFAT(t)/t de caña no se observó diferencias significativas; mientras los indicadores Materias extrañas Otras ME (pajas, hojas, tierras) (t), Masa cocida C (t), Producción Miel Final (t), MF/Caña, MF/Cogollo, Calidad de la Miel Final (Brix) (t), Calidad de la Miel Final (Azúcares totales) (t), Calidad MF(t)/tME, Calidad MFAT(t)/tME, Calidad de MF(t)/t otras ME y Calidad de MF AT(t)/t otras ME si se notó diferencias entre los períodos. Es de señalar que la mayor variabilidad se presenció entre los periodos dos y tres.

Se realizó el análisis de Cluster donde se observó que las variables Semilla C y Masa cocida C resultaron eliminadas por estar muy distantes de las demás y no representar una información válida, lo que obedece a su vez a la interrelación que existe entre ellas y la

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

producción de miel final, manteniéndose solamente la relación de la variable MF/Cogollo, lo cual se puede apreciar en el Anexo 8.

Grupo 1: Materias extrañas Cogollo (t), Materias extrañas Otras (t), Cantidad de caña molida (t), Calidad MF/t de caña, Calidad MFAT/t de caña.

Grupo 2: Calidad de MF/t otras ME, Calidad de MF AT/t otras ME, Calidad MF/tME, Calidad MFAT/tME.

Grupo 3: Calidad de la Miel Final (Azúcares totales)

Grupo 4: Producción Miel Final (t), MF/Otras materias extrañas, MF/Caña.

Grupo 5: Calidad de la Miel Final (Brix)

Para lograr demostrar la relación que existe entre la calidad de la miel final y el contenido de materias extrañas entrada a fábrica, se realizó toda una valoración estadística multivariada, donde se correlacionaron las variables, calidad de la miel, con el % de cogollo y % de otras materias extrañas, encontrándose de dicho análisis una diferencia significativa entre:

- Calidad de la miel final expresada como Azúcares Totales “AT” y los % de cogollo entrado a fábrica.
- Calidad de la miel expresada como Azúcares Totales “AT”, con el % de otras materias extrañas.

Lo anterior se puede afirmar, sustentado en el valor real de la tabla Anova de 0,0000 (inferior a 0,05), para un nivel de confianza del 95,0 %, lo que se muestra en la Figura 4. El comportamiento de las variables se puede valorar las que manifiestan entre sí una débil, media o fuerte interrelación, valorando desde ello los niveles de dependencia entre dichas variables.

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

Correlaciones	CCM	MEC	OME	PMF	MF/CÑ	MF/OME	CMFBx	CMFAT	CMF/CÑ	CMFAT/CÑ	CMF/ME	CMFAT/ME	CMF/OME	CMFAT/OME	Ctdad.
CCM		CFD	CFD	CMD				CDD	CFD	CFD	CDD	CDD	CDD	CDD	10
MEC	CFD		CFD	CMD				CFD	CFD		CDD			CDD	8
OME	CFD	CFD		CMD				CFD	CFD		CDD			CDD	7
PMF	CMD	CMD	CMD		CMD	CMD		CMD	CMD	CDD	CDD				9
MF/CÑ				CMD		CMD									2
MF/OME				CMD	CMD								CMI	CMI	4
CMFBx													CDI	CDI	2
CMFAT	CDD							CDD	CDD						3
CMF/CÑ	CFD	CFD	CFD	CMD				CDD		CFD	CDD	CDD		CDD	9
CMFAT/CÑ	CFD	CFD	CFD	CMD				CDD	CFD				CDD	CDD	8
CMF/ME	CDD			CDD				CDD	CDD			CFD	CDD	CDD	7
CMFAT/ME	CDD	CDD	CDD	CDD			CDI	CDD	CDD	CDD	CFD		CMD	CMD	11
CMF/OME	CDD					CMI	CDI			CDD	CDD	CMD		CFD	7
CMFAT/OME	CDD	CDD	CDD			CMI	CDI		CDD	CDD	CDD	CMD	CFD		10

Figura 4: Relación entre variables.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura anterior se puede inferir que:

- 1- Se encontró una fuerte relación entre cantidad de Materias Extrañas (Cogollo), Otras Materias Extrañas entrada a fábrica y la variable Calidad de la Miel Final AT/t caña.
- 2- Del mismo modo se aprecia una relación media entre producción de miel final y cantidad de caña molida, materias extrañas (cogollo), otras materias extrañas, miel final/ caña, miel final/otras materias extrañas, calidad miel final AT/caña.

La situación anteriormente descrita puede aparentar una contradicción porque las materias extrañas y entre ellas, el cogollo, es considerado un aportador de sustancias melasigénicas. Dicha aparente contradicción obedece a las razones siguientes:

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

- La forma en que se realizan tanto las mediciones de masa para el balance de materiales dentro de la fábrica, como la propia producción de Miel Final de cada día, resulta un estimado según el volumen ocupado en los recipientes.
- Los recipientes o tanques contenedores de los materiales en proceso y sobretodo el de miel final tienen un volumen considerable por lo que cada unidad de medida significa una apreciable cantidad de material.
- Para el caso de la miel final la temperatura no es tomada en cuenta para el estimado del volumen que ocupa la miel en el tanque pues en última instancia su comercialización es por peso; el estimado de producción diaria es solo con fines de la contabilidad interna para lograr el cálculo del recobrado industrial, lo que introduce errores para la comparación día a día como se hace en el presente trabajo de tesis.
- Los gases contenidos en la miel final por el proceso de trasiego hacia el tanque necesitan un tiempo de liberación, lo que también altera el volumen estimado.
- La producción de miel final no se corresponde exactamente con la caña molida del día porque existen procesos intermedios que la originan que llevan un tiempo de retención.

Bajo la consideración de reducir la influencia que hace la estabilidad del porcentaje de molida sobre los parámetros funcionales de la industria azucarera, para el análisis de la influencia del contenido de materias extrañas (cogollos y otras materias extrañas), se analizó estadísticamente el rango medio de la molida en el período del 11 de enero al 18 de febrero, y dentro de dicho tiempo en el que se enmarcó la investigación, se eliminaron los días de paradas de la industria correspondiéndole al 15, 16, 19, 20, 24, 25 y 30 de enero, siendo los más estables los comprendidos entre los días 12 de enero al 21 de enero. El comportamiento de las variables en el período comprendido se muestra en la Tabla 6.

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

Tabla 6. Comportamiento de las variables.

Días	12	13	14	17	18	19	20	21
Variables								
t caña molida	3153,25	2819,30	2895,95	3026,65	2310,65	3176,55	3382,40	3131,60
t de cogollo	150,09	134,20	137,85	144,07	109,99	151,20	161,00	149,06
t de otras ME	500,42	447,42	459,59	480,33	366,70	504,12	536,79	496,98
t de Miel Final	75,00	90,00	80,00	80,00	60,00	80,00	85,00	90,00
t de Azúcares Totales	38,99	49,97	43,28	40,70	30,34	42,29	43,06	46,74

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de uniformar el análisis de la dependencia entre ellas, se calculó para todas, la relación matemática respecto a la caña molida como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Relación de las variables respecto a la caña molida.

Días	12	13	14	17	18	19	20	21
Variables								
t de cogollo/ t caña	0,047599	0,047600	0,047601	0,047600	0,047601	0,047599	0,047599	0,047599
t de otras ME/t caña	0,158700	0,158699	0,158701	0,158700	0,158700	0,158700	0,158701	0,158698
t de Miel Final/t caña	0,023785	0,031923	0,027625	0,026432	0,025967	0,025185	0,025130	0,028739
t de Azúcares Totales/t caña	0,012365	0,017724	0,014945	0,013447	0,013131	0,013313	0,012731	0,014925

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia una linealidad entre los contenidos de otras materias extrañas respecto al volumen de caña molida y dicha relación referente al por ciento de cogollo y a las toneladas de miel final producidas, también muestran un comportamiento casi lineal, lo que permite asegurar la sostenida influencia entre dichas variables.

De forma particular, el comportamiento de las variables: t de caña molida, t de cogollo entrado a fábrica, t de otras materias extrañas, toneladas de miel final y t de azúcares totales (AT), muestran una relación según (Gráfico 1), donde se evidencia la variabilidad que manifiestan la producción de miel y las toneladas de cogollo y otras materias extrañas entradas a fábrica.

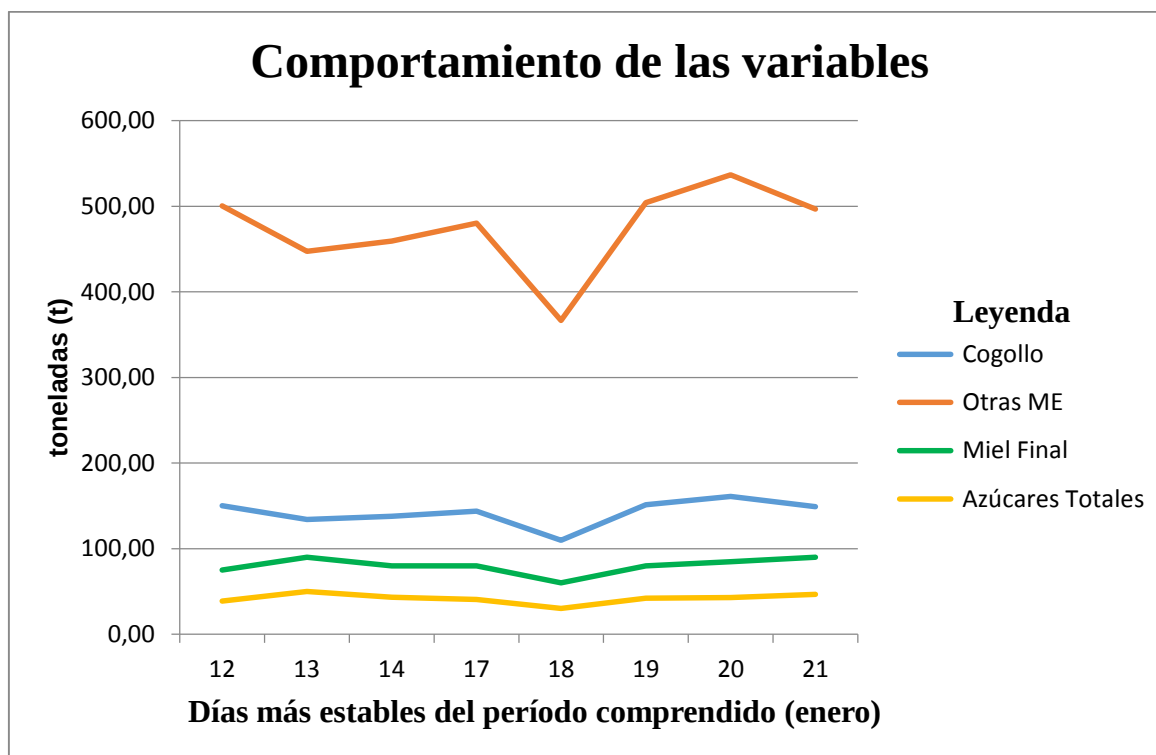


Gráfico 1. Análisis del comportamiento de las variables.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Análisis del comportamiento de la calidad de la miel final según el contenido de materias extrañas entradas a fábrica.

Tomando en consideración que para las Empresas Azucareras la miel final se comercializa en base a un precio de la tonelada en arreglo al contenido de azúcares totales que contiene, se procedió a calcular la afectación económica que genera el contenido de cogollo entrado a fábrica sobre este particular.

Basado en los resultados de la correlación estadística entre los períodos estudiados mencionados anteriormente, se analizaron entonces las pérdidas para el tercer período pues los resultados indican que para el tiempo total de estudio, este es el punto de viraje hacia el mayor efecto sobre la calidad de la miel final.

De modo particular, se calculó el efecto económico estimado producido por el incremento de azúcares totales respecto a la Norma de Comercialización de la miel final, tomando como base a su vez, el precio de comercialización del azúcar en el mercado mundial durante el 2016. Los resultados del cálculo antes mencionado se expresan a continuación:

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

Fórmula de cálculo

$$\frac{At * Bx}{45,76} * t \text{ Miel Final} = t \text{ de Miel Final Comercializable (480.80 CUP)}$$

Donde:

AT: azúcares totales

Bx: % de sólidos azucarados disueltos

45.76: factor que representa el % de AT asumido como referente para la unidad de pago por cada tonelada de miel final (480, 80 CUP)

Precio promedio del azúcar en el Mercado Mundial (2016): 330,79 dólares.

Para lograr uniformidad en el cálculo a realizar, se determinó el promedio de cada período y se halló la relación de azúcares totales contra: las toneladas de caña molida, las toneladas de cogollo y las toneladas de otras materias extrañas como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Promedio de relaciones.

Indicadores	1° Período	2° Período	3° Período
Significación estadística			
t de AT/t cogollo	9629,32	13502,77	19399,80
t de AT/t otras ME	2445,50	4334,30	3919,66
t de AT/t caña	0,13	0,17	0,05

Fuente: Elaboración propia.

La componente económica de esta interacción se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Estimado como valor perdido por producción de azúcar.

Días	12	13	14	17	18	19	20	21	Recobrado %
t de AT de diferencia respecto a la Norma	1,49	4,47	3,28	0,70	0,34	2,29	0,56	1,74	81,24
t de Azúcar	1,21	3,63	2,66	0,57	0,27	1,86	0,46	1,41	Precio 1t de Azúcar (dólar)
Estimado como valor perdido por producción de Azúcar	399,07	1202,05	881,45	187,04	90,29	614,87	150,76	466,79	330,79

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 3: Análisis y discusión de los resultados

Se hace necesario esbozar una consideración general respecto a la exactitud de los valores de pérdidas estimados en el presente trabajo de tesis, pues la base de datos sobre la cual se realizaron los mismos, se corresponde con la información diaria que maneja la industria y que representa una información oficial, motivo este por el que fue utilizada, pero que no excluye las posibles desviaciones que la práctica rutinaria pudiera introducir en ello, si se toma en cuenta los requerimientos necesarios para una investigación científica, donde las notas de campo permiten corregir las percepciones y modificar los esquemas de captura de la información, afinando los intervalos y/o los rangos de trabajo.

No obstante se aprecian los valores de correlación entre las variables estudiadas y las pérdidas económicas que por la presencia de materias extrañas, entre otras, va ocasionando a la economía de fábrica y por ende a la economía nacional, comparado con los precios del mercado interno y el mercado mundial en el que se coloca el azúcar como producto, respecto a la miel final, considerada materia prima para la producción nacional. Para reducir en cierta medida estos errores en la consideración del cálculo de la afectación económica se tomaron el rango de los días comprendidos del 12 al 21 de enero.

Conclusiones

- Se demuestra existe una relación directa entre el contenido de materias extrañas entrada a fábrica y la calidad de la miel final, expresada esta última como azúcares totales comercializables, lo que genera pérdidas económicas a la fábrica y a la economía nacional.
- La bibliografía consultada permitió constatar la significación negativa que sobre el proceso de producción azucarera genera el contenido de materias extrañas entrada a fábrica, así como la dependencia de esta última respecto al tipo de suelo, la composición de cepa, la variedad de caña y la relación Edafoclimática existente.
- Los métodos diagnóstico evidenciaron que existe por parte de directivos, especialistas y trabajadores directo a la producción, conocimiento sobre los elementos que originan presencia de materias extrañas entrada a fábrica la relación entre ella y los parámetros de calidad del proceso de producción azucarera y muy en particular sobre la producción de mieles y la calidad de esta última, así como se evidenció la presencia de los volúmenes de dichas materias extrañas entradas al proceso de extracción de jugos, todo lo cual aportó la información necesaria para dar respuesta a los objetivos propuestos en la investigación.
- La evaluación sobre el comportamiento de los parámetros cualicuantitativos de la etapa de la cosecha se resumió luego del procesamiento estadístico correspondiente al 11 de enero al 18 de febrero. Demostró que:
 - Existe una diferencia significativa entre calidad de la miel final expresada como Azúcares Totales “AT” y el contenido de materias extrañas.
 - Se encontró una fuerte relación entre cantidad de Materias Extrañas (Cogollo), Otras Materias Extrañas entrada a fábrica y la variable Calidad de la Miel Final AT/t caña.
 - Se aprecia una linealidad entre los contenidos de otras materias extrañas respecto al volumen de caña molida y dicha relación referente al porcentaje de cogollo y a las toneladas de miel final producidas, también muestran un comportamiento casi lineal, lo que permite asegurar la sostenida influencia entre dichas variables.

Se evidencia mediante el cálculo de los valores de comercialización de la miel final según el contenido de azúcares totales y la cantidad de azúcar equivalente dejada de producir, pérdidas económicas en correspondencia a los niveles de molido y por ende de producción de miel que afectan tanto a la economía de fábrica así como a la economía nacional.

- Las pérdidas estimadas tomando en consideración por afectaciones a la calidad de la miel final generadas por el contenido de materias extrañas entrada a fábrica, asumiendo valor de comercialización de la miel final 480.80 CUP y del azúcar 330,79 dólares, evidencia

Recomendaciones

- Poner a disposición de los directivos de la UEB “Ciudad Caracas”, los resultados de la presente investigación.
- Socializar los diferentes resultados de la investigación en espacios académicos y publicaciones científicas.
- Desarrollar futuras investigaciones inducidas a profundizar en la relación de las variables estudiadas desde otras perspectivas dentro de la producción azucarera

Bibliografía

- Aguilar Rivera, N. (2011). *Competitividad de la agroindustria azucarera de la Huasteca México*. (Doctorado en Ciencias Ambientales), Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P.
- Alfonso, L. M.; Rey, R.C. del; Gonzales, R.M. (2014). Evaluación de la recuperación de azúcar en centrales azucareros según metas en procesos claves. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras.
- Array. (2005). La dextranasa a lo largo de la industria azucarera. *Biotecnología aplicada*, 22, 11-19.
- Artavia, L. F. (1982). Efecto económico de la materia extraña o trash en la industria azucarera. En: Seminario de Tecnología Moderna de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica. Memorias p: 41-45.
- Barreto, L. (1991). Efecto de varios porcentajes y tipos de “trash” en el rendimiento de azúcar. . *International Sugar Journal*, 93(1113), 191-194.
- Biar, J. R.; Serrano, Paulina; Conde, José. (1982). *Estudio de las mieles finales de la caña de azúcar*. Ciudad de La Habana: Científico-Técnica.
- Casas, L. et al. (2004). Estudio sobre la influencia de la composición de los jugos de caña sobre la eficiencia de los procesos industriales. *Centro Azúcar* 31, 9-12. Villa Clara. Disponible en: <http://centroazucar.qf.uclv.edu.cu/>
- Castro Perdomo, N. A. (2014). Desarrollo productivo vs innovación tecnológica en la agroindustria azucarera. Cienfuegos estudio de caso período 1980-2005. *Centro Azúcar*, 41, 68-81. Villa Clara. <http://centroazucar.qf.uclv.edu.cu/>
- Cassalett, C. T., (1995). El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia. CENICAÑA, 412.
- Clarke, W. B., Player, M. R., y Weiss, G. H. (1988). Effect of extraneous matter on miller is and grower is costs. Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists.
- CONADESUCA. (2015). *Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)*. Disponible en: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tcnica_Ca_a_de_Azucar.pdf

- Corrales Correa, E. G. et al. (2014). Identificación y cuantificación de pérdidas de sacarosa en el efluente final del proceso de elaboración de azúcar en el ingenio azucarero Riopaila Castilla. *10*, 83-91.
- Cuba. Ministerio del Azúcar (1990). *Manual de Información Técnica (CAIT)*. La Habana: Cuba: MINAZ.
- Cuba, Partido Comunista de Cuba (2011) Lineamientos. *Congreso del partido Comunista de Cuba*. Disponible en: http://biblioteca.ucf.edu.cu/biblioteca/libros_digitales/logistica/Lineamientos%20aprobados%20VI%20Congreso.pdf.
- Cuba, Partido Comunista de Cuba (2016). Lineamientos. *Actualización de los lineamientos de la política económica y social del Partido y la revolución para el periodo 2016-2021*. Disponible en: http://intranet.ucf.edu.cu/index.php/item/download/52_9822cad74e1dd999417063296cc05a67
- Díaz Fach, J. C. (2015). *Propuesta de planta diversificada para la producción de alimento animal en la Unidad Empresarial de Base: Fábrica de Azúcar "14 de Julio"*. (Tesis de Grado), Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.
- Espinosa Fonseca, E. L. (2013). *Evaluación de indicadores de manejo sostenible de tierras en la UBPC "El Limpio" para la elaboración del plan de manejo de tierra que garantice el incremento de los indicadores de eficiencia agroindustrial*. (Tesis de Grado), Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.
- Fajardo Castillo, E. E.; Sarmiento F., Sandra Constanza. (2007). *Evaluación de la melaza de caña como sustrato para la producción de Saccharomyces cerevisiae*. (Tesis de Grado), Bogotá, D.C. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis26.pdf>
- Falcón, P. F., et al. (1995). *Manual de Operación para la Producción de Azúcar Crudo de Caña*. Ciudad de La Habana: Cuba.
- Fors, A. L. (1983). La calidad de la caña de azúcar que entra en la fábrica con relación a la cosecha mecanizada. La materia extraña. *Sugar Journal*, 3(1), 11-13.
- Fors, A. L., y Arias, R. (1997). Los distintos componentes de la materia extraña: como afectan el trabajo de los ingenios. . *Sugar Journal*, 60(7), 25-31.

- García Martínez, Y.; Castro Perdomo, N. y Suarez Monzón, N. (2014). Acercamiento conceptual a la ecología industrial. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 6, 73-79.
- Guerra, A., y Hernández, A. (2014). El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala.
- Hernández Gutiérrez, J. T. (2007). *Comportamiento del pH, la absorbancia y alternativas de purificación de fluidos azucarados, con el empleo de bentonita*. (Tesis de Grado), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- Hernández, J. (2016). Evaluación de las pérdidas de azúcar en miel final en el Central Azucarero "Manuel Fajardo". *Ingeniería Agrícola*, 6, 39-45.
- Honig, P. (1974). *Principios de Tecnología azucarera. Tomo II. Cristalización* (6ª ed.). México DF, México. Continental.
- Jackson, T. (2002). A Handbook of Industrial Ecology. Industrial Ecology and cleaner production. . Robert U. Ayres and Leslie W. Ayres. Cheltenham, UK. Northampton MA, USA, Edward Elgar.
- Larrahondo, J. E. (1995). *Calidad de la caña de azúcar. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali*. CENICAÑA..
- López Maldonado, B. (2014). *Análisis de pérdidas de sacarosa en miel final: causas y tendencias*. CENGICAÑA.
- Martínez Pérez, C. M., y León Benítez, J. B. (2012). Influencia de la calidad de la materia en el proceso tecnológico, calidad del producto final, y el rendimiento industrial en una fábrica de azúcar. *Centro Azúcar*, 39, 28-34. Disponible en: <http://centroazucar.qf.uclv.edu.cu/>
- MINAZ. (2010). *Manual de fabricación de azúcar*.
- Morrell Flores, I. (1984). *Tecnología Azucarera*. Villa Clara.
- NC 715. (2009). MIEL FINAL (MELAZA) — ESPECIFICACIONES. Oficina Nacional de Normalización. Vedado, Ciudad de La Habana.
- Palacio, E. (1986). *Factores que inciden en la fabricación del azúcar*. En curso dictado. El cultivo de la caña de azúcar. Memorias. Cali, Colombia: TECNICAÑA.
- Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Berlin, Alemania.
- Reynoso, A. (1998). *El ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar*. (6ta ed.). La Habana.

- Rico Ramírez, O. (2016). *Organización de la zafra azucarera en función del rendimiento y la eficiencia energética*. (Maestría en gerencia de la ciencia y la innovación tecnológica), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara.
- Rivera Alfaro, D., y Chaves Solera, M. A. (2003). *Determinación de los Contenidos de Materia Extraña en las Entregas Comerciales de Caña de Azúcar (Saccharum spp) en Hacienda Juan Viñas S.A.* Costa Rica.
- Romillo, A. E. (2013). Nuevo modelo universidad-empresa. El sistema UCI. *Congreso Universidad*, 2.
- Santibáñez, M. (1983). *Tecnología Azucarera. T III. E .CNCA*. Ciudad Habana.
- Taupier, G. (1988). *Manual de los derivados de la caña de azúcar*.
- Tintoré, M. (2010). *Las Universidades como organizaciones que aprenden. El caso de la Facultad de Educación de la Universidad Internacional de Catalunya*. (Tesis Doctoral), Universidad Internacional de Catalunya. Disponible en: www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9336/Tesis_Mireia_Tintore.pdf
- Zossi, B. S. y Garzón, J. (2010). Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán (R. Argentina). *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 87, 15-27.

Anexos

Anexo 1. Encuesta.

Usted por su experiencia y tiempo de trabajo, se ha seleccionado para lograr la información necesaria para llevar a efectos, una investigación sobre la relación materias extrañas producción de miel en la industria azucarera, solicitándole su contribución al respecto, para desde sus opiniones, poder elaborar los criterios que se establecen desde la relación antes apuntada.

1) Producción de materias extrañas.

Las materias extrañas entradas a fábrica dependerán de;

- a) La cepa a moler -----
- b) El tipo de suelo -----
- c) La época del año -----
- d) La variedad de caña a moler -----
- e) La atención cultural a la caña antes de la cosecha-----

2) Afectación a la molida

- a) Las materias extrañas afectan la eficiencia de la preparación de la caña
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----
- b) La extracción de los molinos se ve afectada por el contenido de materias extrañas entrada a fábrica
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----
- c) La calidad de los jugos dependerá del contenido de materias extrañas entrada a fábrica
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----

3) Afectación al proceso de fabricación

- a) A mayor cantidad de materias extrañas menor calidad de los jugos y de la meladura
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----
- b) El contenido de cogollo afecta el proceso de cristalización del azúcar
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----
- c) Existe relación entre: calidad de los jugos-producción de miel y eficiencia industrial
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----

- d) El tiempo de cristalización y por ende de producción de las masas dependerá de la calidad de los jugos y por ende del contenido de materias extrañas
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----
- 4) Proceso de centrifugación
- a) El agotamiento de las mieles y por ende la pureza de estas dependerá de la calidad de los jugos
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----
- b) La producción de miel afecta la economía de la fábrica
Sí ----- No ----- No tengo criterio -----
- c) De los parámetros siguientes, cuáles se ven afectados por la entrada de materias extrañas, una vez centrifugadas las masas.
- i) El rendimiento Industrial.
 - ii) El recobrado industrial.
 - iii) Las pérdidas en mieles.
 - iv) El color del azúcar.
 - v) La calidad de las mieles.
 - vi) La calidad del azúcar.
 - vii) La economía de fábrica.

Anexo 2. Entrevista Estructurada.

1. ¿Considera usted que el contenido de materias extrañas afectan a la eficiencia del proceso fabril?
2. ¿La entrada de materias extrañas a fábrica se mantiene constante durante todo el período de zafra?
3. ¿Considera existe una relación entre las variedades y el contenido de materias extrañas entradas a fábrica?
4. Cómo valora la relación entre materias extrañas y:
 - Calidad del azúcar.
 - Producción de mieles.
5. ¿Qué factores usted estima influyen más en los volúmenes de materias extrañas entradas a fábrica.

Anexo 3. Guía de observación.

1. Volumen de materias extrañas entradas a fábrica.
2. Despalillo.
3. Calidad de jugo en los clarificadores.
4. Calidad de cachaza que se maneja y su textura.

Anexo 4. Gráficos de probabilidad normal

Gráfico de Probabilidad Normal

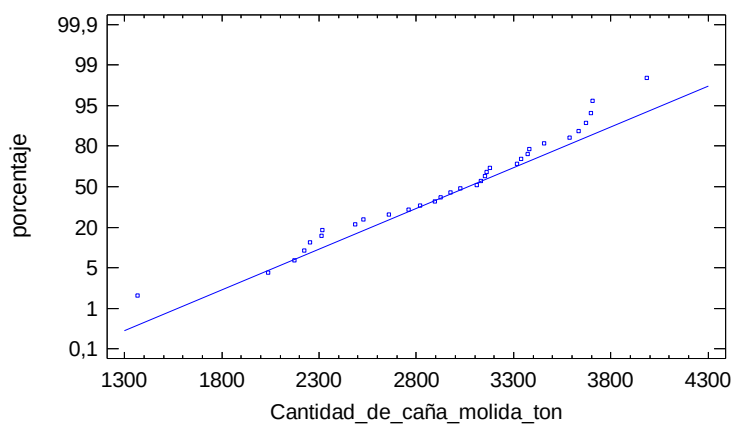


Gráfico de Probabilidad Normal

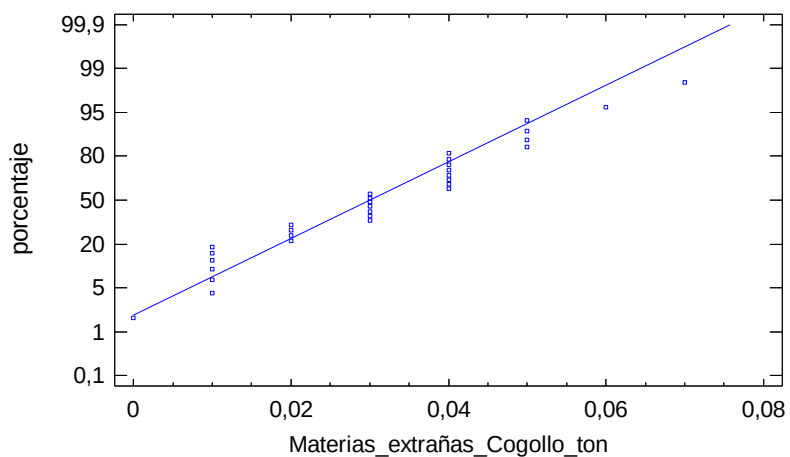


Gráfico de Probabilidad Normal

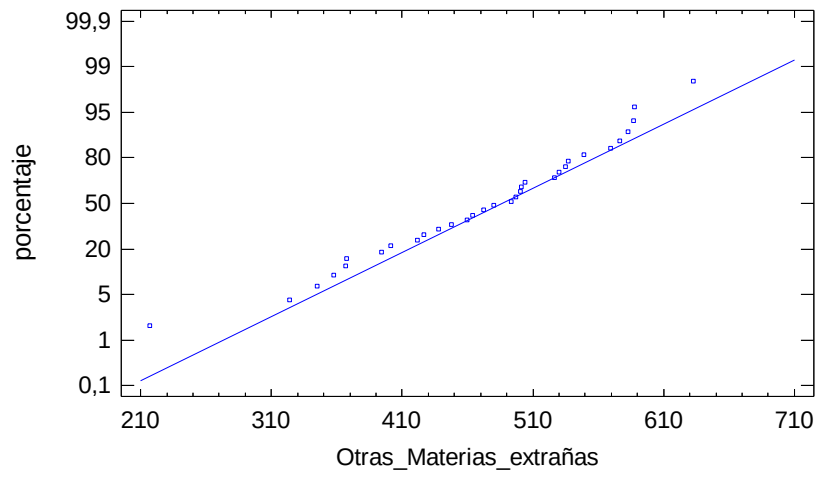


Gráfico de Probabilidad Normal

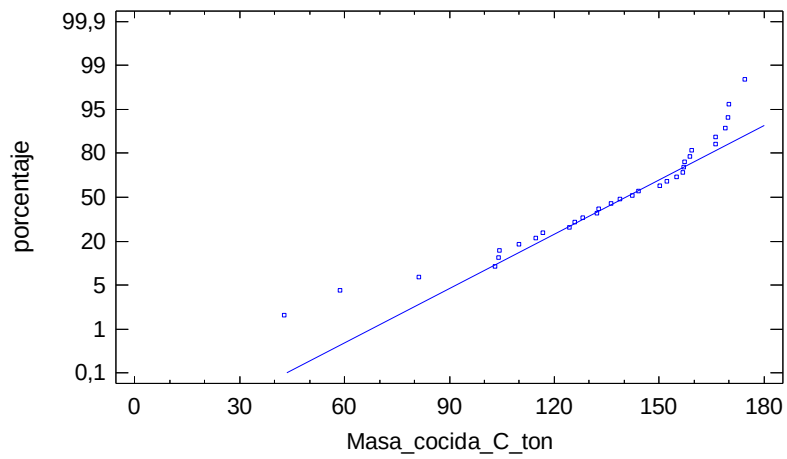


Gráfico de Probabilidad Normal

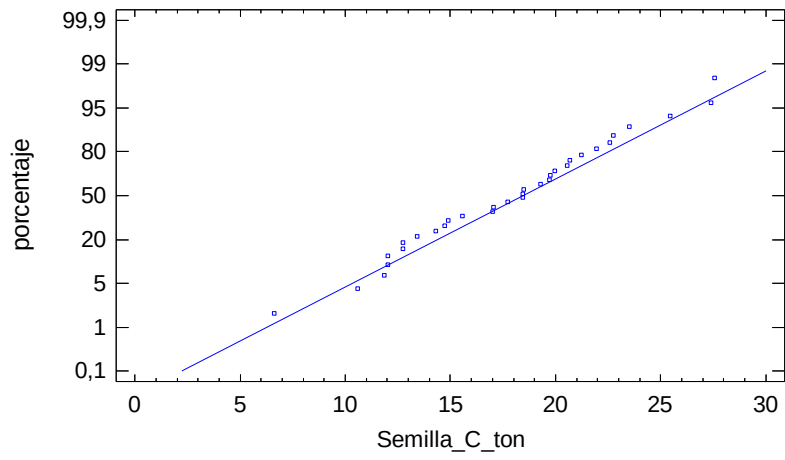


Gráfico de Probabilidad Normal

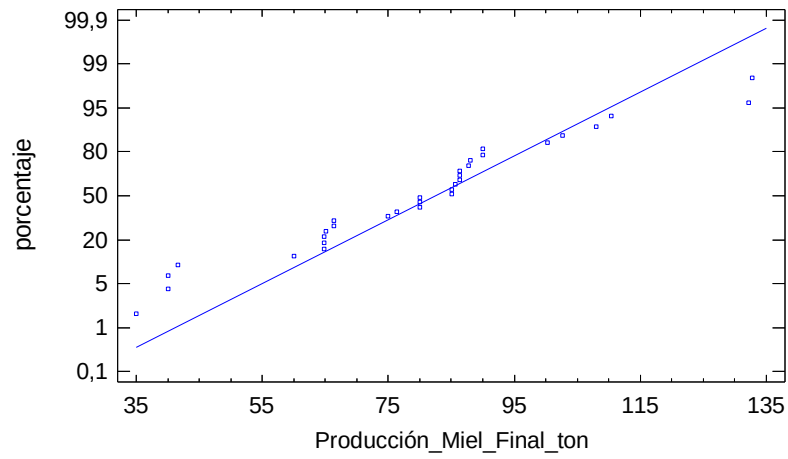


Gráfico de Probabilidad Normal

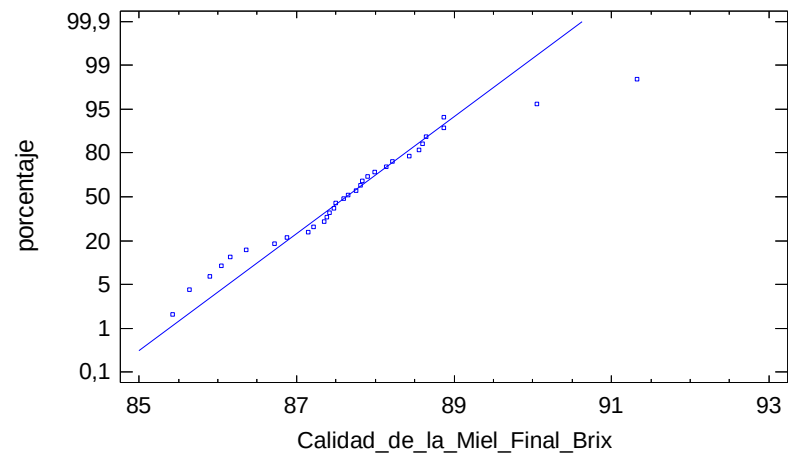


Gráfico de Probabilidad Normal

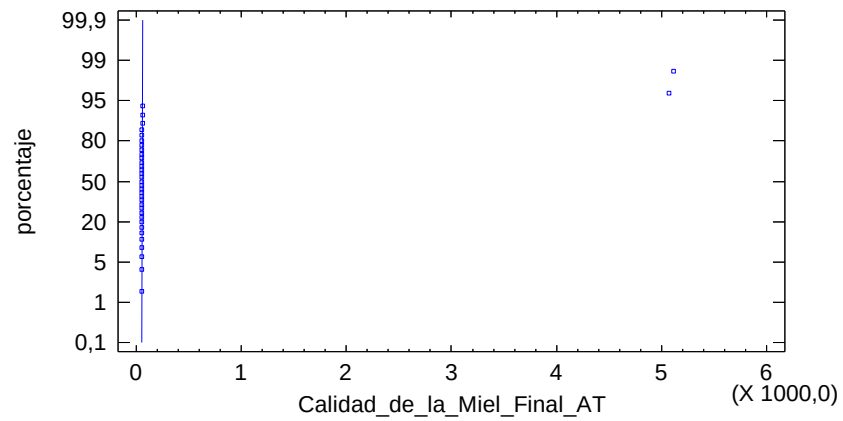


Gráfico de Probabilidad Normal

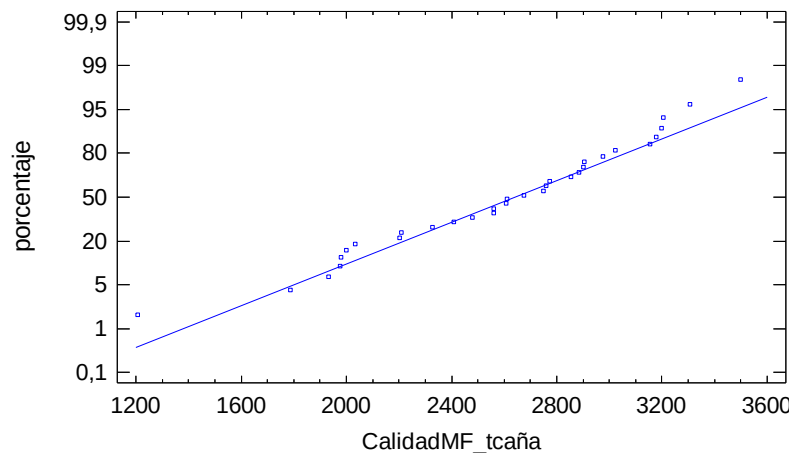


Gráfico de Probabilidad Normal

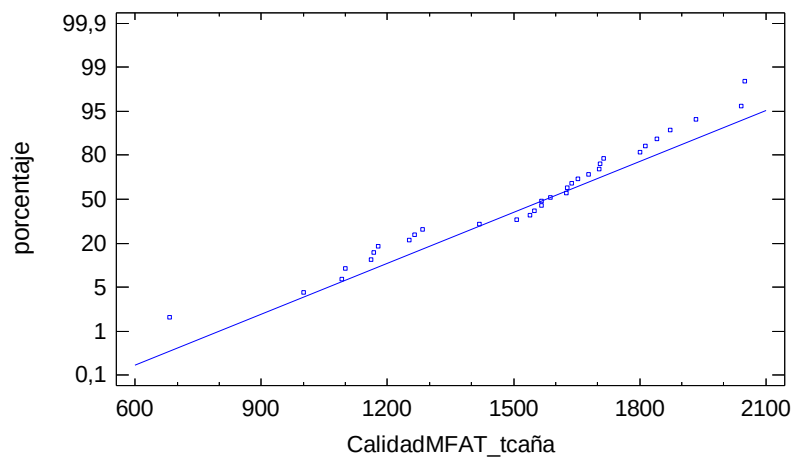


Gráfico de Probabilidad Normal

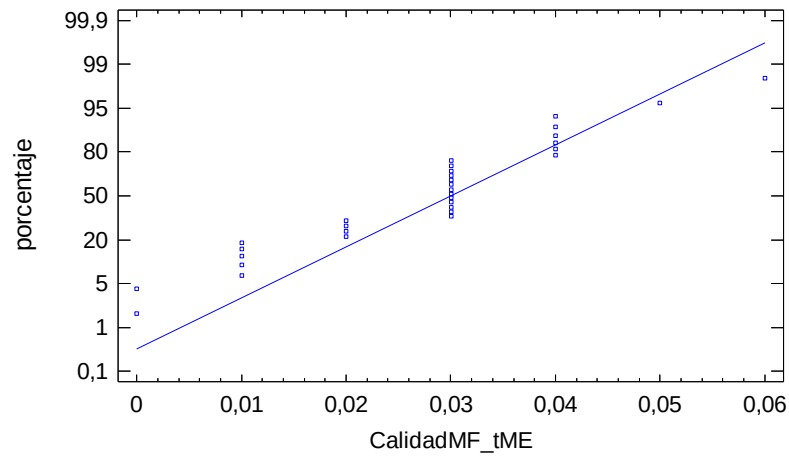


Gráfico de Probabilidad Normal

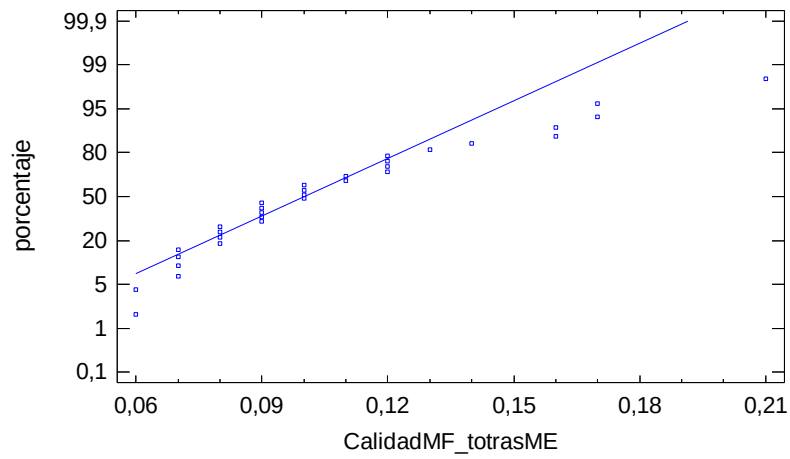


Gráfico de Probabilidad Normal

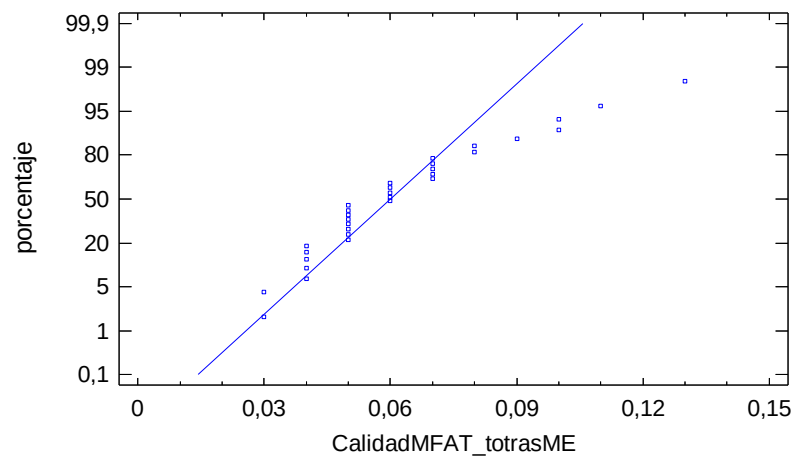


Gráfico de Probabilidad Normal

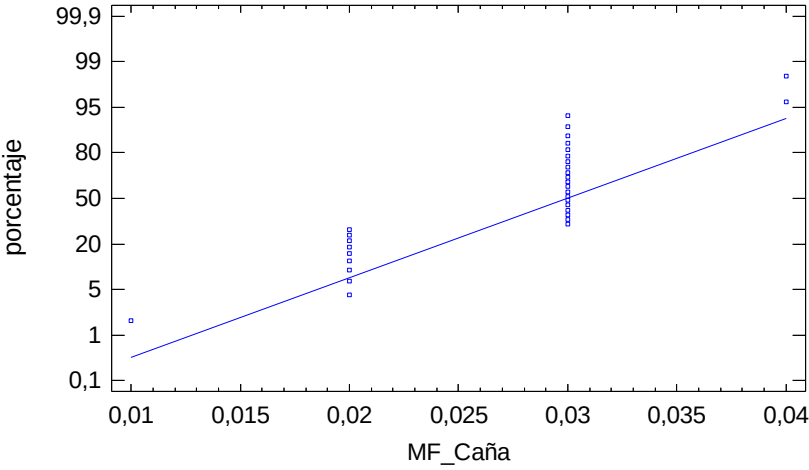
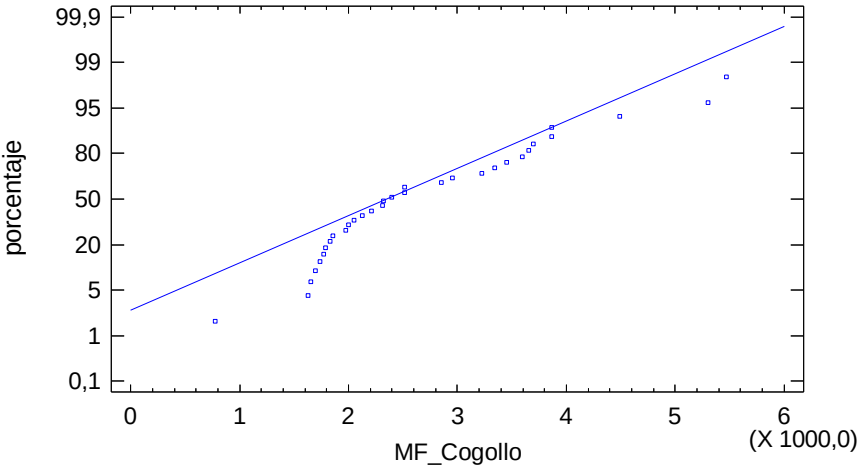
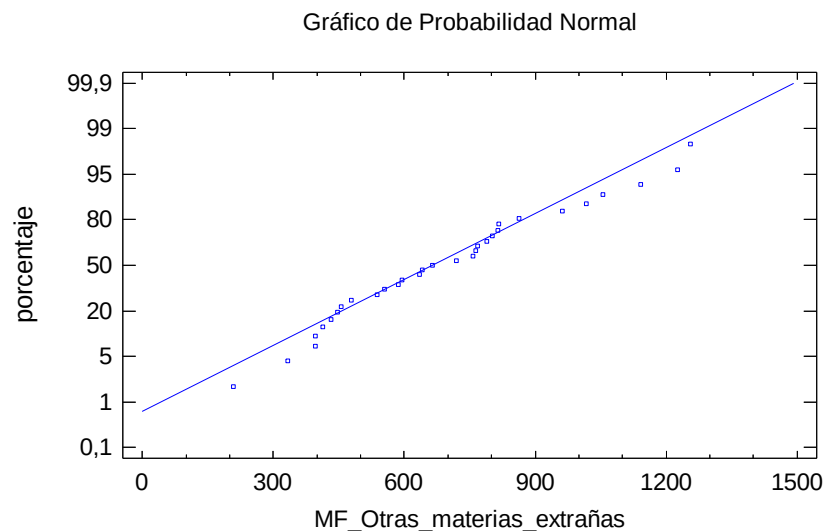


Gráfico de Probabilidad Normal





Anexo 5. Identificación de Valores Atípicos – Calidad de la Miel Final AT

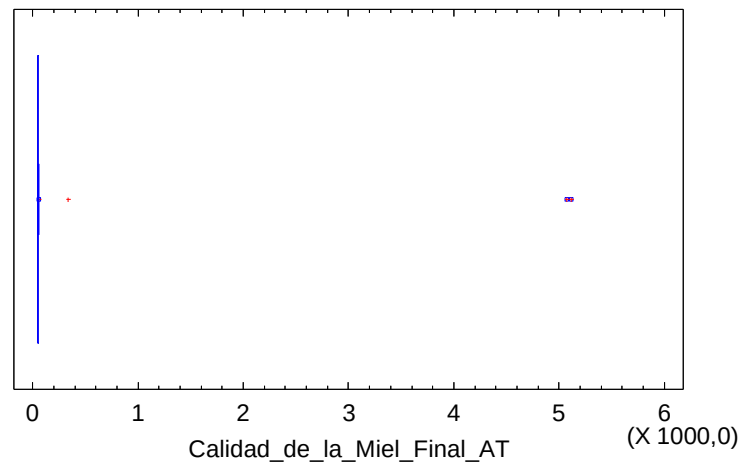
Valores Ordenados.

		Valores Estudentizados		Modificados
Fila	Valor	Sin Supresión	Con Supresión	Valor-Z DAM
32	48,3	-0,24534	-0,249041	-2,31257
34	49,03	-0,244725	-0,248416	-1,77149
35	49,04	-0,244717	-0,248407	-1,76408
33	49,04	-0,244717	-0,248407	-1,76408
13	49,68	-0,244177	-0,247859	-1,2897
...				
4	54,97	-0,23972	-0,243326	2,63129
2	55,23	-0,239501	-0,243104	2,82401
1	59,3	-0,236072	-0,239617	5,84073
20	5070,0	3,98583	5,61104	3719,82
21	5112,0	4,02122	5,70824	3750,95

Fuente: Elaboración propia.

El valor más inusual es el de la fila #21.

Gráfico de Caja y Bigotes



Pruebas de Normalidad

H_0 : El valor extremo más lejano proviene de la misma distribución normal que las otras observaciones.

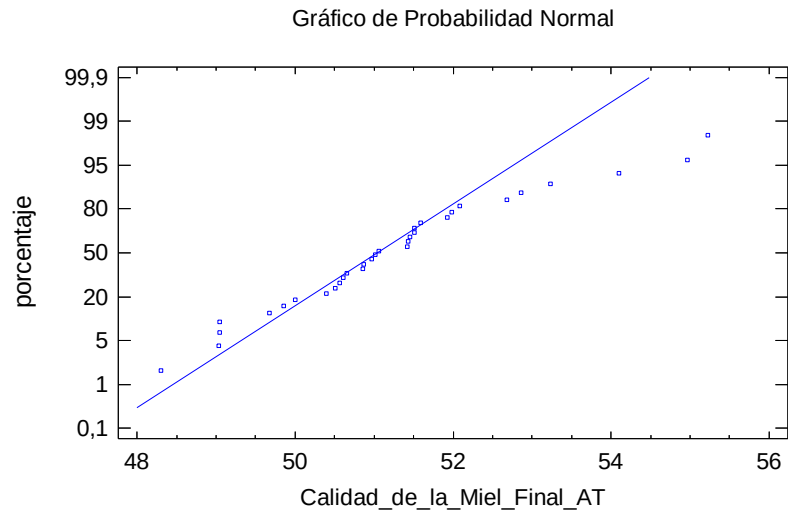
H_1 : El valor extremo más lejano no proviene de la misma distribución normal que las otras observaciones.

Elección del nivel de significancia de la prueba: 0,05.

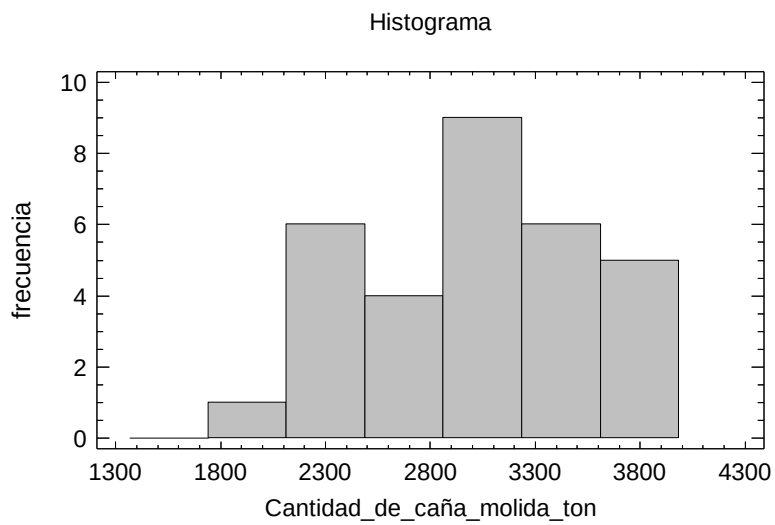
Teoría de decisión: Rechazar la hipótesis nula (H_0) si el valor-P < 0,05.

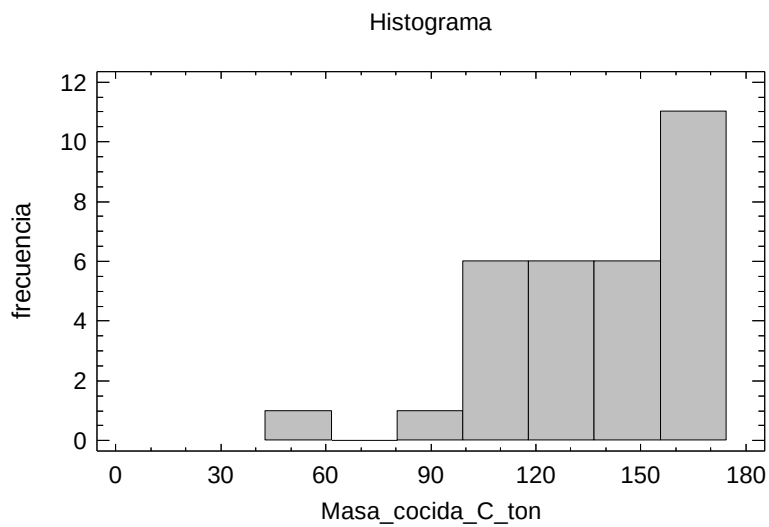
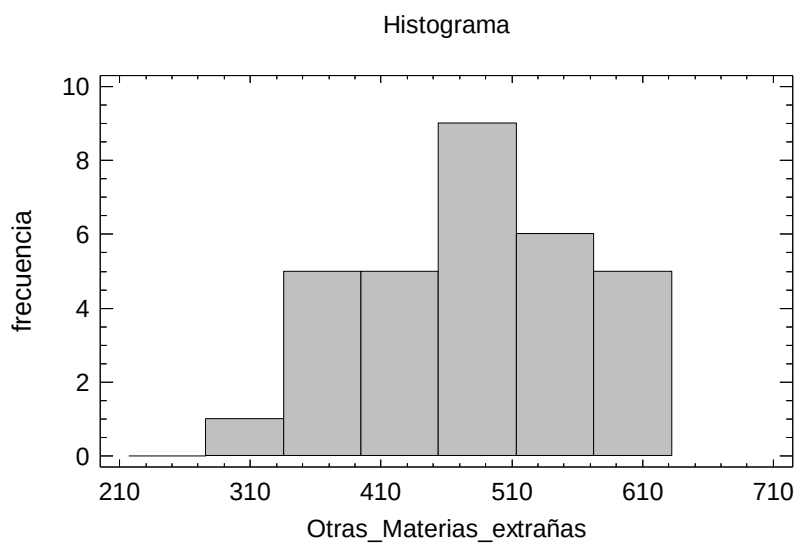
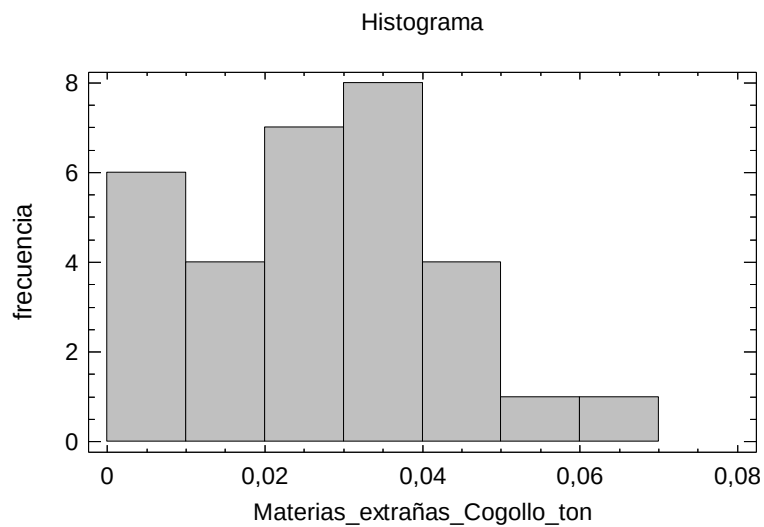
Decisión: Puesto que el valor-P para la prueba de Grubb es menor que 0,05, ese valor es un aberrante significativo con un nivel de significancia del 5,0%. Se decide eliminar la fila #21.

Se realiza nuevamente el análisis hasta obtener una distribución normal.

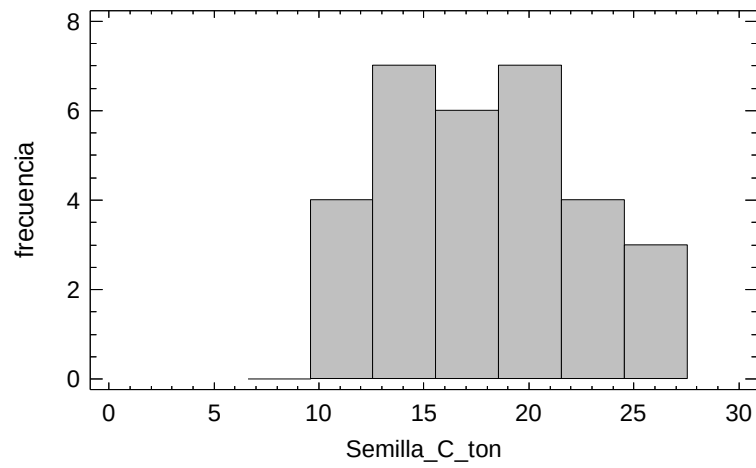


Anexo 6. Histogramas

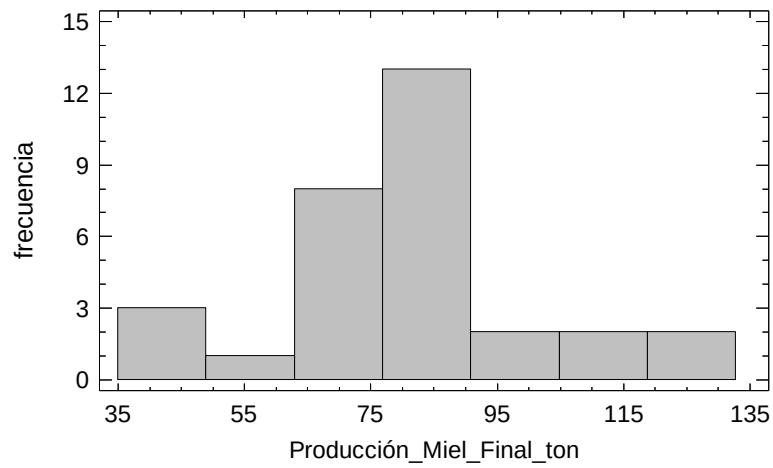




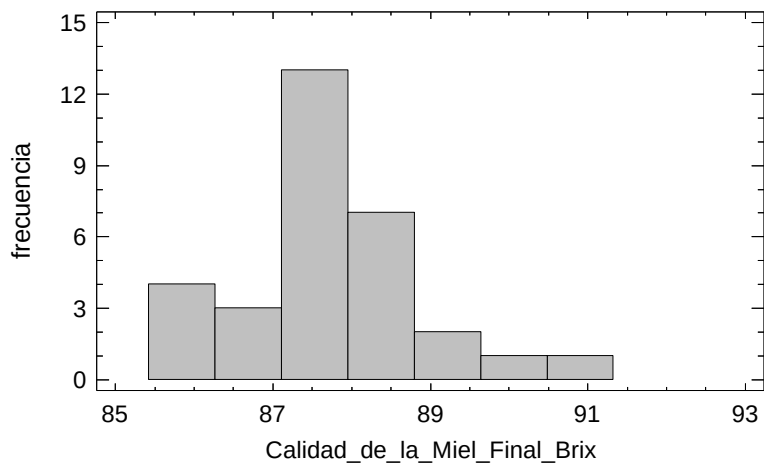
Histograma

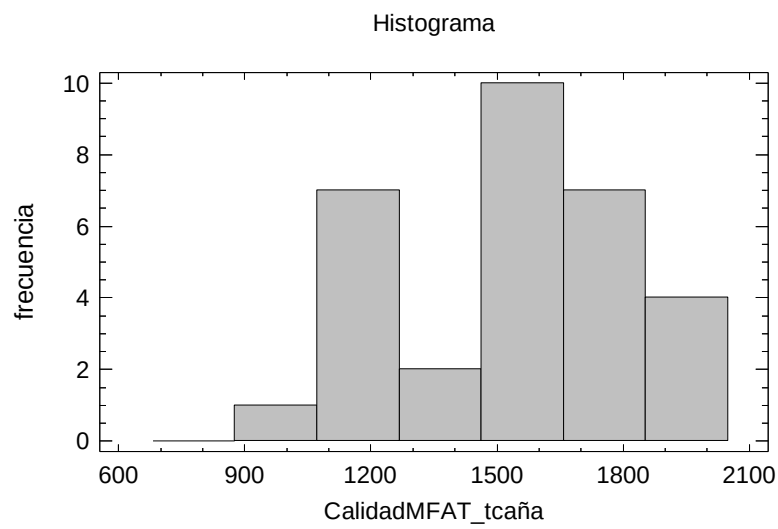
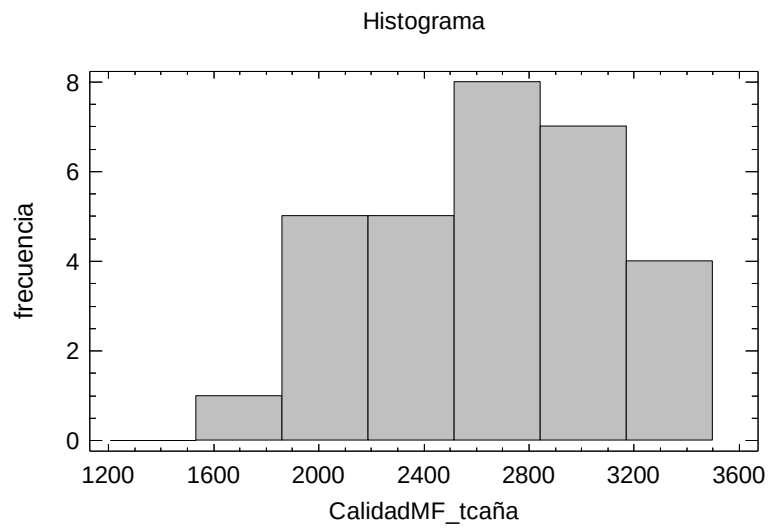
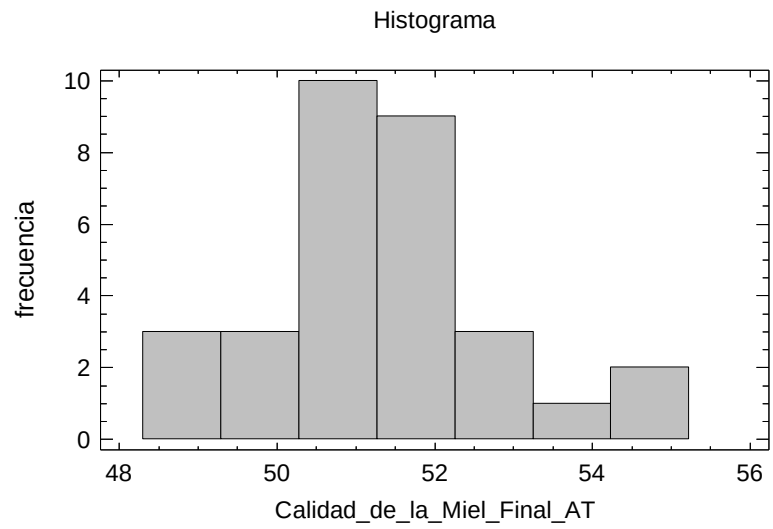


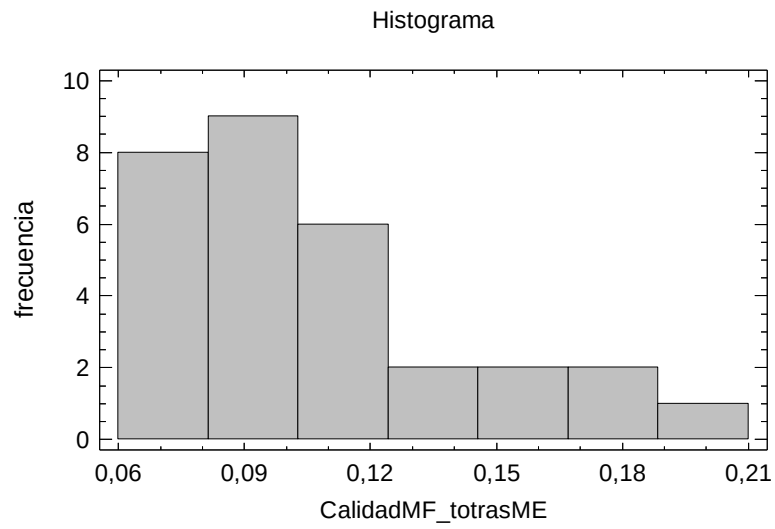
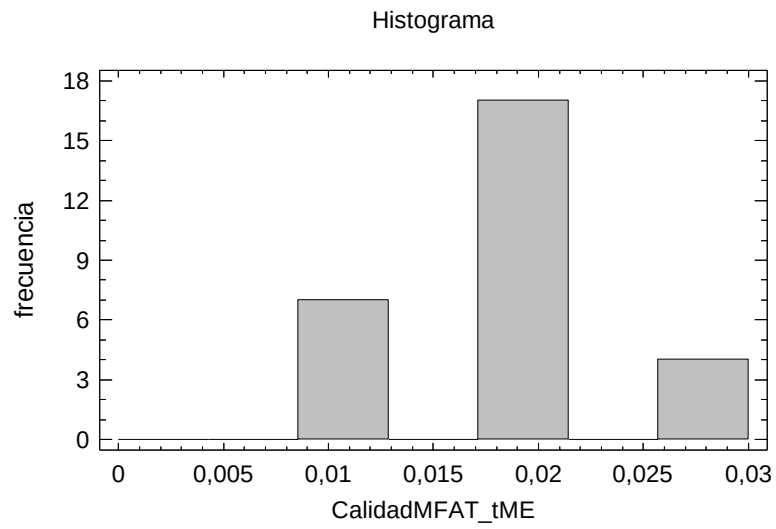
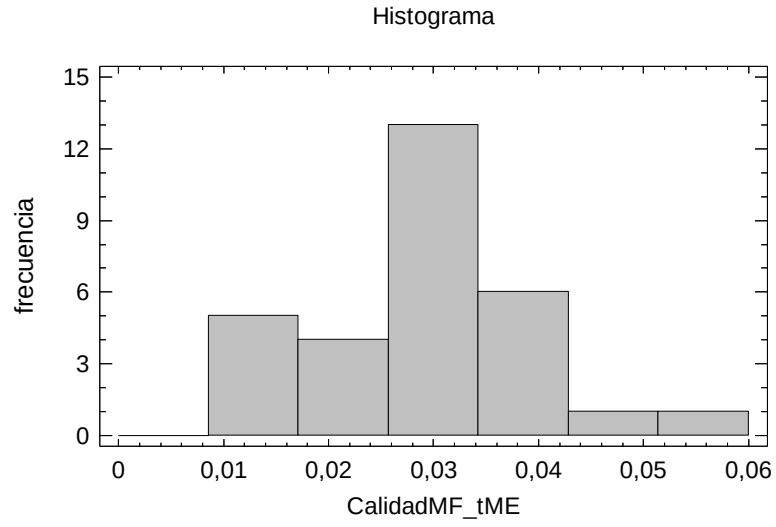
Histograma

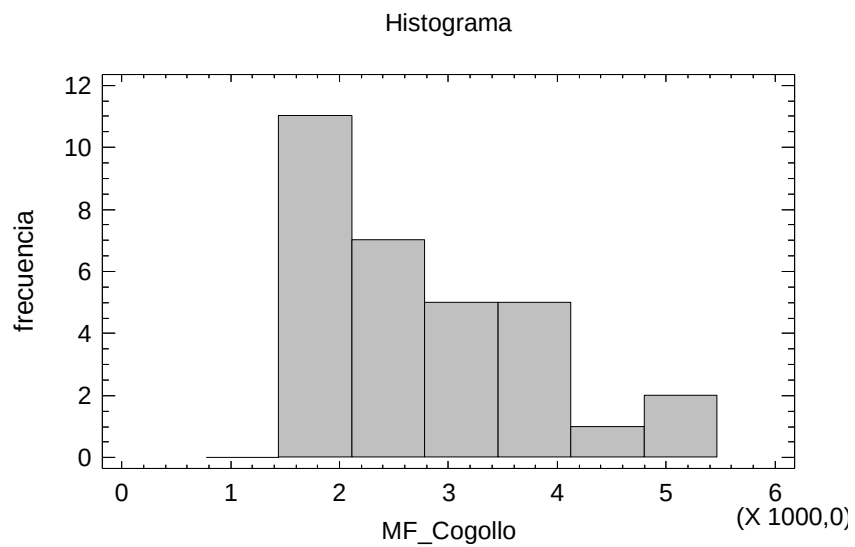
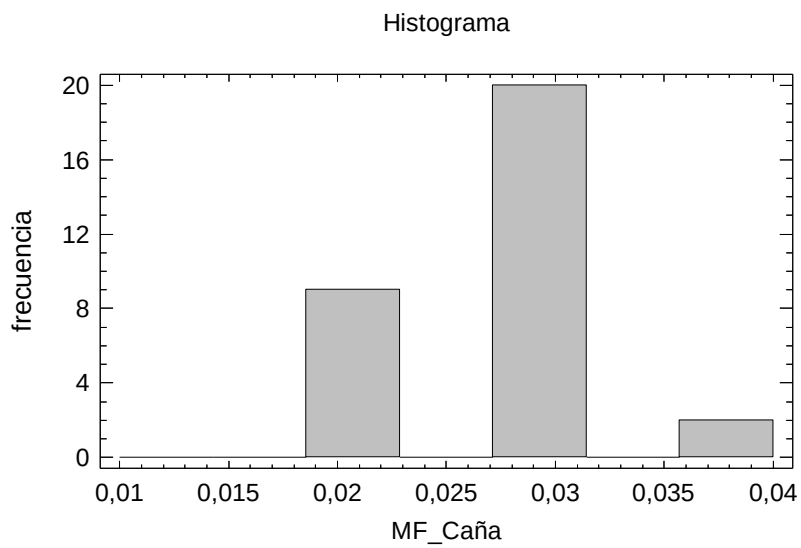
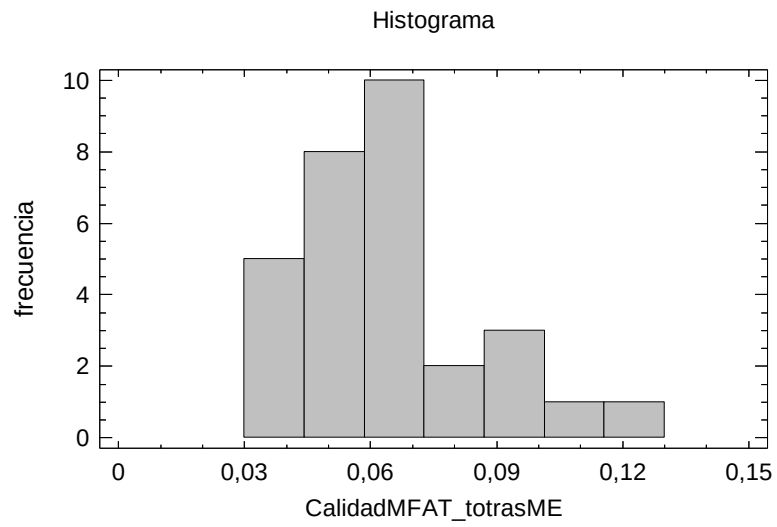


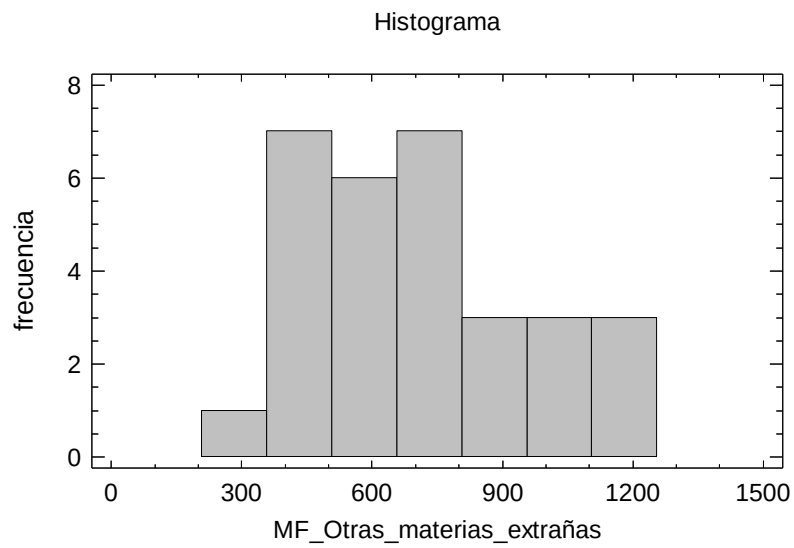
Histograma











Anexo 7. Gráficos de medias por subgrupo

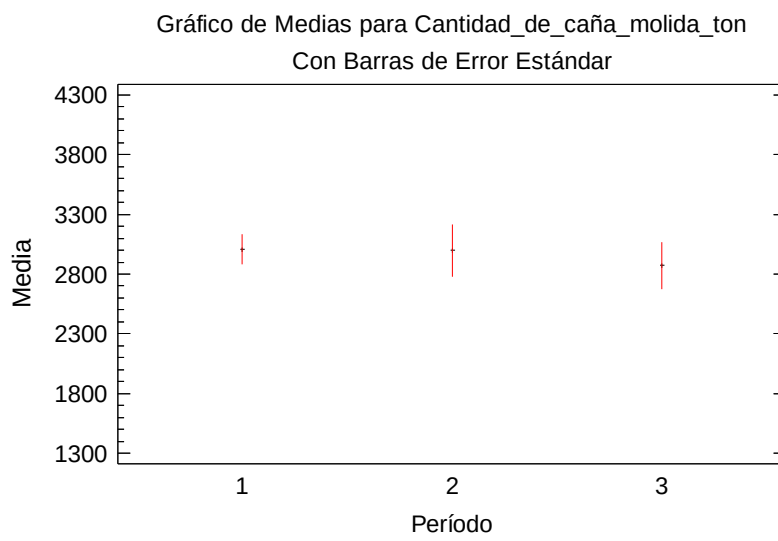


Gráfico de Medias para Materias_extrañas_Cogollo_ton
Con Barras de Error Estándar

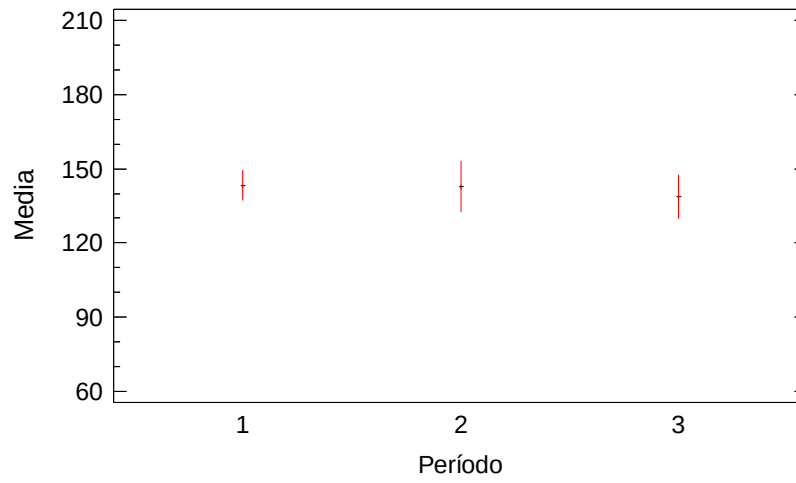


Gráfico de Medias para Otras_Materias_extrañas
Con Barras de Error Estándar

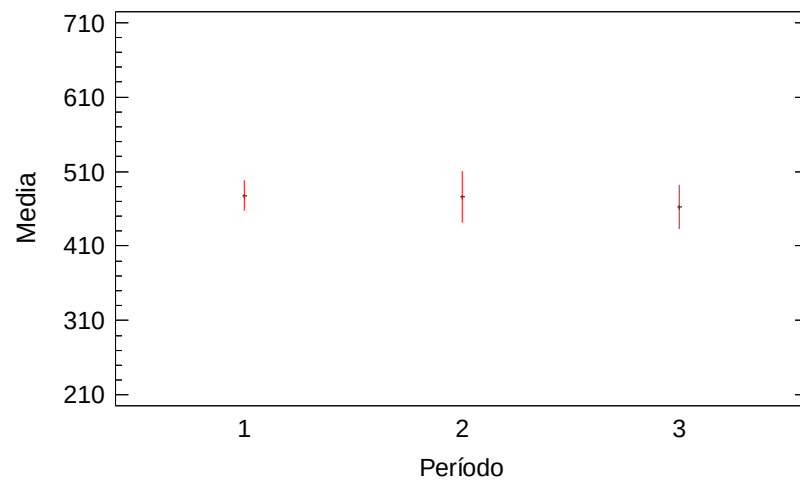


Gráfico de Medias para Otras_Materias_extrañas
Con Barras de Error Estándar

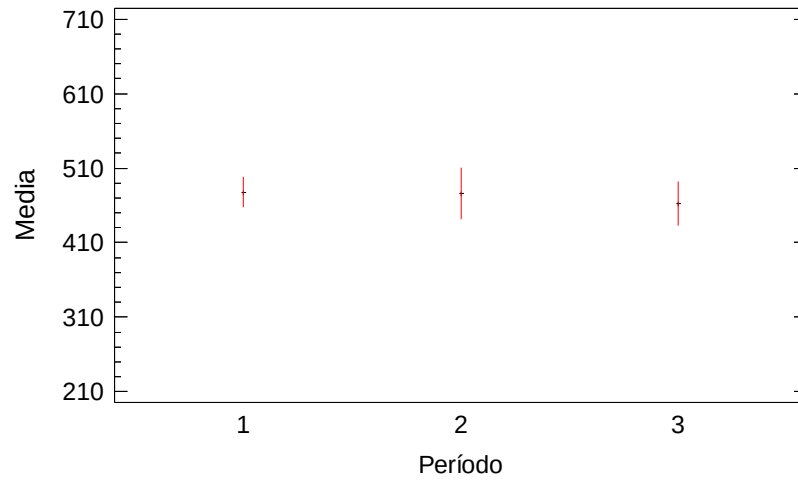


Gráfico de Medias para Otras_Materias_extrañas
Con Barras de Error Estándar

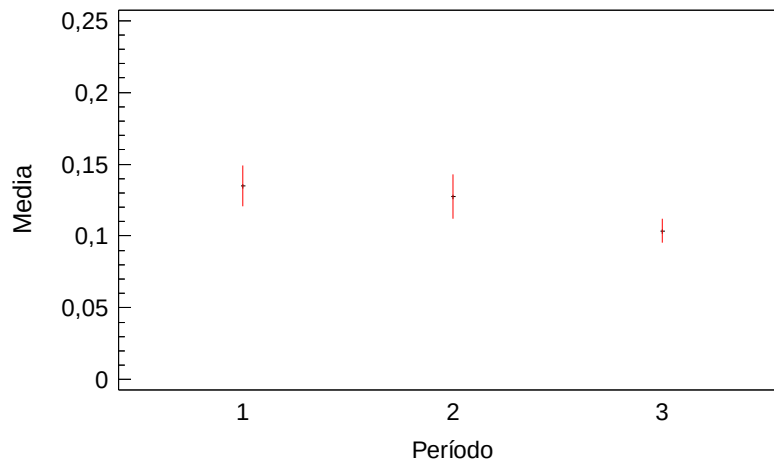
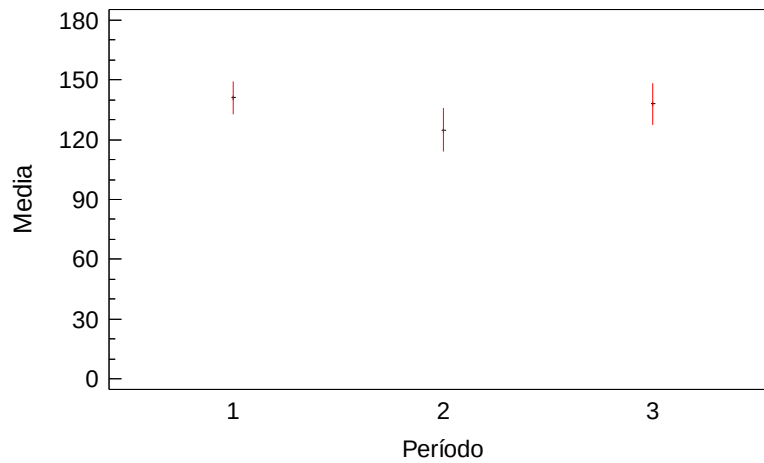
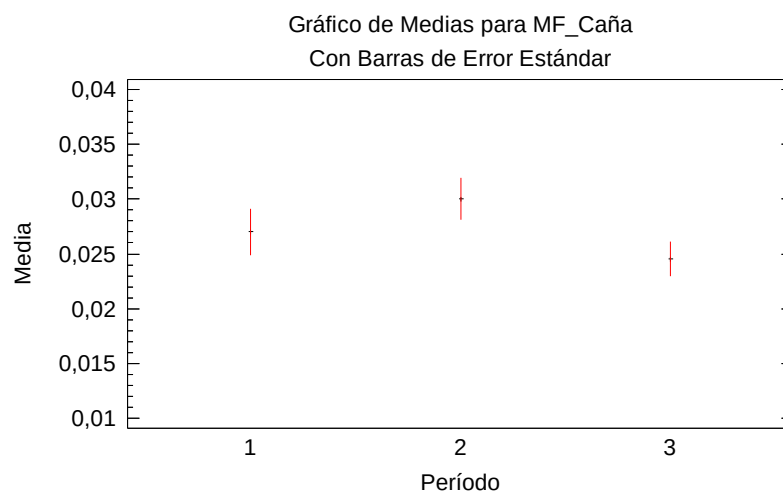
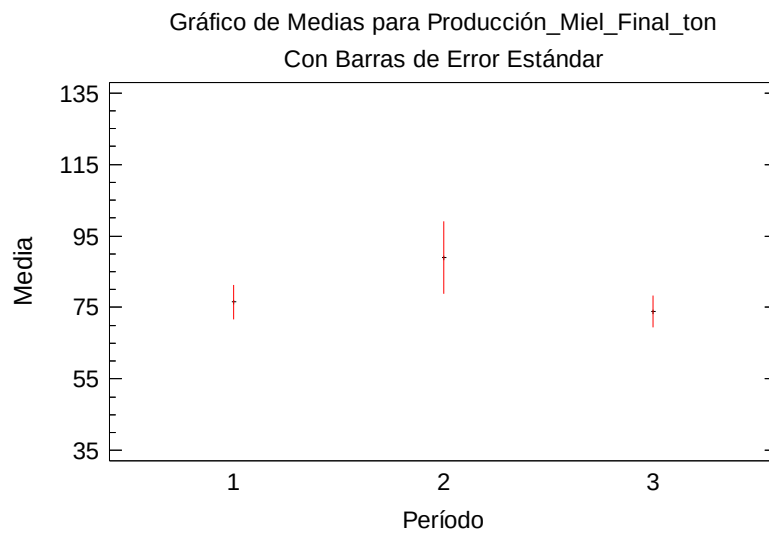
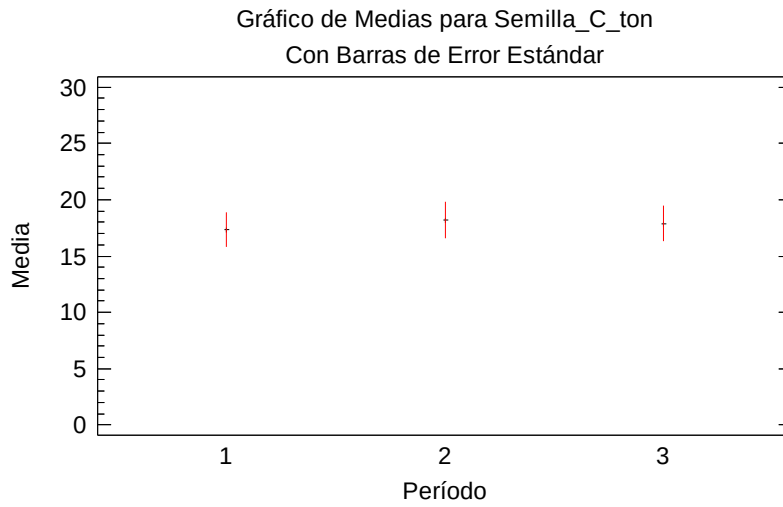


Gráfico de Medias para Masa_cocida_C_ton
Con Barras de Error Estándar





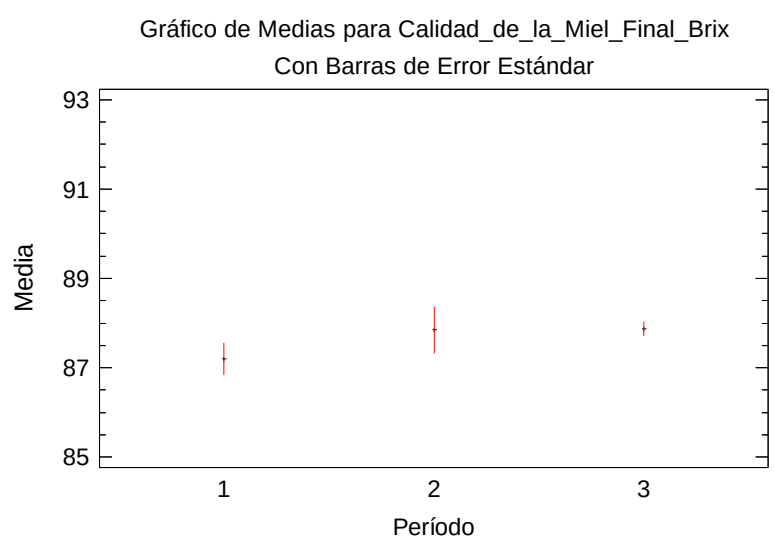
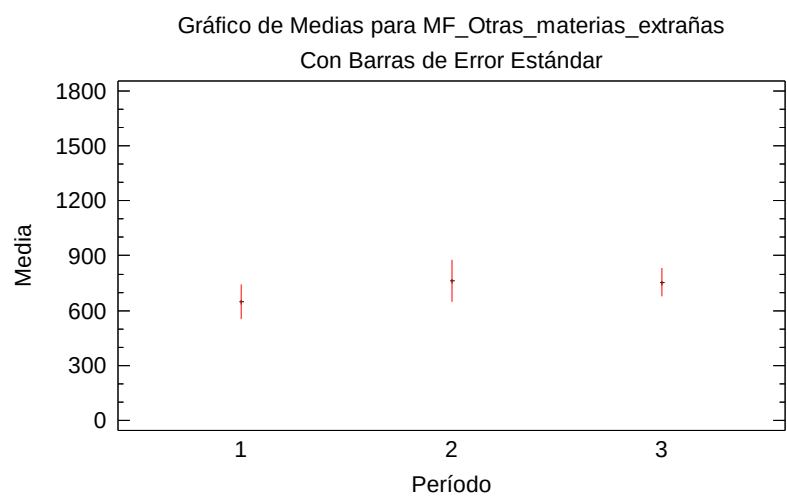
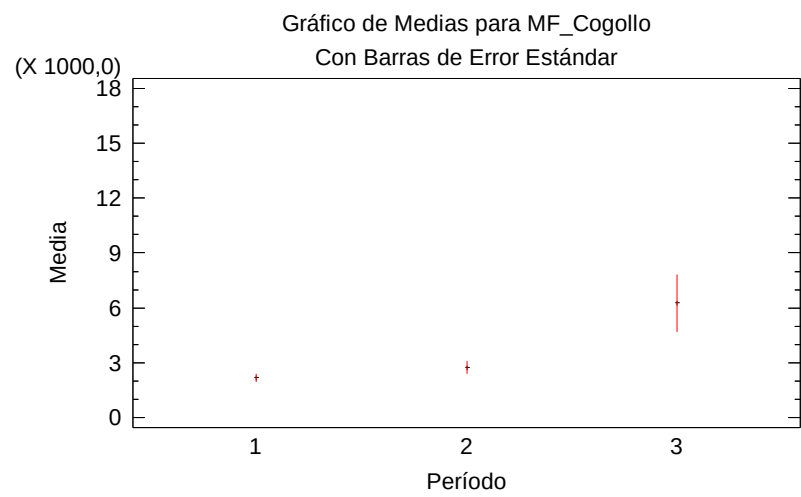


Gráfico de Medias para Calidad_de_la_Miel_Final_AT
Con Barras de Error Estándar

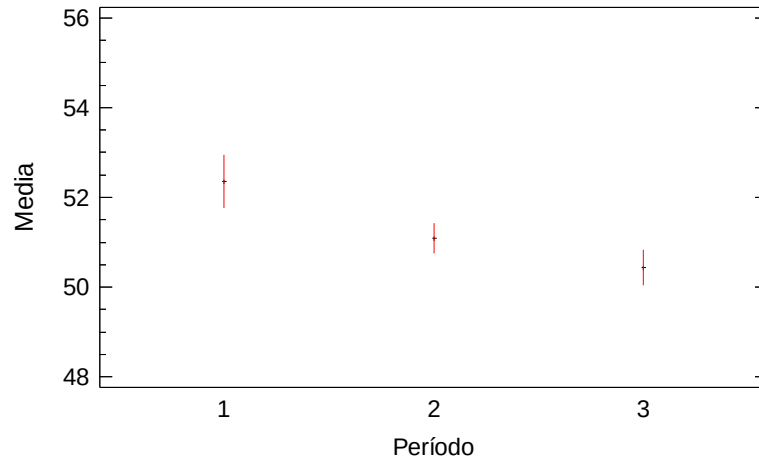


Gráfico de Medias para CalidadMF_tcaña
Con Barras de Error Estándar

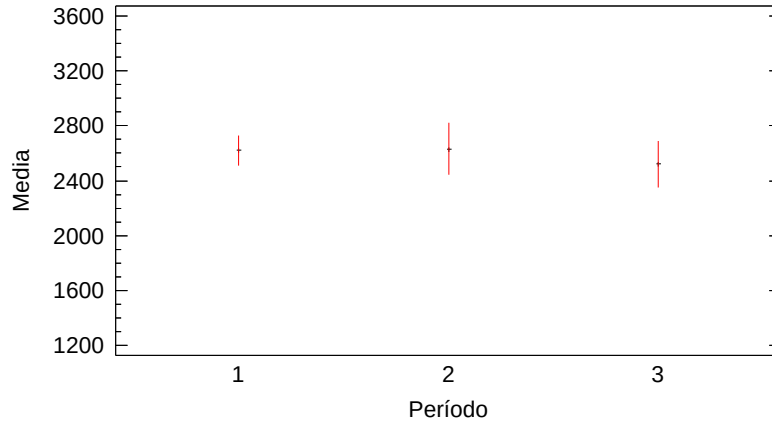
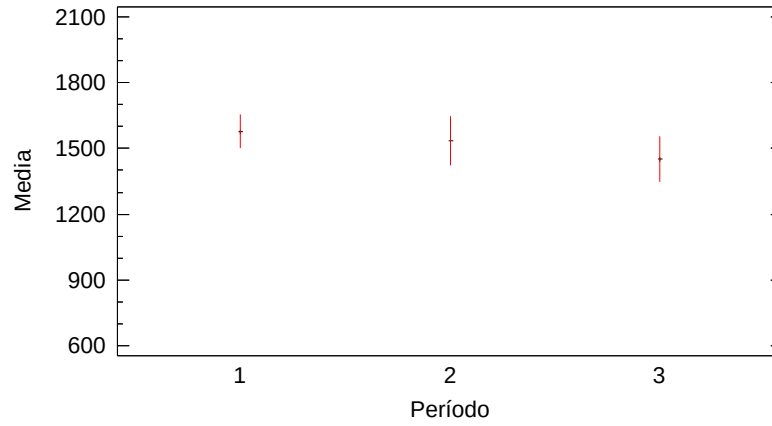
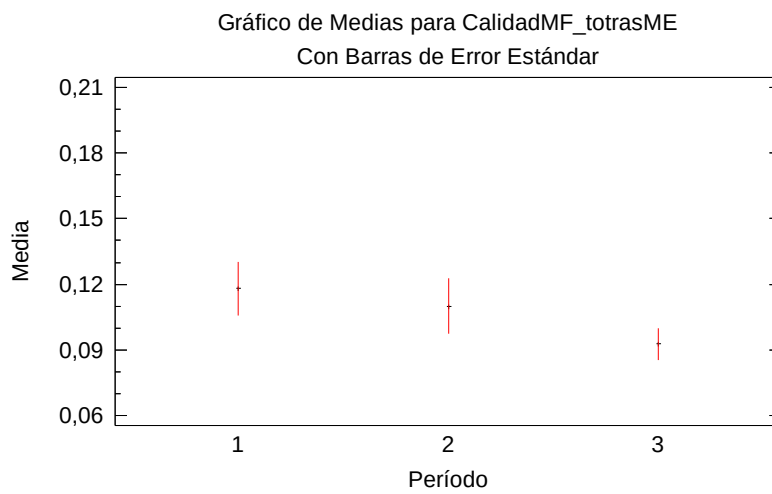
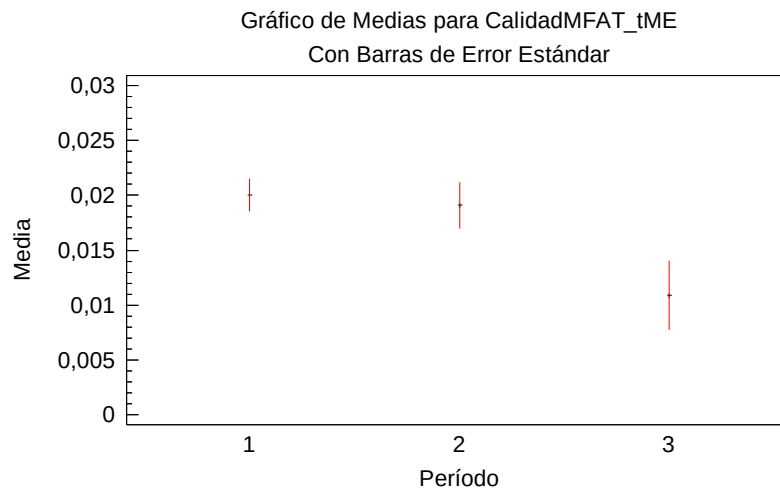
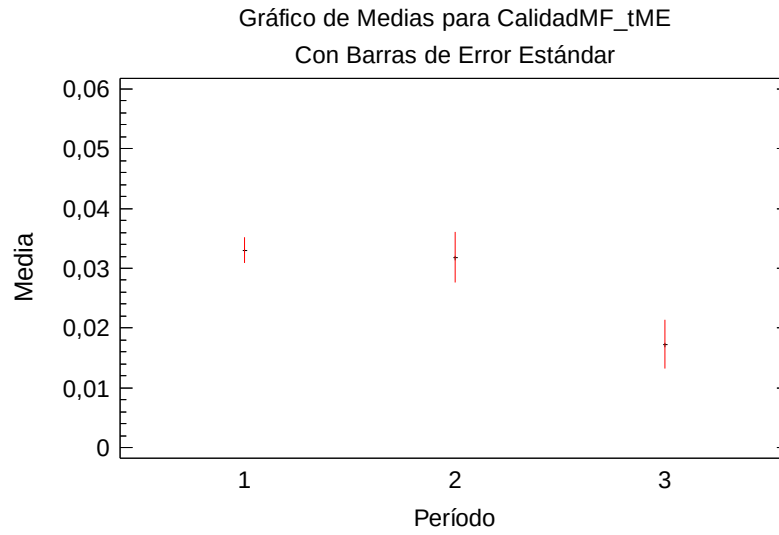
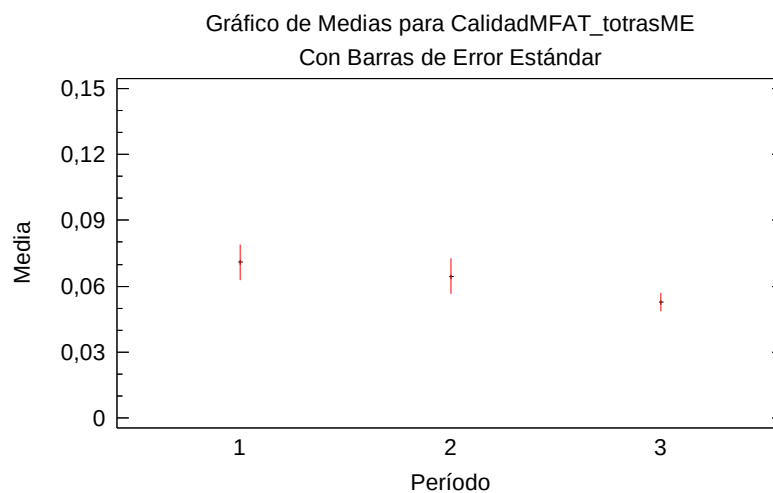


Gráfico de Medias para CalidadMFAT_tcaña
Con Barras de Error Estándar







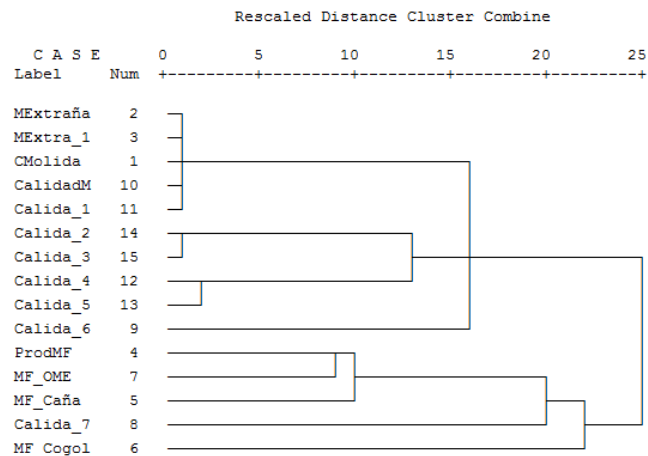
Anexo 8. Dendrograma (Análisis de Cluster)

Dendrograma

▼

***** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *****

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



Abbreviated Name	Extended Name
------------------	---------------

Leyenda:

Calida_1	Calidad MFAT/tCaña
Calida_2	Calidad MF/tOtrasME
Calida_3	Calidad MFAT/tOtrasME
Calida_4	Calidad MF/tME
Calida_5	Calidad MFAT/tME
Calida_6	Calidad MFAT
Calida_7	CalidadMF

CalidadM	Calidad MF/tCaña
MExtra_1	MExtrañasO
MExtraña	MExtrañasC
MF_Cogollo	MF/Cogollo