



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**SUSTITUCIÓN DEL CLARIFICANTE OCTAPOL CON CELITE EN LOS  
ANÁLISIS DE POLARIMETRÍA DE MUESTRAS OBTENIDAS EN EL PROCESO  
DE EXTRACCIÓN DE SACAROSA EN CAÑA DE AZÚCAR.**

**Tesis previa a la obtención del Título de:**

**Ingeniera Agroindustrial**

**AUTORA: Ana Lorena Yépez Ortiz**

**DIRECTOR: Ing. Juan De la Vega M.Sc.**

**Ibarra – Ecuador**

**2017**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROINDUSTRIA

SUSTITUCIÓN DEL CLARIFICANTE OCTAPOL CON CELITE EN LOS ANÁLISIS DE  
POLARIMETRÍA DE MUESTRAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN  
DE SACAROSA EN CAÑA DE AZÚCAR.

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

#### **APROBADA**

Ing. Juan De la Vega M.Sc.



**DIRECTOR DE TESIS**

**FIRMA**

Ing. Iván Vaca



**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**FIRMA**

Ing. Rosario Espín M.Sc.



**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**FIRMA**

Ing. Jimmy Cuarán M.Sc.



**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**FIRMA**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

#### DATOS DE CONTACTO

<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100341760 – 5		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Yépez Ortiz Ana Lorena		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Calle General Pintag y Duchicela		
<b>EMAIL:</b>	lore_anita@hotmail.es		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 650-157	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0982706709

#### DATOS DE LA OBRA

<b>TÍTULO:</b>	Sustitución del clarificante octapol con celite en los análisis de polarimetría de muestras obtenidas en el proceso de extracción de sacarosa en caña de azúcar
<b>AUTORA:</b>	Yépez Ortiz Ana Lorena
<b>FECHA:</b>	03 de enero del 2017

#### SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO

<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSTGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Agroindustrial	
<b>ASESOR / DIRECTOR:</b>	Ing. Juan De la Vega, MSc.	

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Yépez Ortiz Ana Lorena, con cédula de identidad número 100341760 – 5, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de enero del 2017

**LA AUTORA:**

**Yépez Ortiz Ana Lorena**

**C.I.: 100341760-5**



**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO  
DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Ana Lorena Yépez Ortiz**, con cédula de identidad Nro. **100341760 - 5**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **SUSTITUCIÓN DEL CLARIFICANTE OCTAPOL CON CELITE EN LOS ANÁLISIS DE POLARIMETRÍA DE MUESTRAS OBTENIDAS EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE SACAROSA EN CAÑA DE AZÚCAR.**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERA AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 3 días del mes de enero del 2017

---

Ana Lorena Yépez Ortiz

C.I.: 100341760-5

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita Ana Lorena Yépez Ortiz, bajo mi supervisión.



---

Ing. Juan De la Vega M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

## DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto es original, y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de enero del 2017



Yépez Ortiz Ana Lorena

C.I.: 100341760-5

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Alfonso y Anita por brindarme una educación llena de buenos valores, por el esfuerzo, paciencia y sus sabios consejos que me sirvieron para culminar una importante etapa de mi vida.*

**Lorena Yépez**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la vida, bendecirme con la salud y por permitirme culminar con éxito esta etapa de mi vida y por ser mi fortaleza de cada día.

A mis padres por confiar en mí, dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día.

A mis hermanos Amanda, David y Henry, que siempre me estuvieron dando ánimos para seguir adelante en cada una de mis metas planteadas.

A la Universidad Técnica de Norte, especialmente a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, por haberme acogido en sus aulas y permitirme recibir todos los conocimientos que serán de utilidad en mi vida profesional.

Agradezco de manera especial a mi director al Ingeniero Juan Carlos De la Vega, por compartir sus valiosos conocimientos durante la elaboración de este trabajo de investigación.

Agradezco infinitamente a mis asesores los Ingenieros Iván Vaca, Rosario Espín y Jimmy Cuarán por su excelente asesoría y dirección en mi trabajo a lo largo de esta investigación.

Quiero agradecer a un maestro y amigo, al Ingeniero Jorge Castro quien siempre estuvo apoyándome y aconsejándome en la elaboración de mi investigación.

Al Ingenio Azucarero del Norte (I.A.N.C.E.M.) por abrirme sus puertas y permitir la realización de mi investigación. Al Ingeniero Rubén Guzmán jefe del laboratorio por compartir sus conocimientos, a la ingeniera Gaby por guiarme en la fase experimental; así como al personal de la empresa quien supo colaborarme en todo momento.

A mis compañeros, que compartieron esta carrera que por momentos parecía infinita, quienes fueron los que me apoyaron en todo momento y junto a ellos he salido adelante.

***Lorena Yépez***

# ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	i
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
SUMMARY .....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
1.4.1. NULA .....	3
1.4.2. ALTERNATIVA .....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. INDUSTRIA AZUCARERA.....	4
2.2. PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DE CAÑA EN EL PAÍS .....	4
2.3. CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR .....	5
2.3.1. CARACTERÍSTICAS Y MADUREZ DE LA CAÑA .....	6

2.3.1.1.	Características.....	6
2.3.1.2.	Madurez.....	6
2.3.1.2.1.	Determinación de Sólidos Solubles Terminales.....	7
2.3.1.2.2.	Determinación de Sólidos Solubles Basales .....	7
2.3.2.	CORTE DE LA CAÑA .....	7
2.3.2.1.	Corte por parejo.....	7
2.3.2.2.	Corte por Entresaque o Desguíe .....	8
2.4.	PROCESAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR .....	8
2.5.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	12
2.5.1.1.	Recepción .....	12
2.5.1.2.	Preparación .....	12
2.5.1.3.	Extracción.....	13
2.5.1.4.	Clarificación .....	14
2.5.1.5.	Evaporación.....	15
2.5.1.6.	Cristalización.....	15
2.5.1.7.	Centrifugación .....	16
2.5.1.8.	Secado.....	17
2.5.1.9.	Envasado y Almacenamiento .....	18
2.6.	LOS PRINCIPIOS DE LA POLARIMETRÍA.....	18
2.7.	POL .....	19
2.8.	TÉCNICAS PARA MEDIR LA POL.....	19
2.8.1.	POTENCIAL ZETA .....	20
2.8.2.	FORMACIÓN DEL FLÓCULO .....	20
2.9.	POL EN CAÑA.....	20

2.10.	PUREZA REAL .....	21
2.11.	OCTAPOL.....	21
2.11.1.	ACCIÓN CLARIFICANTE.....	22
2.12.	CELITE .....	23
2.12.1.	APLICACIONES DEL CLARIFICANTE CELITE.....	24
CAPÍTULO III .....		25
METODOLOGÍA.....		25
3.1.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	25
3.1.1.	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	25
3.2.	MATERIALES .....	25
3.2.1.	MATERIA PRIMA E INSUMOS .....	25
3.2.2.	EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES .....	26
3.3.	METODOLOGÍA .....	27
3.3.1.	CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS.....	27
3.3.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS FILTRADOS.....	27
3.3.3.	eficiencia de los clarificantes .....	27
3.3.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	28
3.3.4.1.	Características de la unidad experimental .....	28
3.3.4.2.	Análisis estadístico .....	28
3.3.4.3.	Análisis funcional.....	29
3.3.5.	FACTORES EN ESTUDIO.....	29
3.3.6.	TRATAMIENTOS .....	30

3.3.6.1.	Variables Sólidos Solubles (°Brix), Potencial de Hidrógeno (pH), Turbidez, Azúcares Reductores, Cenizas .....	30
3.3.6.2.	Variables Polarimetría y Pureza .....	31
3.3.7.	VARIABLES EVALUADAS.....	32
3.3.8.	MEDICIÓN EXPERIMENTAL.....	32
3.3.8.1.	Muestra .....	32
3.3.8.2.	Filtrado .....	32
3.3.8.3.	Descripción de las variables cuantitativas de las muestras y filtrado 33	
3.4.	MÉTODOS DE PROCESAMIENTO.....	34
3.4.1.	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA MUESTRA A MEDIR.....	34
3.5.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	35
3.5.1.	MUESTRA .....	35
3.5.2.	PREPARACIÓN.....	35
3.5.3.	MASADO .....	35
3.5.4.	CLARIFICADO.....	36
3.5.5.	FILTRADO.....	36
3.5.6.	MEDICIÓN .....	37
3.6.	PREPARACIÓN DE MUESTRAS A MEDIR.....	37
3.6.1.	ANÁLISIS DE JUGO.....	37
3.6.2.	ANÁLISIS DE MASAS COCIDAS Y MIELES .....	38
CAPÍTULO IV	.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIONES	.....	40
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	40

4.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS FILTRADOS .....	40
4.2.1.	ANÁLISIS DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°BRIX).....	41
4.2.2.	ANÁLISIS DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH) .....	46
4.2.3.	ANÁLISIS DE TURBIDEZ .....	52
4.2.4.	ANÁLISIS DE AZÚCARES REDUCTORES.....	57
4.2.5.	ANÁLISIS DE CENIZAS .....	63
4.3.	EFICIENCIA DE LOS CLARIFICANTES.....	68
4.3.1.	ANÁLISIS DE POLARIMETRÍA (POL).....	69
4.3.2.	ANÁLISIS DE PUREZA .....	74
4.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CADA VARIABLE .....	80
4.4.1.	SÓLIDOS SOLUBLES .....	80
4.4.2.	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH).....	80
4.4.3.	TURBIDEZ.....	80
4.4.4.	AZUCARES REDUCTORES .....	81
4.4.5.	CENIZAS.....	81
4.4.6.	POLARIMETRÍA (POL) .....	81
4.4.7.	PUREZA .....	82
4.5.	COSTOS .....	82
CAPÍTULO V .....		84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		84
5.1.	CONCLUSIONES .....	84
5.2.	RECOMENDACIONES .....	86
CAPÍTULO VI.....		87

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87
ANEXOS .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hectáreas sembradas y cosechadas por los Ingenios en el Ecuador.....	5
Tabla 2. Composición química del Octapol .....	22
Tabla 3. Propiedades físicas .....	23
Tabla 4. Composición química.....	24
Tabla 5. Ubicación del experimento.....	25
Tabla 6. Análisis empleados para caracterizar las muestras.....	27
Tabla 7. Análisis empleados para caracterizar los filtrados. ....	27
Tabla 8. Análisis empleados para evaluar la eficiencia de los clarificantes.....	28
Tabla 9. Análisis de varianza para cada diseño .....	28
Tabla 10. Análisis de varianza para cada diseño .....	29
Tabla 11. Cantidad de clarificante en gramos utilizada en cada uno de los tratamientos. ...	30
Tabla 12. Descripción y nomenclatura de los tratamientos para la muestra A. ....	31
Tabla 13. Cantidad de clarificante en gramos utilizada en cada uno de los tratamientos. ...	31
Tabla 14. Descripción y nomenclatura de los tratamientos para las diferentes muestras. ...	31
Tabla 15. Características de las muestras. ....	40
Tabla 16. °Brix obtenido en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado.....	41
Tabla 17. Prueba Tukey para tratamientos en la variable °Brix de Jugo Primario.....	42
Tabla 18. Prueba Tukey para tratamientos en la variable °Brix de Jugo Mixto. ....	42
Tabla 19. Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Jugo Claro.....	43
Tabla 20. Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Masa Cocida A.....	43
Tabla 21. Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Masa Cocida B.....	44
Tabla 22. Prueba Tukey para tratamientos de la variable ° Brix en Masa Cocida C.....	45

Tabla 23. Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Miel A.....	45
Tabla 24. Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Miel B .....	46
Tabla 25. Potencial Hidrógeno (pH) obtenido en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado. ....	47
Tabla 26. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Potencial Hidrógeno (pH) de Jugo Primario.....	47
Tabla 27. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Mixto.....	48
Tabla 28. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Claro.....	48
Tabla 29. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida A .....	49
Tabla 30. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida B .....	49
Tabla 31. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida C .....	50
Tabla 32. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Miel A.....	51
Tabla 33. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Miel B.....	51
Tabla 34. Turbidez (NTU) obtenida en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado.....	52
Tabla 35. Prueba Tukey para tratamientos en la variable turbidez de Jugo Primario. ....	52
Tabla 36. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Turbidez en Jugo Mixto .....	53
Tabla 37. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Turbidez en Jugo Claro.....	53
Tabla 38. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Masa Cocida A .....	54

Tabla 39. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Masa Cocida B.....	55
Tabla 40. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Masa Cocida C.....	55
Tabla 41. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Miel A.....	56
Tabla 42. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Miel B.....	56
Tabla 43. Azúcares Reductores (%) obtenidos en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado. ....	57
Tabla 44. Prueba Tukey para tratamientos en la variable azúcares reductores de Jugo Primario. ....	58
Tabla 45. Prueba Tukey para tratamientos en la variable azúcares reductores en Jugo Mixto .....	58
Tabla 46. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Jugo Claro .....	59
Tabla 47. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Masa Cocida A.....	59
Tabla 48. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Masa Cocida B.....	60
Tabla 49. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Masa Cocida C.....	61
Tabla 50. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Miel A	61
Tabla 51. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Miel B.	62
Tabla 52. Porcentaje de Cenizas obtenidas en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado. ....	63
Tabla 53. Prueba Tukey para tratamientos en la variable cenizas de Jugo Primario. ....	63
Tabla 54. Prueba Tukey para tratamientos en la variable cenizas en Jugo Mixto.....	64
Tabla 55. Prueba Tukey para tratamientos de la variable cenizas en Jugo Claro.....	65

Tabla 56. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Masa Cocida A .....	65
Tabla 57. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Masa Cocida B .....	66
Tabla 58. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Masa Cocida C .....	67
Tabla 59. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Miel A.....	67
Tabla 60. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Miel B.....	68
Tabla 61. Análisis de la variable Polarimetría (°Z) .....	69
Tabla 62. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pol de Jugo Primario.....	70
Tabla 63. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pol de Jugo Mixto.....	70
Tabla 64. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pol en Jugo Claro.....	71
Tabla 65. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Pol en Masa Cocida A.....	72
Tabla 66. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Polen Masa Cocida B.....	72
Tabla 67. Datos de Pol en Masa Cocida C .....	73
Tabla 68. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Polen Miel A.....	73
Tabla 69. Datos Pol en Miel B .....	74
Tabla 70. Análisis de la variable Pureza.....	75
Tabla 71. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pureza de Jugo Primario. ....	75
Tabla 72. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pureza de Jugo Mixto.....	76
Tabla 73. Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pureza en Jugo Claro .....	77
Tabla 74. Prueba Tukey para tratamientos de la variable pureza en Masa Cocida A .....	77
Tabla 75. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Pureza en Masa Cocida B .....	78
Tabla 76. Datos de Pureza en Masa Cocida C.....	78
Tabla 77. Prueba Tukey para tratamientos de la variable Pureza en Miel A .....	79
Tabla 78. Datos Pureza en Miel B.....	79

Tabla 79. Costos de las Mezclas.....	83
Tabla 80. Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Jugo Primario.....	89
Tabla 81. Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Jugo Mixto.....	89
Tabla 82. Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Jugo Claro.....	90
Tabla 83. Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Masa Cocida A .....	90
Tabla 84. Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Masa Cocida B.....	90
Tabla 85. Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Masa Cocida C.....	91
Tabla 86. Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Miel A.....	91
Tabla 87. Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Miel B .....	91
Tabla 88. Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Primario.....	92
Tabla 89. Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Mixto.....	92
Tabla 90. Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Claro.....	93
Tabla 91. Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida A .....	93
Tabla 92. Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida B .....	93
Tabla 93. Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida C .....	94
Tabla 94. Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Miel A.....	94
Tabla 95. Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Miel B.....	94
Tabla 96. Análisis de la variable Turbidez en Jugo Primario.....	95
Tabla 97. Análisis de la variable turbidez en Jugo Mixto .....	95
Tabla 98. Análisis de la variable Turbidez en Jugo Claro.....	96
Tabla 99. Análisis de la variable Turbidez en Masa Cocida A .....	96
Tabla 100. Análisis de la variable Turbidez en Masa Cocida B.....	96
Tabla 101. Análisis de la variable Turbidez en Masa Cocida C.....	97

Tabla 102. Análisis de la variable Turbidez en Miel A.....	97
Tabla 103. Análisis de la variable Turbidez en Miel B.....	97
Tabla 104. Análisis de la variable Azucares Reductores en Jugo Primario .....	98
Tabla 105. Análisis de la variable Azucares Reductores en Jugo Mixto .....	98
Tabla 106. Análisis de la variable Azucares Reductores en Jugo Claro .....	99
Tabla 107. Análisis de la variable Azucares Reductores en Masa Cocida A.....	99
Tabla 108. Análisis de la variable Azucares Reductores en Masa Cocida B .....	99
Tabla 109. Análisis de la variable Azucares Reductores en Masa Cocida C .....	100
Tabla 110. Análisis de la variable Azucares Reductores en Miel A .....	100
Tabla 111. Análisis de la variable Azucares Reductores en Miel B.....	100
Tabla 112. Análisis de la variable Cenizas (%) en Jugo Primario .....	101
Tabla 113. Análisis de la variable Cenizas (%) en Jugo Mixto.....	101
Tabla 114. Análisis de la variable Cenizas (%) en Jugo Claro.....	102
Tabla 115. Análisis de la variable Cenizas (%) en Masa Cocida A .....	102
Tabla 116. Análisis de la variable Cenizas (%) en Masa Cocida B .....	102
Tabla 117. Análisis de la variable Cenizas (%) en Masa Cocida C .....	103
Tabla 118. Análisis de la variable Cenizas (%) en Miel A.....	103
Tabla 119. Análisis de la variable Cenizas (%) en Miel B.....	103
Tabla 120. Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Jugo Primario .....	104
Tabla 121. Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Jugo Mixto .....	104
Tabla 122. Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Jugo Claro .....	105
Tabla 123. Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Masa Cocida A.....	105
Tabla 124. Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Masa Cocida B.....	106

Tabla 125. Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Miel A .....	106
Tabla 126. Análisis de la variable Pureza en Jugo Primario .....	107
Tabla 127. Análisis de la variable Pureza en Jugo Mixto .....	107
Tabla 128. Análisis de la variable Pureza en Jugo Claro .....	108
Tabla 129. Análisis de la variable Pureza en Masa Cocida A.....	108
Tabla 130. Análisis de la variable Pureza en Masa Cocida B .....	109
Tabla 131. Análisis de la variable Pureza en Miel A .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases del cultivo de caña de azúcar.....	6
Figura 2. Diagrama de Producción de Azúcar de Caña.....	9
Figura 3. Diagrama de flujo de la Producción de Azúcar de Caña .....	11
Figura 4. Área de Pesaje .....	12
Figura 5. Mesa de molienda .....	13
Figura 6. Tándem de molinos .....	13
Figura 7. Clarificador .....	14
Figura 8. Evaporador .....	15
Figura 9. Tacho de Cocción (Cristalización).....	16
Figura 10. Centrifuga.....	17
Figura 11. Secador.....	17
Figura 12. Envasadora y Almacenamiento.....	18
Figura 13. Diagrama de flujo.....	34
Figura 14. Muestras del Experimento .....	35
Figura 15. Preparación de Muestras .....	35
Figura 16. Pesado de los Clarificantes .....	36
Figura 17. Adición de clarificantes en las muestras .....	36
Figura 18. Filtrado de Mezclas .....	37
Figura 19. Medición de Variables .....	37

## RESUMEN

La polarimetría se emplea universalmente como un método simple para medir el contenido de sacarosa. Este método requiere una etapa de clarificación para eliminar la turbidez de la muestra y lograr una transmitancia de luz correcta en el polarímetro.

El objetivo principal de la presente investigación es sustituir el clarificante octapol con celite en los análisis de polarimetría de muestras obtenidas en el proceso de extracción de sacarosa en caña de azúcar con el fin de reducir costos en los análisis de polarimetría.

La investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de control de calidad del Ingenio Azucarero del Norte (I.A.N.C.E.M), dentro de sus objetivos específicos están la caracterización de las muestras (Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masas Cocidas y Mieles); analizar el producto filtrado mediante análisis físico-químico, para evaluar la eficiencia de la mezcla clarificante y establecer el costo de cada una de las mezclas.

Se concluyó que se puede sustituir hasta un 70% de celite; debido a que las variables físico-químicas de las muestras analizadas, interfieren en la lectura de polarimetría; el precio de la mezcla (30% octapol -70% celite) es de \$ 0.24; se alcanzó una reducción en los costos diarios de clarificación del 47,9 %, manteniendo la eficiencia del proceso.

## SUMMARY

Polarimetry is universally employed as a simple method for measuring sucrose content. This method requires a clarification step to remove turbidity from the sample and achieve correct light transmission on the polarimeter.

The main objective of this research is to replace the clarifier octapol celite in polarimetry analysis samples obtained in the extraction of sucrose in sugar cane in order to reduce costs in the analysis of polarimetry. The research was conducted in the laboratory facilities of quality control Sugar Mill North (I.A.N.C.E.M) within their specific goals is the characterization of the samples (Primary Juice, Juice Mixed, Clear Juice, Masecutes and Honeys); analyzing the filtrate by physico-chemical analysis, to assess the efficiency of the clarifier mixture and set the cost of each of the mixtures.

It was concluded that can replace up to 70% Celite; because the physicochemical properties of the samples analyzed, variables interfere in reading polarimetry; the price of the mixture (30% octapol -70% celite) is \$ 0.24; a reduction in daily clarification costs of 47.9% was achieved, maintaining the efficiency of the process.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. PROBLEMA**

La polarimetría es una técnica de medición fundamental de todo ingenio azucarero, ya que la medida de la Pol en una solución es bastante aproximada al porcentaje de sacarosa que tiene esa muestra, por tanto la frecuencia de los análisis polarimétricos establecidos determinará una mayor precisión en todos los indicadores de productividad industrial.

Si bien es cierto la sola lectura del polarímetro es un procedimiento versátil, sencillo y de bajo costo, el uso obligado de clarificante (octapol) para la muestra, previo al análisis hace que este procedimiento se vea limitado por el elevado consumo de dichas sustancias generando el dilema entre precisión versus costos.

El alto costo en los análisis de polarimetría en el laboratorio del ingenio azucarero se debe a la escasez de ofertas de productos clarificantes usados para los análisis de polarimetría; esto como consecuencia trae un monopolio de mercado. Todo esto ocasiona un gasto excesivo de recursos económicos en el laboratorio del Ingenio Azucarero del Norte (I.A.N.C.E.M.); ya que para el cumplimiento del plan general de control de calidad se utilizan 3 kilos diarios de clarificante octapol para los análisis de polarimetría, cuyo costo por kilo es de \$29.82.

En tal sentido el trabajo de grado busca optimizar el costo asociado al proceso de clarificación mediante la sustitución de cierto porcentaje de la sustancia utilizada, generando así una mayor rentabilidad en el proceso.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Dentro de los procesos de extracción de sacarosa en caña de azúcar en los ingenios azucareros, los análisis de laboratorio son procedimientos de control que se realizan para asegurar la calidad del producto. Los mismos se llevan a cabo en los puntos críticos de la línea de producción, a fin de identificar y controlar de manera oportuna las posibles fallas que se puedan generar, prevenir problemas de calidad de materia prima o producto final. Dentro de todos los parámetros analizados la polarimetría es el más importante, puesto que el contenido de sacarosa es la principal información que se requiere para administrar la producción en cada una de sus etapas. Pero para que el procedimiento polarimétrico pueda funcionar se requiere una preparación especial de cada una de las muestras antes de ser ingresada al equipo. Esta preparación consiste en una dilución y una posterior clarificación para la que se usa un compuesto especial llamado octapol.

La dificultad de acceso a este producto, así como su costo, afectan la rentabilidad del proceso de clarificación, por lo cual se presenta como alternativa el presente estudio, que busca, aparte de reducir costos en el laboratorio del Ingenio Azucarero del Norte (I.A.N.C.E.M), mantener la efectividad de la clarificación mediante la sustitución parcial del octapol por un nuevo clarificante denominado celite.

Por tanto la presente investigación tiene como fin reducir los costos en el laboratorio del Ingenio Azucarero del Norte sustituyendo parcialmente el clarificante octapol por otro clarificante llamado celite.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Sustituir el clarificante octapol con celite en los análisis de polarimetría de muestras obtenidas en el proceso de extracción de sacarosa en caña de azúcar.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las muestras (Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masas Cocidas y Mieles) obtenidas en el proceso de extracción de sacarosa mediante análisis físico-químico.
- Analizar el producto filtrado mediante análisis físico-químico, para evaluar la eficiencia de la mezcla clarificante.
- Determinar la mejor mezcla clarificante octapol-celite que permita obtener una polarimetría estándar y establecer su costo.

### 1.4. HIPÓTESIS

#### 1.4.1. NULA

**H<sub>0</sub>**=La sustitución del clarificante octapol con celite no afecta a las mediciones de la polarimetría.

#### 1.4.2. ALTERNATIVA

**H<sub>i</sub>**= La sustitución del clarificante octapol con celite afecta a las mediciones de la polarimetría.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. INDUSTRIA AZUCARERA**

Quezada (2010) indica que la industria azucarera es un lugar fijo donde ocurren una serie de operaciones para la transformación de la caña en azúcar y derivados. Entre estas operaciones se encuentran: actividades de cultivo, cosecha, transporte, proceso, empaque, almacenamiento y comercialización, cada una de ellas llevadas a cabo en la industria azucarera.

#### **2.2. PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DE CAÑA EN EL PAÍS**

La producción de azúcar de caña en el Ecuador se encuentra en 4 zonas: Imbabura, Guayas, Los Ríos, Cañar y Loja.

En el país, la producción de azúcar, es realizada por 6 ingenios azucareros: La Troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey, siendo los tres primeros quienes producen el 90% de la producción nacional, estos ingenios conjuntamente con el Ingenio Isabel María se ubican en el Litoral Ecuatoriano, cuya zafra se inicia en el mes de julio y termina en diciembre, con procesos de molienda de 24 horas en tres turnos y un periodo de interzafra (destinan exclusivamente a la reparación de maquinaria) entre enero-julio (Quezada, 2010).

La tabla 1 indica los valores de las hectáreas sembradas y cosechas por los diferentes Ingenios Azucareros del Ecuador.

**Tabla 1.** Hectáreas sembradas y cosechadas por los Ingenios en el Ecuador.

INGENIO	TOTAL HECTÁREAS			PRODUCCIÓN 2011	
	SEMBRADAS	COSECHADAS	TCH	TOTAL CAÑA	SACOS 50 KG
VALDEZ	20.100	19.312	75	1'368.608	3'159.765
SAN CARLOS	22.500	21.344	79	1'666.856	3'197.650
TRONCAL (ECUDOS)	24.800	22.200	78	1'541.246	3'276.049
MONTERREY	2.200	2.200	85	187.00	330.900
IANCEM	3.300	2.924	82	240.940	426.464
ISABEL MARIA	1.200	1.176	75	82.320	139.944
<b>TOTAL</b>	<b>74.100</b>	<b>69.156</b>		<b>5'086.970</b>	<b>10'530.868</b>

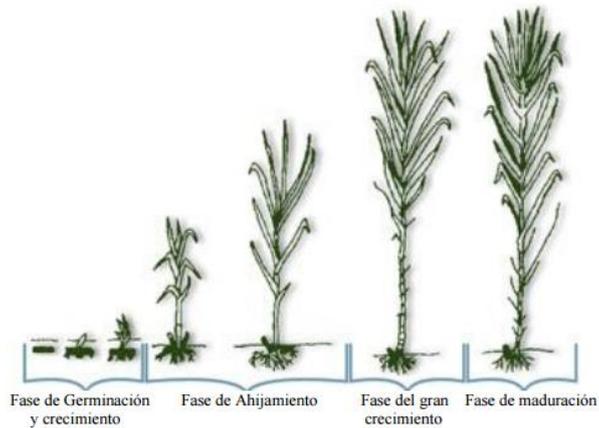
**Fuente** (Viejó, 2013)

### 2.3. CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña (*Saccharum officinarum*) es una hierba gigante, pertenece a la familia de las gramíneas, del que se utiliza el tallo como materia prima para la agroindustria panelera y azucarera. El tallo es esponjoso y alberga jugo rico en azúcares, en especial sacarosa. El cultivo de caña de azúcar, se realiza generalmente en varios países tropicales y subtropicales. Dependiendo del clima la caña de azúcar puede alcanzar una altura entre 3 y 4 m. Existen variedades que empieza la producción después del primer corte entre los 12 a 18 meses (Quezada, 2010).

Según Fiallos (2008) es un cultivo plurianual. Se corta cada 12 meses y la plantación dura aproximadamente 5 años. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 m de altura con 3 ó 5 cm de diámetro, siendo el órgano más importante ya que en él se almacenan los azúcares. Los tallos de la Caña de Azúcar están formados por anillos de crecimiento denominado nudos donde se desarrollan las yemas y las hojas.

En la figura 1 se muestra las diferentes fases del cultivo de caña de azúcar.



**Figura 1.** Fases del cultivo de caña de azúcar

**Fuente** (Guijarro & Paguay, 2011)

### **2.3.1. CARACTERÍSTICAS Y MADUREZ DE LA CAÑA**

#### **2.3.1.1. Características**

La caña de azúcar es una planta que presenta un sin fin de características, como su poder de resistencia contra las plagas, cambios bruscos de clima, entre otras.

Quezada (2007) indica que las características más importantes son:

- Resistentes a plagas y enfermedades.
- Excelente capacidad para almacenar el jugo en el tallo.
- Variedades de caña con entre nudos largos y gruesos.
- Variedades que no tiendan a acostarse o inclinarse
- Caña con sangre noble (jugo) que facilita la clarificación.
- Maduración temprana y un buen rendimiento de caña por hectárea.
- Capacidad para lograr excelente cantidad de sólidos solubles en solución.

#### **2.3.1.2. Madurez**

Existen dos métodos para determinar la madurez de la caña de azúcar que son: en forma subjetiva y objetiva. Según Quezada (2007) en la forma subjetiva, se utiliza los sentidos y la experiencia para establecer la madurez en base al: color de las hojas, grosor, dulzor, comportamiento del macollo o tallos de caña, entre otros; es decir, cuando los tallos

dejan de desarrollarse, las hojas se marchitan y caen y la corteza de la capa se vuelve quebradiza.

Técnicamente el método objetivo es más seguro para establecer el índice de madurez (IM), se puede determinar a través de análisis de sacarosa, Pol o Índice de refracción (°Brix). Este último es el más usado, según el siguiente procedimiento.

#### **2.3.1.2.1. Determinación de Sólidos Solubles Terminales**

Comenzando desde la primera hoja superior, se cuentan hasta bajo siete u ocho hojas y en ese punto se extrae jugo y se miden los grados Brix.

#### **2.3.1.2.2. Determinación de Sólidos Solubles Basales**

A partir de la parte inferior del tallo, se cuentan tres a cinco entrenudos hacia arriba, se extrae jugo y se miden los grados Brix. Con datos, se aplica la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{^{\circ}Brix\ superior}{^{\circ}Brix\ inferior} \times 100 \text{ (Quezada, 2007)}$$

Los resultados del índice de madurez se interpretan así:

Menor a 85%= Tierna

85 a 100%= Madura

Mayor a 100%= Sobre Madura

### **2.3.2. CORTE DE LA CAÑA**

Existen dos maneras para el corte de caña: corte por parejo y el corte por entresaque o desguíe.

#### **2.3.2.1. Corte por parejo**

Esta modalidad se asocia con un sistema de producción tecnificado, manejado por lotes y se espera que la plantación está madura (sazonada) para cortarla totalmente. Se practica principalmente en terrenos planos y en algunos de inclinación moderada. La

ventaja de este tipo de corte radica en que permite cortar todo el cultivo o cañas. Para aplicar este sistema se debe planificar siembras, para lograr lotes que permitan cosechar continuamente y evitar la sobre maduración de la caña (Quezada, 2007).

### **2.3.2.2. Corte por Entresaque o Desguíe**

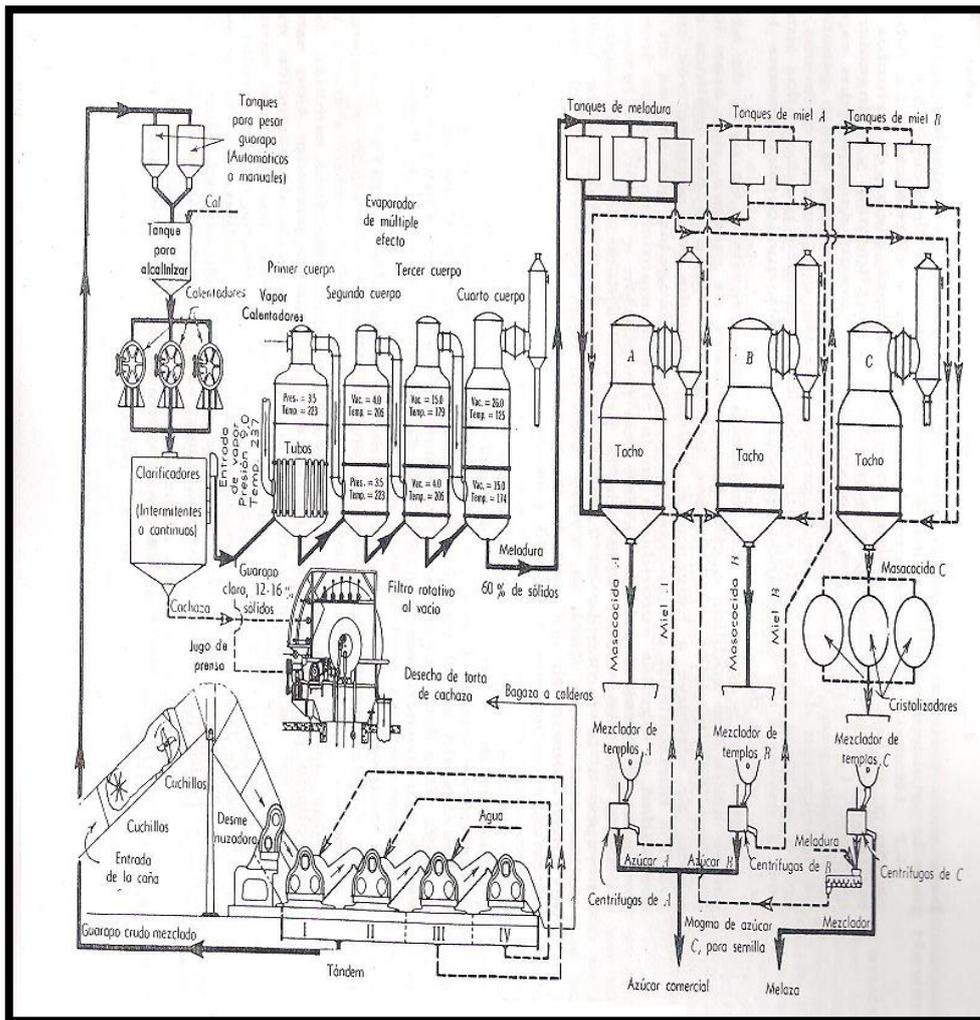
Esta técnica más utilizada entre los pequeños productores que usan un tipo de siembra mateado, es decir por matas.

Según Quezada (2007) el corte entresaque consiste en cortar las cañas maduras, dejando en pie las tiernas para su posterior recolección. La ventaja radica en la obtención de jugos con buenos sólidos solubles (°Brix).

## **2.4. PROCESAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

Una vez cosechada la caña que es transportada a la fábrica por medios de camiones; se dirigen al sitio de pesaje para conocer la cantidad de caña que transportan, luego se dirige al laboratorio de campo donde se realiza análisis previos para conocer la calidad de caña que está ingresando a la fábrica.

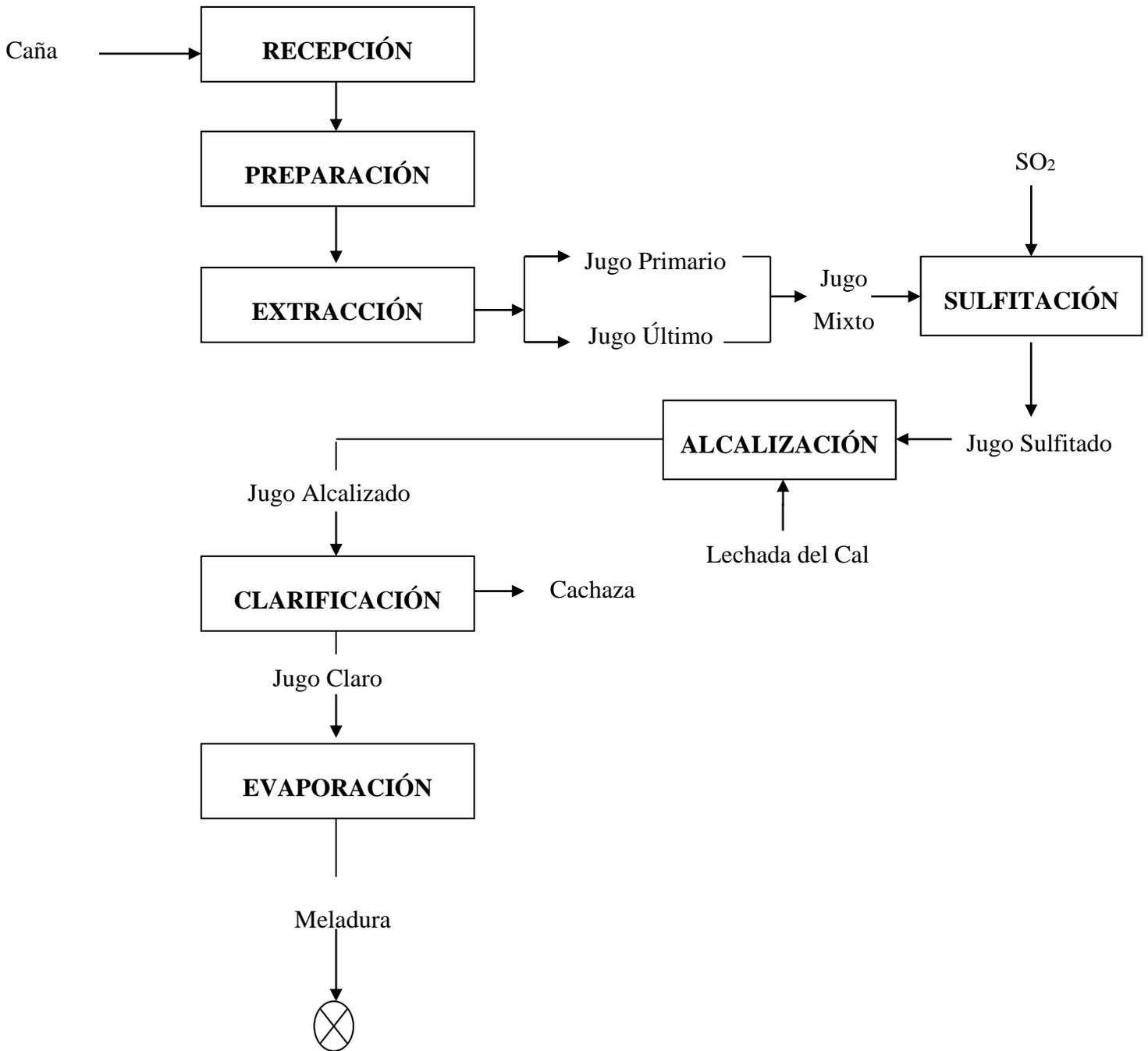
La figura 2 muestra el diagrama de proceso general del procedimiento de azúcar.

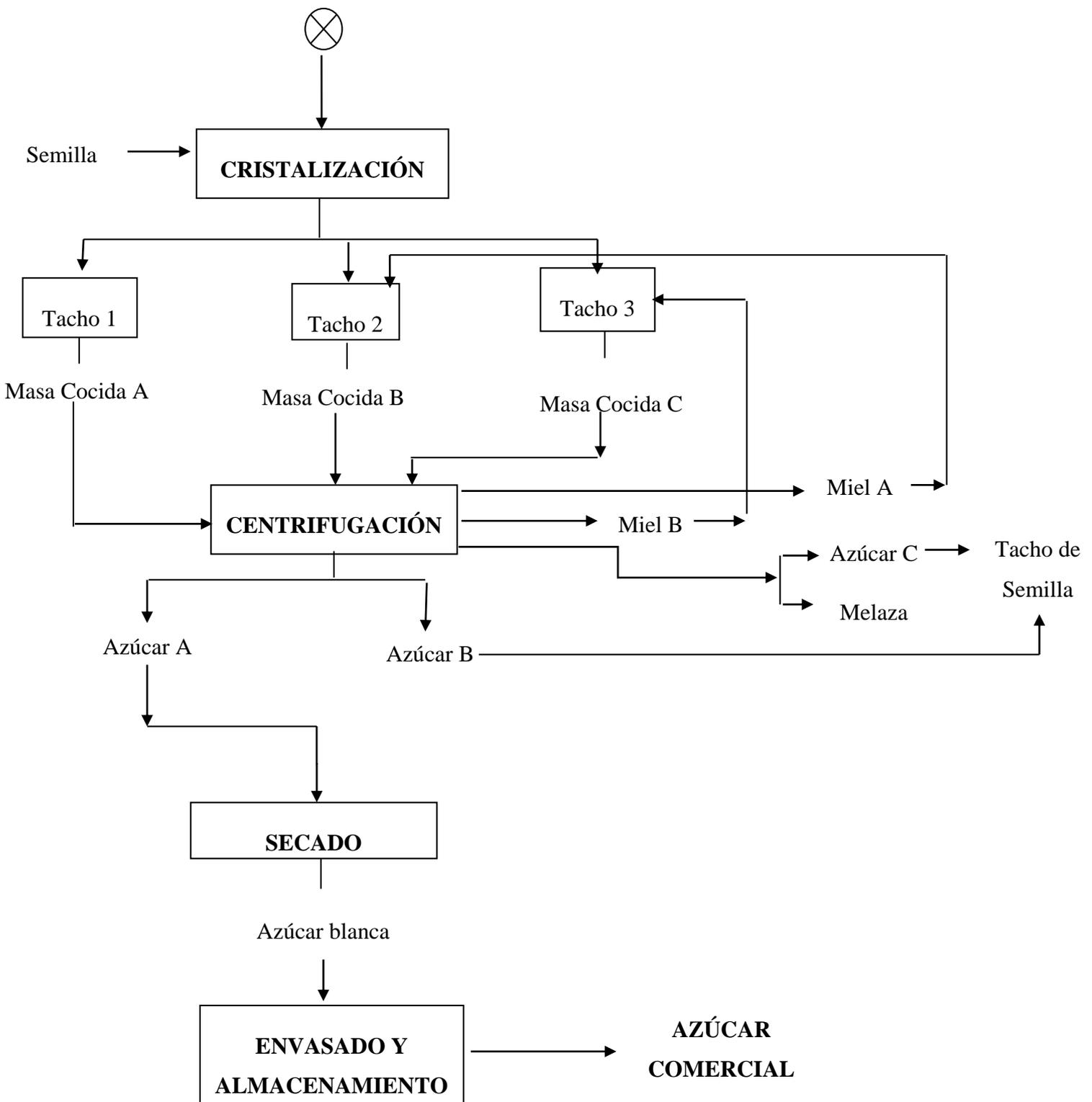


**Figura 2. Diagrama de Producción de Azúcar de Caña**

**Fuente (Meade&Spencer, 1967)**

En la figura 3 se describe la producción de azúcar de caña por medio de un diagrama de flujo:





**Figura 3.** Diagrama de flujo de la Producción de Azúcar de Caña

## 2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 2.5.1.1. Recepción

La caña es quemada con anterioridad para su cosecha, con el fin de facilitar a los zafreros (cortadores de caña) y a las picadoras, luego es transportada al ingenio azucarero por medio de camiones, que se dirigen al sitio de pesaje como se puede observar en la figura 4.

Para conocer las características que posee la caña cultivada (contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas) se realiza un muestreo mediante un tractor sonda; posteriormente es descargada con la ayuda de una grúa a la mesa de molienda.



**Figura 4.** Área de Pesaje

**Fuente (IANCEM, 2010)**

### 2.5.1.2. Preparación

La caña es transportada a la mesa de molienda (figura 5), que lleva el cultivo a las picadoras para la extracción de jugo, esto afirma el INGENIO AZUCARERO DEL NORTE COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA (IANCEM, 2010). En esta fase del proceso la caña es dirigida a las picadoras que están provistas de cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierten en astillas, dándoles un tamaño más uniforme para facilitar así la extracción del jugo en los molinos.



**Figura 5.** Mesa de molienda

**Fuente (IANCEM, 2010)**

### **2.5.1.3. Extracción**

Una vez que la caña de azúcar pasa por la picadora es transportada a los molinos a través de un conductor para la extracción de jugo; IANCEM (2010) señala que el proceso de extracción está compuesto por un tándem de 5 molinos (figura 6), el jugo que sale del primer molino se denomina jugo de primera extracción o jugo primario y el jugo que sale del último molino se llama jugo residual. Al último molino se añade agua de imbibición que es circulado en contra corriente con el fin de extraer la mayor cantidad de sacarosa restante.

El jugo que se obtiene en cada molino cae en un tanque, denominado tanque de jugo mezclado (jugo mixto); Checa (2010) indica que, posteriormente, se unen estas corrientes de jugo mezclado en un tanque receptor. Este jugo mezclado es un jugo sucio ya que contiene tierra, arena, residuos de caña y otras impurezas por lo que debe ser clarificado para poder ser utilizado en el proceso.



**Figura 6.**Tándem de molinos

**Fuente (IANCEM, 2010)**

#### 2.5.1.4. Clarificación

En primera instancia el jugo mixto se procesa en columnas de sulfitación donde se separa todas las sustancias e impurezas extrañas con anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ); el dióxido de azufre oxida el jugo decolorándolo, facilitando la separación de impurezas y de esta manera se van destruyendo las bacterias. Una vez sulfitado el jugo este pasa a ser neutralizado con lechada de cal o sacarato de calcio. A este jugo neutralizado también se le denomina jugo alcalizado. Según Checa (2010) la precipitación de las impurezas sólidas es más eficiente si es realizado en caliente, por ello se calienta el jugo alcalizado hasta una temperatura no mayor a los  $110\text{ }^\circ\text{C}$ , por encima de esta temperatura se produce la destrucción de la molécula de sacarosa y simultáneamente una reacción irreversible de oscurecimiento del jugo que origina unos cristales de azúcar (sacarosa) de alta coloración.

De acuerdo a IANCEM (2010), el jugo alcalizado se bombea a los clarificadores (figura 7) en donde con la adición de floculantes el jugo se decanta, saliendo por rebose el jugo clarificado (jugo claro) que posee aproximadamente un 82-87% de agua, acumulándose en el fondo los lodos o cachaza que son extraídos por bombas hacia los filtros de vacío y se obtiene el jugo filtrado. Por otro lado, la cachaza es descargada a través de un tornillo sin fin a los volquetes.



**Figura 7.** Clarificador

**Fuente (IANCEM, 2010)**

### **2.5.1.5. Evaporación**

La evaporación es el proceso donde se elimina agua en el jugo clarificado con anterioridad para dar lugar a la formación de cristales de azúcar. En la industria azucarera este proceso se realiza en dos partes: en evaporación y en cocimiento.

Según Quezada (2011) la evaporación propiamente dicha, se realiza en equipos denominados cuerpos de evaporación (figura 8), se ejecuta hasta obtener concentraciones máximas de 70 °Brix. El cocimiento comienza antes que el grano de azúcar se forme y continúa hasta la concentración máxima de 94 °Brix, que se realiza en los tachos o evaporadores simples.

Para IANCEM (2010), el objetivo fundamental de la evaporación es eliminar el agua presente en el jugo y concentrar los sólidos, partiendo de una concentración de 15 a 17 °Brix, se obtiene a un líquido viscoso llamado meladura que tiene aproximadamente 60 °Brix; este proceso se realiza en unos equipos interconectados que forman un sistema de seis evaporadores en corriente directa, con vapor de escape del turbogenerador en el pre evaporador y vapor vegetal en los demás vasos de evaporación.



**Figura 8.** Evaporador

**Fuente (IANCEM, 2010)**

### **2.5.1.6. Cristalización**

En el proceso de evaporación se obtiene un producto denominado meladura que alimenta a un sistema de tachos que forman parte del proceso de cristalización (figura 9).

Viana (2012) menciona que el proceso de cristalización consiste en concentrar la meladura hasta el punto de saturación, en ese punto se introduce una cantidad de azúcar pulverizada en finos granos mezclada con alcohol etílico (semilla) para que sirvan de núcleos para los cristales de azúcar; de esta manera se obtiene la masa cocida que se trata de la mezcla de cristales de azúcar y miel. Una vez terminada la masa cocida, baja al cristalizador y de aquí van a las centrifugas para la separación del cristal de azúcar y la miel.

En un sistema de tres cristalizadores (tachos), la primera ebullición del jarabe crudo produce azúcar cruda y miel A; mismas que se regresan al tacho al vacío para que vuelvan a hervir sobre un pie de masa cocida de primer grado (masa cocida A) y se forme una segunda masa cocida (B), la que a su vez produce una segunda carga de cristales. El azúcar B, se mezclan con el azúcar A para construir la producción comercial del ingenio. La miel B, o de segunda, tiene una pureza mucho más baja y a su vez se vuelven a hervir sobre un pie de cristales de jarabe para formar una masa cocida de grado bajo o C. Estas masas cocidas de bajo grado permanecen durante varios días en los cristalizadores, donde se enfrían y mantienen en movimiento por medio de brazos agitadores. El azúcar C, se mezcla con el jarabe y se utiliza como semilla para las masas cocidas A y B. Las mieles o melazas finales o residuales, son de un material denso y viscoso que contiene aproximadamente una tercera parte de sacarosa, una quinta parte de azúcares reductores, compuestos orgánicos no azúcares, agua y ceniza (Chen, 1991)



**Figura 9.** Tacho de Cocción (Cristalización)

**Fuente (IANCEM, 2010)**

#### **2.5.1.7. Centrifugación**

Es la etapa donde se separa la miel que contiene el cristal de azúcar, los cristales son lavados; este proceso en un equipo denominado centrifuga (figura 10).

La masa cocida proveniente del mezclador o del cristalizador se lleva a maquinas giratorias llamadas centrifugas. El tambor cilíndrico suspendido de un eje tiene paredes laterales perforadas forradas en el interior con una tela metálica. Entre esta área y las paredes hay láminas metálicas que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada. El tambor gira a velocidades que oscilan entre 100 y 1800 revoluciones por minuto (rpm). El revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar que pueden lavarse con agua si se desea. El licor madre (la miel), pasa a través del revestimiento debido a la fuerza centrífuga ejercida (de 500 hasta 1800 veces la fuerza de la gravedad), y después de que el azúcar es purgado, se corta dejando la centrifuga lista para recibir otra carga de masa cocida (Chen, 1991).



**Figura 10.** Centrifuga

**Fuente (IANCEM, 2010)**

#### **2.5.1.8. Secado**

Viana (2012) indica que el proceso de secado se realiza mediante un secador rotatorio (figura 11), que es accionado manualmente por un operador, el cual controla el tiempo de secado y la humedad que debe tener el azúcar; posteriormente pasa a otra sección del mismo equipo donde se produce un enfriado antes de enviarse el azúcar al silo de almacenamiento.



**Figura 11.** Secador

**Fuente (IANCEM, 2010)**

### **2.5.1.9. Envasado y Almacenamiento**

IANCEM (2010) señala que una vez que la azúcar posee la humedad y temperatura adecuada es envasada en fundas de diferentes presentaciones (50 Kg envase de papel; 50, 10, 2, 1 Kg y de 1 lb envase de polietileno) listo para ser comercializado.

En la figura 12 se observa la envasadora y la forma de almacenamiento utilizado en IANCEM.



**Figura 12.** Envasadora y Almacenamiento

**Fuente (IANCEM, 2010)**

## **2.6. LOS PRINCIPIOS DE LA POLARIMETRÍA**

De acuerdo a Hoareau, Horeau, Petit, Roussel, & Corcodel, (2010), la industria azucarera emplea la determinación del contenido de sacarosa en caña de azúcar y en remolachas azucareras para propósitos comerciales o de procesamiento. El contenido de sacarosa puede determinarse de manera exacta por medio de cromatografía líquida o por cromatografía gaseosa. Sin embargo, estos métodos requieren prolongados procedimientos y equipos bastante costosos. Por esta razón en la industria azucarera mide el contenido de sacarosa por medio de polarimetría. La Polarimetría emplea la actividad óptica de los componentes del jugo. Dado que sacarosa es el principal componente del jugo, su actividad óptica es predominante en comparación a otros componentes como glucosa y fructosa.

Orozco (2006) menciona que cuando un rayo de luz polarizada pasa a través de una solución de cualquier azúcar, la rotación varía con la concentración de la solución, la longitud de la celda, la longitud de onda de la luz y la temperatura. La rotación que sucede es una medida precisa de la concentración de sacarosa que posee una muestra, siempre y cuando no estén presentes otras sustancias ópticamente activas.

## 2.7. POL

Engelke (2002) señala que los azúcares diluidos gozan de la propiedad de desviar el plano de vibración de la luz polarizada. Esta propiedad se utiliza en la industria azucarera para determinar la riqueza de los jugos de caña. La expresión POL se obtiene del polarímetro aparato utilizado para enviar la luz polarizada a través de una muestra de sacarosa, se encarga de medir la rotación de la luz después de pasar por la solución.

## 2.8. TÉCNICAS PARA MEDIR LA POL

Según Hoareau, Hoareau, Petit, Rouse, & Corcodel (2010) señala que tradicionalmente la polarimetría se mide en el rango de longitud de onda visible (589,44 nm), siendo necesaria una etapa de clarificación antes del análisis. Normalmente esta clarificación se lleva a cabo con subacetato de plomo por vía húmeda. Desde fines de los años 1980s nuevos métodos comenzaron a remplazar el empleo del acetato de plomo por vía húmeda en los laboratorios y se han venido investigando posibles soluciones de conformidad a las restricciones ambientales y de salud.

Existen varias técnicas de clarificación: polarimetría de láser helio-neón, polarimetría infrarroja, polarimetría de alta resolución, técnicas de reflexión del infrarrojo cercano y sustancias no peligrosas como el  $\text{Ca}(\text{OH})_2 / \text{AlCl}_3$ . La polarimetría del infrarrojo cercano a 882,6 nm fue el método más prometedor para azúcar crudo. Altenburg y Chou describieron un nuevo método de clarificación mediante filtración por gravedad con papel de filtro Whatman No. 91 y usando octapol como ayuda filtrante. Sus resultados para azúcar crudo mostraron que la determinación polarimétrica del azúcar a 882,6 nm dió valores por 0,005 °Z más altos que los valores obtenidos con la clarificación con plomo y la medición a 589 nm.

A pesar de la precisión del método, la polarimetría de infrarrojo cercano fue evaluada en varios laboratorios y fue aceptada por ICUMSA para el análisis de azúcar y actualizada en el año 2005 (Hoareau, 2010)

Método ICUMSA GS2/3-1 consiste que utilizando un polarímetro de marca Schmidt + Haensch refractómetro (DUR-SW) para su uso simultáneo de Pol y °Brix, con lo que se

determinó la lectura aparente de la pol en  $Z^{\circ}$  y con los cálculos correspondientes se obtuvo la pol real que nos sirvió para el cálculo de la pureza.

### **2.8.1. POTENCIAL ZETA**

Chen (1991) señala que la clarificación consiste en convertir los no azúcares solubles en sólidos insolubles y luego separarlos, los parámetros que normalmente controlan la rapidez de la sedimentación están gobernados por la ley de Stokes, sin embargo esta ley solo la cumplen las partículas grandes, las pequeñas no lo hacen. Cada partícula en suspensión tiene una carga eléctrica, las cargas de las partículas individuales se miden en función al potencial de la solución en la que están suspendidas. Estas cargas se denominan potencial Zeta.

### **2.8.2. FORMACIÓN DEL FLÓCULO**

La floculación es la aglomeración de las partículas finas suspendidas en una solución para formar un musgo que flocula. Las partículas con carga eléctrica similar se repelen y de esta manera se estabilizan contra la floculación. Con el fin de evitar que las partículas se adhieran, la energía cinética debe exceder a las fuerzas de atracción entre las dos partículas. Cuando el flóculo es dañado mecánicamente, rara vez regresa a su tamaño original. Resulta beneficiosa una agitación enérgica antes de la formación del flóculo, pero después de que este se ha formado el moviendo debe ser extremadamente suave para evitar el precipitado (Chen, 1991).

## **2.9. POL EN CAÑA**

Fernandes (2003) indica que el Pol % caña (sacarosa % caña) puede ser obtenida en función del pol del jugo extraído, multiplicando esta variable por el jugo absoluto de la caña (100-fibra %caña) y un coeficiente o factor "C", el cual representa una transformación del pol del jugo extraído en un pol %caña, bajo las condiciones de trabajo locales de un Ingenio Azucarero.

## 2.10. PUREZA REAL

La "Pureza Real" es la proporción de sacarosa en los sólidos solubles totales de la sustancia azucarada. Por tanto una solución con 85 de Pureza real contiene 85% de sacarosa y 15% de otros sólidos solubles no sacarosa. El agua que contiene la solución no se tiene en cuenta en este término, o sea es un % sobre base libre de agua (Pérez, 2007).

Es la relación entre el Pol y °Brix y es la más usada en el control del proceso; aunque en algunos casos puede crear confusiones como por ejemplo en el caso del agotamiento de la Miel Final. La Pureza Real viene dada por:

$$(Pureza Real) = \frac{POL}{°BRIX} * 100 \text{ (Pérez, 2007)}$$

## 2.11. OCTAPOL

Baddley Chemicals informa que el octapol, es un nuevo reactivo químico sin plomo desarrollada en Baddley Chemicals Inc. para el esclarecimiento de los materiales que contienen sacarosa antes del análisis polarimétrico. El producto está envasado en un tamaño de laboratorio conveniente de 1,5 kilogramos.

El compuesto Octapol se envía en un estado no activado. Es estable indefinidamente en este estado. Unos pocos minutos antes de ser utilizado por primera vez, se debe activar el compuesto. Esto se hace simplemente mediante la eliminación de la bolsa de plástico que contiene el "ACTIVADOR" y vaciar el contenido de la bolsa en una botella. Entonces, el frasco tapado debe agitarse vigorosamente durante 60 segundos. Ahora está listo para su uso. Sin embargo, debido a que el polvo es muy finamente dividido y polvoriento, debe permitir a sentarse durante unos minutos antes de abrir la botella (Baddley Chemicals, 2010).

Después de la activación, se puede utilizar durante aproximadamente tres meses. El poder clarificación disminuye gradualmente a lo largo de los tres meses. Por lo tanto, para obtener resultados óptimos se debe utilizar tan pronto como sea posible después de la activación (Baddley Chemicals, Inc, 2010).

La cantidad de reactivo utilizado debe ser el de mejor equilibrio de claridad y de la tasa de filtración para el tipo particular de muestra. Generalmente, los pesos de entre 5 y 10 gramos deberían funcionar bien para la mayoría de muestras en el intervalo de 100 a 200 ml (Baddley Chemicals, Inc, 2010,).

Según Orozco (2006) el octapol es un producto químico en polvo, cuya densidad es de 0,8 a 1,2 g/ml, con una solubilidad en agua de 0,5 g/ml a 25 °C. Se recomienda su uso como clarificante o floculante en muestras de agua y productos contaminados con sustancias solubles, teniendo una acción que le permite en pocos segundos obtener una muestra clara para posteriores análisis. En la tabla 2 se da a conocer la composición química que posee el Octapol.

**Tabla 2.** Composición química del Octapol

<b>Composición</b>	<b>Cant.</b>
Calcio	<b>0 a 20%</b>
Sílice	<b>10 a 30%</b>
Oxígeno	30-50%
Metales Pesados	Menos 10 ppm

**Fuente (Orozco, 2006)**

### **2.11.1. ACCIÓN CLARIFICANTE**

Se analiza la cantidad de reactivo utilizado, debe ser la que da el mejor equilibrio de claridad y de la tasa de filtración para el tipo particular de muestra. Generalmente 5 y 10 g deberían funcionar bien para la mayoría de muestras en el intervalo de 100 a 200 ml (Baddley Chemicals, Inc, 2010).

- Si el filtrado es claro y ligeramente amarillo: es perfecta la cantidad utilizada para clarificar.
- Si el filtrado es claro y oscuro: se debe aumentar la cantidad de clarificador.
- Si el filtrado nublado y oscuro: se debe aumentar cantidad de clarificador y dejar reposar la muestra y agitar antes de filtrar.
- Si el filtrado nublado y ligeramente amarillo: se debe dejar reposar la muestra más tiempo después de agitar antes de que se filtra.

- Si el filtrado es transparente e incolora: es legible, pero cantidad de clarificador puede reducirse ligeramente.
- Si el filtrado nublado e incoloro: es necesario disminuir la cantidad de clarificador utilizado.

## 2.12. CELITE

Quimicuy S.A.C.I.A. (2011) señala que la naturaleza de la diátomea el material del que se compone Celite está formado por los restos de los esqueletos de diminutas plantas acuáticas denominadas “diátomeas”. Estas plantas vivieron y se multiplicaron en aguas prehistóricas, que en otros tiempos cubrieron vastas regiones de California (Estados Unidos) y Jalisco (México). A través de las edades, sus esqueletos fueron formando grandes depósitos sobre el fondo del océano. Esas tierras submarinas se levantaron más tarde para formar parte de la masa continental. Los depósitos de Celite, hoy en día, se caracterizan por su alta pureza y por la casi infinita variedad de formas y tamaños que presentan exoesqueletos prehistóricos, formados en circunstancias verdaderamente excepcionales.

En la tabla 3 se observa las diferentes características físicas que posee el celite como son color, densidad, entre otras.

**Tabla 3.** Propiedades físicas

<b>Propiedad</b>	
Color	Café
Apariencia	Polvo
Densidad	0.322 g/ml
pH	5,3

**Fuente (Imerys Diatomita, 2012)**

En la tabla 4 se describe la composición química que posee el clarificante Celite.

**Tabla 4.** Composición química

<b>Composición</b>	<b>Cantidad (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	91,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2
TiO <sub>2</sub>	0,2
CaO	0,5
MgO	0,3
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	1,4

**Fuente (Imerys Diatomita, 2012)**

### **2.12.1. APLICACIONES DEL CLARIFICANTE CELITE**

Vinos, Extractos alcohólicos, Cervezas, Sidra, Jugos de frutas en general, Adhesivos, Líquidos orgánicos, Productos farmacéuticos, Jarabes, Tratamientos de agua, Levaduras, Gelatina, Enzimas, Antibióticos (Quimicuy S.A.C.I.A.).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La fase experimental se desarrolló en el laboratorio del Ingenio Azucarero del Norte ubicado en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra; la tabla 5 indica las características del lugar de acuerdo al departamento de meteorología de la ciudad de Ibarra.

**Tabla 5.** Ubicación del experimento

<b>Provincia:</b>	Imbabura
<b>Cantón:</b>	Ibarra
<b>Ciudad:</b>	Ibarra
<b>Lugar:</b>	Laboratorio del Ingenio Azucarero del Norte
<b>Altitud:</b>	2250m.s.n.m.
<b>HR. Promedio:</b>	73%
<b>Temperatura:</b>	18°C
<b>Pluviosidad:</b>	503 – 1000 mm. Año

**Fuente:** Departamento de Meteorología de la Ciudad de Ibarra (2014)

#### 3.2. MATERIALES

##### 3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS

###### Materia Prima

- Jugo Primario
- Jugo Claro
- Jugo Mixto
- Masa Cocida A
- Masa Cocida B

- Masa Cocida C
- Miel A
- Miel B

### **Insumos**

- Agua destilada
- Papel filtro

## **3.2.2. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES**

### **Equipos**

- **Polarímetro** marca Schmidt + Haensch refractómetro (DUR-SW), lámpara de tungsteno y filtro de 589nm.
- **Refractómetro** marca Schmidt + Haensch refractómetro (DUR-SW), DUR-SW. Resolution 0,00001 RI (0,01 Bx).
- **pH-metro**, marca HACH HQ40d calibrado con soluciones búffer.
- **Turbidímetro**, marca HACH 2100Q en unidades Nefelométricas NTU.
- **Balanza gramera**, marca Gavigator, Model NOB110, Max: 2100g, d=0,1g.
- **Equipo para titulación**

### **Reactivos**

- Octapol
- Celite
- Solución de Fehling A
- Solución de Fehling B
- Azul de metileno solución indicadora

### **Materiales**

- Material de plástico: embudo, matraz, vasos de precipitación de 250 ml
- Material de vidrio: pipeta, matraz.

### 3.3. METODOLOGÍA

#### 3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS

Para la caracterización de las muestras (Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masas Cocidas y Mieles), se realizaron los siguientes análisis físico-químicos de: Sólidos Solubles (°Brix), pH, azúcares reductores y cenizas.

En la tabla 6 se muestran los diferentes métodos utilizados para analizar las variables físico-químicas con sus respectivas unidades.

**Tabla 6.** Análisis empleados para caracterizar las muestras.

ANÁLISIS	MÉTODO	UNIDADES
Sólidos Solubles	Método refractómetro	°Brix
Potencial de Hidrógeno	Método pH-metro	pH
Azúcares Reductores	Método Lane and Eynon	%
Cenizas	Método ICUMSA GS2/3-17(2002)	%

#### 3.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS FILTRADOS

Para la caracterización de las diferentes mezclas: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (25% octapol+ 75% celite); T5. Celite (100% celite). Se realizó análisis en el filtrado final de: °Brix, pH, turbiedad, azúcares reductores y cenizas.

En la tabla 7 se muestran los diferentes métodos utilizados para analizar las variables físico-químicas con sus respectivas unidades.

**Tabla 7.** Análisis empleados para caracterizar los filtrados.

ANÁLISIS	MÉTODO	UNIDADES
Sólidos Solubles	Método refractómetro	°Brix
Potencial de Hidrógeno	Método pH-metro	pH
Turbidez	Método Turbidímetro.	NTU
Azúcares Reductores	Método Lane and Eynon	%
Cenizas	Método ICUMSA GS2/3-17(2002)	%

#### 3.3.3. EFICIENCIA DE LOS CLARIFICANTES

Para determinar la eficiencia de los clarificantes se analizó las variables de polarimetría (pol) y pureza; la tabla 8 indica los métodos empleados para el análisis de dichas variables. Los tratamientos que se analizaron fueron: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4.

Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite); T5. Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite); T6. Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite); T7. Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite).

**Tabla 8.** Análisis empleados para evaluar la eficiencia de los clarificantes.

ANÁLISIS	MÉTODO	UNIDADES
Polarimetría	Método ICUMSA GS2/3-1(1994)	°Z
Pureza	Cálculo Pol/°Brix*100	%

### 3.3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación se utilizó un Diseños Completamente al Azar (DCA), con 5 tratamientos y 3 repeticiones para las variables de sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), turbidez, azúcares reductores y cenizas.

Para las variables de polarimetría y pureza se utilizó un Diseños Completamente al Azar (DCA), con 7 tratamientos y 3 repeticiones.

#### 3.3.4.1. Características de la unidad experimental

#### 3.3.4.2. Análisis estadístico

En tabla 9 se describe la estructura que se utilizó para interpretar los datos en las variables sólidos solubles (°Brix), pH, turbidez, azúcares reductores y cenizas.

**Tabla 9.** Análisis de varianza para cada diseño

ADEVA	
F de V	G.L.
Total	14
Tratamientos	4
Error Experimental	10

En tabla 10 se describe la estructura que se utilizó para interpretar los datos en las variables de polarimetría y pureza.

**Tabla 10.** Análisis de varianza para cada diseño

<b>ADEVA</b>	
F de V	G.L.
Total	20
Tratamientos	6
Error Experimental	14

### **3.3.4.3. Análisis funcional**

Se aplicó las pruebas de significación de Tukey al 5% a los tratamientos que presentaron significación alguna.

### **3.3.5. FACTORES EN ESTUDIO**

Muestras en la etapa del proceso

**A:** Jugo Primario

**B:** Jugo Claro

**C:** Jugo Mixto

**D:** Masas Cocidas

- Masa Cocida A
- Masa Cocida B
- Masa Cocida C

**E:** Mieles

- Miel A
- Miel B

## Tratamientos

**T1.** Octapol. - (100% octapol)

**T2.** Mezcla 1.- (75% octapol + 25% celite)

**T3.** Mezcla 2.- (50% octapol + 50% celite)

**T4.** Mezcla 3.- (25% octapol + 75% celite)

**T5.** Celite. - (100% celite)

### 3.3.6. TRATAMIENTOS

#### 3.3.6.1. Variables Sólidos Solubles (°Brix), Potencial de Hidrógeno (pH), Turbidez, Azúcares Reductores, Cenizas

Para la elaboración del proceso se planteó 5 tratamientos: Octapol. (100% octapol); Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); Mezcla 2. (50% octapol + 50% celite); Mezcla 3. (25% octapol + 75% celite); Celite. (100% celite), para las diferentes muestras: Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masa Cocida A; Masa Cocida B; Masa Cocida C; Miel A y Miel B.

En la tabla 11 muestra la cantidad de clarificante en gramos utilizada en cada uno de los tratamientos.

**Tabla 11.** Cantidad de clarificante en gramos utilizada en cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	OCTAPOL (g)	CELITE (g)
<b>T1 (100% Octapol)</b>	15,0	0,0
<b>T2 (75% Octapol – 25% Celite)</b>	11,3	3,7
<b>T3 (50% Octapol – 50% Celite)</b>	7,5	7,5
<b>T4 (25% Octapol – 75% Celite)</b>	3,7	11,3
<b>T5 (100% Celite)</b>	0,0	15,0

La tabla 12 muestra la nomenclatura de los tratamientos para las diferentes muestras: Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masas Cocidas A; Masa Cocida B; Masa Cocida C; Miel A y Miel B.

**Tabla 12.** Descripción y nomenclatura de los tratamientos para la muestra A.

<b>A: Jugo Primario</b>			
Repeticiones	I	II	III
Tratamientos			
T1. Octapol. (100% octapol)			
T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite)			
T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)			
T4. Mezcla 3. (25% octapol + 75% celite)			
T5. Celite. (100% celite)			

### 3.3.6.2. Variables Polarimetría y Pureza

Para la elaboración del proceso se planteó los siguientes tratamientos: T1 (100% Octapol); T2 (75% Octapol – 25% Celite); T3 (50% Octapol – 50% Celite); T4 (45% Octapol – 55% Celite); T5 (40% Octapol – 60% Celite); T6 (35% Octapol – 65% Celite); T7 (30% Octapol – 70% Celite), para las diferentes muestras: Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masas Cocidas A; Masa Cocida B; Miel A.

En la tabla 13 muestra la cantidad de clarificante en gramos utilizada en cada uno de los tratamientos.

**Tabla 13.** Cantidad de clarificante en gramos utilizada en cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	OCTAPOL (g)	CELITE (g)
T1 (100% Octapol)	15,0	0,0
T2 (75% Octapol – 25% Celite)	11,3	3,7
T3 (50% Octapol – 50% Celite)	7,5	7,5
T4 (45% Octapol – 55% Celite)	6,8	8,2
T5 (40% Octapol – 60% Celite)	6,0	9,0
T6 (35% Octapol – 65% Celite)	5,2	9,8
T7 (30% Octapol – 70% Celite)	4,5	10,5

La tabla 14 muestra la nomenclatura de los tratamientos para las diferentes muestras: Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masas Cocidas A; Masa Cocida B y Miel A.

**Tabla 14.** Descripción y nomenclatura de los tratamientos para las diferentes muestras.

<b>Muestras</b>			
Repeticiones	I	II	III
Tratamientos			
T1. Octapol. (100% octapol)			
T2. Mezcla 1. (75% octapol+ 25% celite)			
T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)			
T4. Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite)			
T5. Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite)			
T6. Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite)			
T7. Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite)			

### **3.3.7. VARIABLES EVALUADAS**

En esta investigación se realizó los siguientes análisis con la finalidad de caracterizar las muestras y evaluar la eficiencia de la mezcla clarificante en el filtrado final mediante análisis físico-químicos.

Para la caracterización de las muestras (Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masas Cocidas y Mieles), se realizó análisis de: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), azúcares reductores y cenizas.

Para la evaluación de las diferentes mezclas: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (25% octapol+ 75% celite); T5. Celite (100% celite).se realizó análisis en el filtrado final de: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH, turbiedad, azúcares reductores y cenizas.

Para la determinación de pol y pureza, los tratamientos que se analizaron fueron: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite); T5. Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite); T6. Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite); T7. Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite).

### **3.3.8. MEDICIÓN EXPERIMENTAL**

#### **3.3.8.1. Muestra**

- Cenizas
- pH
- Sólidos solubles
- Azúcares reductores

#### **3.3.8.2. Filtrado**

- Cenizas
- pH
- Sólidos solubles
- Azúcares reductores

- Polarimetría (Pol)
- Turbiedad (NTU)

### 3.3.8.3. Descripción de las variables cuantitativas de las muestras y filtrado

- **Cenizas:** Método ICUMSA GS2/3-17(2002)

Esta variable se evaluó a las diferentes muestras y tratamientos, por conductividad, se tomó la conductividad del agua destilada, se masó 28 g de muestra para diluir en agua destilada, posteriormente se midió la conductividad de la dilución y con el cálculo correspondiente, se obtuvo la cantidad en porcentaje de cenizas presentes en la muestra.

- **pH:** Método pH-metro

Se midió esta variable con el fin de caracterizar las muestras y los tratamientos utilizando un pH-metro de marca HACH HQ40d calibrado con soluciones búffer.

- **Sólidos solubles totales (°Brix):** Método refractómetro

Esta variable se evaluó a las diferentes muestras y tratamientos, utilizando un refractómetro de marca Schmidt + Haensch refractómetro (DUR-SW) para su uso simultáneo de Pol y °Brix, con lo que se determinó los sólidos totales valor que se utilizó para obtener la pureza, relacionando pol/°brix de dichas muestras y en los tratamientos sirvió para caracterizar las mezclas.

- **Azúcares reductores:** Método Lane and Eynon

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos, mediante el método Lane and Eynon por reducción del licor de Fehling hasta color ladrillo, valor que nos indica la cantidad de invertidos de sacarosa (glucosa y fructosa). Esta variable se midió a los 5 tratamientos con sus respectivas repeticiones.

- **Polarimetría:** Método ICUMSA GS2/3-1

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos, utilizando un polarímetro de marca Schmidt + Haensch refractómetro (DUR-SW) para su uso simultáneo de Pol y °Brix, con lo que se determinó la lectura aparente de la pol en Z° y con

los cálculos correspondientes se obtuvo la pol real que nos sirvió para el cálculo de la pureza.

- **Pureza**

Esta variable se evaluó relacionando el valor obtenido en Pol y en °Brix y para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:  $(Pureza\ Real) = \frac{POL}{BRIX} * 100$  (Pérez, 2007).

- **Turbidez: Método Turbidímetro.**

Se evaluó con un turbidímetro de marca HACH 2100Q, con la finalidad de determinar la cantidad de sólidos disueltos, el cual se expresa en unidades Nefelométricas NTU. Esta variable se midió a los 5 tratamientos con sus respectivas repeticiones.

### 3.4. MÉTODOS DE PROCESAMIENTO

#### 3.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA MUESTRA A MEDIR

En la figura 13 se observa el diagrama de flujo que se utilizó para la medición de las distintas variables.

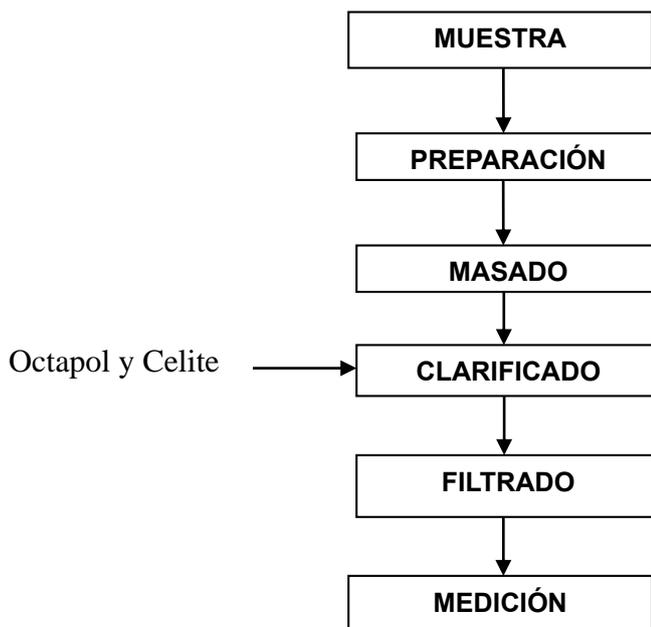


Figura 13. Diagrama de flujo

### 3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

#### 3.5.1. MUESTRA

Se tomó la muestra a analizar según su punto de muestreo (figura 14).



**Figura 14.** Muestras del Experimento

#### 3.5.2. PREPARACIÓN

Para la preparación de las muestras se realizó un filtrado previo a los jugos con el fin de retirar el bagazo; en el caso de las masas cocidas y mieles se preparó una solución donde se colocó 35 g de muestra y se agregó agua destilada hasta completar 350 g de solución; se distribuyó en 5 matraces de 200 ml cada uno (figura 15).



**Figura 15.** Preparación de Muestras

#### 3.5.3. MASADO

Se masó la cantidad de clarificante relacionado a cada de unos de los tratamientos ya planteados (figura 16).



**Figura 16.** Pesado de los Clarificantes

### **3.5.4. CLARIFICADO**

Se adicionó a cada uno de los matraces (figura 17), T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (25% octapol+ 75% celite); T5. Celite (100% celite) para el análisis en el filtrado final de: sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), potencial de hidrógenos (pH), turbiedad, azúcares reductores y cenizas. Para la determinación de pol y pureza, los tratamientos que se analizó fueron: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite); T5. Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite); T6. Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite); T7. Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite).



**Figura 17.** Adición de clarificantes en las muestras

### **3.5.5. FILTRADO**

Se filtró en un vaso de precipitación a través de papel filtro. Se rechazó los primeros 5 ml del filtrado (figura 18).



**Figura 18.** Filtrado de Mezclas

### **3.5.6. MEDICIÓN**

Para la medición de las diferentes variables se realizó el procedimiento descrito en cada uno de los métodos de las variables evaluadas como son para: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), turbiedad, azúcares reductores y cenizas (figura 19).



**Figura 19.** Medición de Variables

## **3.6. PREPARACIÓN DE MUESTRAS A MEDIR**

### **3.6.1. ANÁLISIS DE JUGO**

Para el análisis de jugo primario, jugo mixto y jugos claro se realizó el siguiente procedimiento:

- Se mezcló y se homogenizó la muestra.
- Se filtró los diferentes jugos con el fin de retirar el bagazo.

- En 5 vasos de precipitación, se colocó 200 ml de jugo primario, jugo mixto y jugo claro.
- Se pesó las diferentes cantidades correspondientes para cada uno de los tratamientos.
- Para la lectura de los sólidos solubles (°Brix) se tomó la muestra para pasar por el refractómetro con el fin de limpieza.
- Se adicionó una nueva porción de muestra.
- De acuerdo con las condiciones del equipo que se empleó, se esperó un tiempo para la estabilización y se tomó la lectura de los sólidos solubles (°Brix).
- Se adicionó a la muestra. Se adicionó a cada uno de los matraces (figura 16), T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (25% octapol+ 75% celite); T5. Celite (100% celite) para el análisis en el filtrado final de: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), turbiedad, azúcares reductores y cenizas; y para la determinación de pol y pureza, los tratamientos que se analizó fueron: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite); T5. Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite); T6. Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite); T7. Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite) para clarificar la solución, y se agitó vigorosamente.
- Se filtró en un vaso de precipitación a través de papel filtro. Se rechazó los primeros 5 ml del filtrado.
- Se realizó el procedimiento descrito en cada uno de los métodos de las variables evaluadas como son para: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), turbiedad, azúcares reductores y cenizas.

### **3.6.2. ANÁLISIS DE MASAS COCIDAS Y MIELES**

Para el análisis de masas cocidas (A, B, C) y mieles (A, B) se realizó el siguiente procedimiento:

- Se preparó una solución donde se colocó 35 g de muestra y se agregó agua destilada hasta completar 350 g de solución
- Se coloca 200 ml de muestra por cada matraz (se utilizó 5 matraces).

- Para la lectura de sólidos solubles (°Brix), se tomó la muestra para pasar por el refractómetro con el fin de limpieza.
- Se adicionó una nueva porción de muestra.
- De acuerdo con las condiciones del equipo que se empleó, se esperó un tiempo para la estabilización y se tomó la lectura del sólidos solubles (°Brix).
- Se adicionó a la muestra Se adicionó a cada uno de los matraces (figura 16), T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (25% octapol+ 75% celite); T5. Celite (100% celite) para el análisis en el filtrado final de: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), turbiedad, azúcares reductores y cenizas; y para la determinación de pol y pureza, los tratamientos que se analizó fueron: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite); T5. Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite); T6. Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite); T7. Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite) para clarificar la solución, y se agitó vigorosamente.
- Se filtró en un vaso de precipitación a través de papel filtro. Se rechazó los primeros 5 ml del filtrado.
- Se realizó el procedimiento descrito en cada uno de los métodos de las variables evaluadas como son para: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), turbiedad, azúcares reductores y ceniza.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación “Sustitución del clarificante octapol con celite, en los análisis de polarimetría de muestras obtenidas en el proceso de extracción de sacarosa en caña de azúcar”, con la finalidad de caracterizar cada uno de los tratamientos.

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS

Para la caracterización de las muestras (Jugo Primario; Jugo Claro; Jugo Mixto; Masas Cocidas y Mieles), se realizaron los siguientes análisis físico-químicos de: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), azúcares reductores y cenizas.

En la tabla 15 se muestra las características que presentan las diferentes muestras para el inicio de la investigación.

Tabla 15. Características de las muestras.

MUESTRAS VARIABLES	JUGO PRIMARIO	JUGO MIXTO	JUGO CLARO	MASA COCIDA A	MASA COCIDA B	MASA COCIDA C	MIEL A	MIEL B
SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX)	18,51	19,12	17,59	90,2	91,4	90,4	75,10	81,70
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	5,22	5,26	6,98	7,08	6,6	6,42	7,04	6,65
AZUCARES REDUCTORES (%)	0,68	0,44	0,54	0,22	0,61	0,57	0,32	0,56
CENIZAS (%)	0,64	0,62	0,62	0,61	0,70	0,97	1,00	1,03

#### 4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS FILTRADOS

Para la caracterización de las diferentes mezclas: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4.

Mezcla 3. (25% octapol+ 75% celite); T5. Celite (100% celite). Se realizó análisis en el filtrado final de: sólidos solubles (°Brix), potencial de hidrógeno (pH), turbiedad, azúcares reductores y cenizas.

#### 4.2.1. ANÁLISIS DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°BRUX)

Para los sólidos solubles se utilizó un equipo de marca Schmidt + Haensch refractómetro (DUR-SW) para su uso simultáneo de Pol y (°Brix), con lo que se determinó los sólidos totales. En la tabla 16 se muestra los valores que se obtuvo en esta variable.

**Tabla 16.** °Brix obtenido en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado

MUESTRAS TRATAMIENTOS	JUGO PRIMARIO	JUGO MIXTO	JUGO CLARO	MASA COCIDA A	MASA COCIDA B	MASA COCIDA C	MIEL A	MIEL B
T1. Octapol. (100% octapol)	20,03	20,51	19,43	95,39	98,23	99,87	87,37	91,30
T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite)	19,65	20,27	18,89	93,30	97,53	95,80	86,43	90,40
T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)	19,49	20,07	18,28	91,07	94,67	95,53	81,47	88,57
T4. Mezcla 3. (25% octapol + 75% celite)	19,32	16,51	17,91	90,74	94,17	91,47	76,63	85,20
T5. Celite. (100% celite)	19,21	16,21	17,62	87,57	91,07	91,07	74,83	82,27

El análisis de la varianza realizado a todas las muestra indica que existe una alta significación en los tratamientos, por lo que se procede a realizar pruebas de significación Tukey.

En el Anexo 1 se indica los análisis de la varianza de la variable solidos solubles totales (°Brix) de las diferentes muestras.

En la tabla 17 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Primario de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 17.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable °Brix de Jugo Primario.

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	20,03	a
<b>T2</b>	19,65	b
<b>T3</b>	19,49	c
<b>T4</b>	19,32	d
<b>T5</b>	19,21	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 17) para la variable sólidos solubles (°Brix), se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta la mayor cantidad de sólidos solubles. Comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos pero no tan significativa.

Realizando una comparación con la muestra se puede concluir que partiendo de 18,51 °Brix, los sólidos solubles en los filtrados aumentan hasta 20,03 °Brix. Esto nos da a entender que la presencia del clarificante si afecta en el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

En la tabla 18 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Mixto de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 18.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable °Brix de Jugo Mixto.

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	20,51	a
<b>T2</b>	20,27	b
<b>T3</b>	20,07	c
<b>T4</b>	16,51	d
<b>T5</b>	16,21	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 18) para la variable sólidos solubles (°Brix), se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 20,51 de °Brix, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación pero no tan significativa.

Realizando una comparación con la muestra se puede concluir que partiendo de 19,12 °Brix; los sólidos solubles en los filtrados aumentan hasta 20,51 °Brix. Esto nos da a

entender que la presencia del clarificante si afecta en el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

En la tabla 19 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Claro de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 19.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Jugo Claro

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	19,43	a
<b>T2</b>	18,89	b
<b>T3</b>	18,28	c
<b>T4</b>	17,91	d
<b>T5</b>	17,62	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 19) para la variable sólidos solubles (°Brix), se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta la mayor cantidad de sólidos solubles, que al compararlo con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos pero no tan significativa.

Realizando una comparación con la muestra se puede concluir que partiendo de 17,59 °Brix, los sólidos solubles en los filtrados aumentan hasta 19,43 °Brix. Esto nos da a entender que la presencia del clarificante si afecta en el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

En la tabla 20 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 20.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Masa Cocida A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	95,39	a
<b>T2</b>	93,30	b
<b>T4</b>	91,07	c
<b>T3</b>	90,74	d
<b>T5</b>	87,57	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 20) para la variable sólidos solubles (°Brix), se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta la mayor cantidad de sólidos solubles totales, que al compararlo con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia significativa entre ellos.

Realizando una comparación con la muestra se puede concluir que partiendo de 90.2 °Brix los sólidos solubles totales en los filtrados aumentan hasta 95,39 °Brix. Esto nos da a entender que la presencia del clarificante si afecta en el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

En la tabla 21 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 21.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Masa Cocida B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	98,23	a
<b>T2</b>	97,53	b
<b>T3</b>	94,67	c
<b>T4</b>	94,17	d
<b>T5</b>	91,07	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 21) para la variable sólidos solubles (°Brix), se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta la mayor cantidad de sólidos solubles totales, que al compararlo con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos significativa.

Realizando una comparación con la muestra se puede concluir que partiendo de 91,4 °Brix, los sólidos solubles en los filtrados aumentan hasta 98,23 °Brix. Esto nos da a entender que la presencia del clarificante si afecta en el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

En la tabla 22 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida C de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 22.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable ° Brix en Masa Cocida C

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	99,87	a
<b>T3</b>	95,80	b
<b>T2</b>	95,53	c
<b>T4</b>	91,47	d
<b>T5</b>	91,07	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 22) para la variable sólidos solubles (°Brix), se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta la mayor cantidad de sólidos solubles, que al compararlo con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos significativa.

Realizando una comparación con la muestra se puede concluir que partiendo de 90,4 °Brix, los sólidos solubles en los filtrados aumentan hasta 99,87 °Brix. Esto nos da a entender que la presencia del clarificante si afecta en el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

En la tabla 23 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 23.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Miel A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	87,37	a
<b>T2</b>	86,43	b
<b>T3</b>	81,47	c
<b>T4</b>	76,63	d
<b>T5</b>	74,83	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 23) para la variable sólidos solubles (°Brix), se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta la mayor cantidad de sólidos solubles, que al compararlo con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos significativa.

Realizando una comparación con la muestra se puede concluir que partiendo de 75,10 °Brix, los sólidos solubles en los filtrados aumentan hasta 87,37 °Brix. Esto nos da a

entender que la presencia del clarificante si afecta en el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

En la tabla 24 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 24.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable °Brix en Miel B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	91,30	a
<b>T1</b>	90,40	b
<b>T3</b>	88,57	c
<b>T4</b>	85,20	d
<b>T5</b>	82,27	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 24) para la variable sólidos solubles (°Brix), se puede apreciar que el T2 (100% octapol), presenta la mayor cantidad de sólidos solubles totales, que al compararlo con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos significativa.

Realizando una comparación con la muestra se puede concluir que partiendo de 81,70 °Brix de 81,70, los sólidos solubles en los filtrados aumentan hasta 91,30 °Brix. Esto nos da a entender que la presencia del clarificante si afecta en el contenido de sólidos solubles presentes en la muestra.

#### **4.2.2. ANÁLISIS DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

Para la medición de esta variable se utilizó un pH-metro de marca HACH HQ40d los resultados obtenidos en las distintas muestras se muestran en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Potencial Hidrógeno (pH) obtenido en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado.

<b>MUESTRAS TRATAMIENTOS</b>	<b>JUGO PRIMARIO</b>	<b>JUGO MIXTO</b>	<b>JUGO CLARO</b>	<b>MASA COCIDA A</b>	<b>MASA COCIDA B</b>	<b>MASA COCIDA C</b>	<b>MIEL A</b>	<b>MIEL B</b>
<b>T1.</b> Octapol. (100% octapol)	6,92	6,90	7,68	7,42	7,96	7,75	7,92	7,80
<b>T2.</b> Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite)	6,73	6,86	7,72	7,46	7,75	7,63	7,82	7,73
<b>T3.</b> Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)	6,34	6,77	7,67	7,51	7,52	7,46	7,55	7,68
<b>T4.</b> Mezcla 3. (25% octapol + 75% celite)	6,22	5,87	7,51	7,39	7,47	6,47	7,47	7,65
<b>T5.</b> Celite. (100% celite)	5,30	5,31	7,01	6,96	6,64	6,40	7,08	6,68

El análisis de la varianza indica una alta significación en los tratamientos, por lo que se procede a realizar pruebas de significación Tukey.

En el Anexo 2 se indica los análisis de la varianza de la variable Potencial de Hidrógeno (pH) de las diferentes muestras.

En la tabla 26 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Primario de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 26.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Potencial Hidrógeno (pH) de Jugo Primario.

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	6,92	a
<b>T2</b>	6,73	b
<b>T3</b>	6,34	c
<b>T4</b>	6,22	d
<b>T5</b>	5,30	e

En la prueba de significación de Tukey para la variable pH (tabla 26), se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta un pH de 6.92, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos.

La muestra presenta un pH de 5.22 mientras que en los filtrados se observa que su pH aumenta de acuerdo a la cantidad de clarificante administrado en cada uno de los tratamientos; donde se observa que el tratamiento con 100% octapol presenta un mayor pH que es de 6.92, lo cual demuestra que la sustitución del octapol si afecta la variable en estudio.

En la tabla 27 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Mixto de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 27.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Mixto

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	6,90	a
<b>T2</b>	6,86	b
<b>T3</b>	6,77	c
<b>T4</b>	5,87	d
<b>T5</b>	5,31	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 27) para la variable pH, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta un pH de 6,90, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos.

La muestra presenta un pH de 5,22 mientras que en los filtrados se observa que su pH aumenta de acuerdo a la cantidad de clarificante administrado en cada uno de los tratamientos; donde se verifica que el tratamiento con 100% octapol presenta un mayor pH que es de 6,90.

En la tabla 28 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Claro de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 28.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Claro

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	7,72	a
<b>T1</b>	7,68	b
<b>T3</b>	7,67	b
<b>T4</b>	7,51	d
<b>T5</b>	7,01	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 28) para la variable pH, se puede apreciar que el T2 (75% octapol-25% celite), presenta un pH de 7.72, mientras tanto que T1 (100% octapol) y T3 (50% octapol y 50% celite), no existe una diferencia significativa.

La muestra presenta un pH de 6,98 mientras que en los filtrados se observa que su pH aumenta de acuerdo a la cantidad de clarificante administrado en cada uno de los tratamientos; donde se observa que el tratamiento con T2 (75% octapól- 25% celite) presenta un mayor pH que es de 7,72.

En la tabla 29 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 29.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T3</b>	7,51	a
<b>T2</b>	7,46	b
<b>T1</b>	7,42	c
<b>T4</b>	7,39	d
<b>T5</b>	6,96	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 29) para la variable pH, se puede apreciar que el T3 (50% octapól – 50% celite), presenta un pH de 7,51, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos.

La muestra presenta un pH de 7,08 mientras que en los filtrados se observa que el pH aumenta a excepción de T5 (100% celite) que presenta un pH de 6,96 que es menor al de la muestra; mientras que T3 (50% octapól – 50% celite) presenta un mayor pH entre los filtrados que es de 7,51.

En la tabla 30 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 30.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	7,96	a
<b>T2</b>	7,75	b
<b>T3</b>	7,52	c
<b>T4</b>	7,47	d
<b>T5</b>	6,64	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 30) para la variable pH, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta un pH de 7,96, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos

La muestra presenta un pH de 6,6 mientras que en los filtrados se observa que su pH aumenta de acuerdo a la cantidad de clarificante administrado en cada uno de los tratamientos; donde se verifica que el tratamiento con 100% octapol presenta un mayor pH que es de 7,96.

En la tabla 31 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida C de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 31.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida C

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	7,75	a
<b>T2</b>	7,63	b
<b>T3</b>	7,46	c
<b>T4</b>	6,47	d
<b>T5</b>	6,40	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 31) para la variable pH, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta un pH de 7,75, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos.

La muestra presenta un pH de 6,42 mientras que en los filtrados se observa que su pH aumenta de acuerdo a la cantidad de clarificante administrado en cada uno de los tratamientos; donde se observa que el tratamiento con 100% octapol presenta un mayor pH que es de 7,75.

En la tabla 32 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 32.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Miel A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	7,92	a
<b>T2</b>	7,82	b
<b>T3</b>	7,55	c
<b>T4</b>	7,47	d
<b>T5</b>	7,08	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 32) para la variable pH, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta un pH de 7,92, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos

La muestra presenta un pH de 7,04 mientras que en los filtrados se observa que su pH aumenta de acuerdo a la cantidad de clarificante administrado en cada uno de los tratamientos; donde se distingue que el tratamiento con 100% octapol presenta un mayor pH que es de 7,92.

En la tabla 33 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 33.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Miel B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T3</b>	7,80	a
<b>T2</b>	7,73	b
<b>T1</b>	7,68	c
<b>T4</b>	7,65	d
<b>T5</b>	6,68	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 33) para la variable pH, se puede apreciar que el T3 (50% octapol – 50% celite), presenta un pH de 7,80, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos.

La muestra presenta un pH de 6,65 mientras que en los filtrados se observa que T3 (50% octapol – 50% celite) presenta 7,80 de pH, que es el pH más elevado; mientras que T5 (100% celite) es el tratamiento que presenta el menor valor de pH con 6,68.

### 4.2.3. ANÁLISIS DE TURBIDEZ

Se evaluó con un turbidímetro de marca HACH 2100Q, con la finalidad de determinar la cantidad de sólidos disueltos, cuya medida se expresa en unidades Nefelométricas (NTU). En la tabla 34 se muestran los valores que se obtuvieron en este análisis.

**Tabla 34.** Turbidez (NTU) obtenida en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado.

MUESTRAS TRATAMIENTOS	JUGO PRIMARIO	JUGO MIXTO	JUGO CLARO	MASA COCIDA A	MASA COCIDA B	MASA COCIDA C	MIEL A	MIEL B
T1. Octapol. (100% octapol)	5,21	3,01	2,52	2,04	3,24	3,75	0,28	1,08
T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite)	8,90	3,21	3,17	0,99	9,09	2,95	2,40	4,45
T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)	11,6	11,1	7,77	1,06	12,51	13,97	2,58	40,71
T4. Mezcla 3. (25% octapol + 75% celite)	31,41	69,90	19,11	1,60	24,30	141,72	6,50	71,60
T5. Celite. (100% celite)	75,50	177,00	56,30	63,70	131,00	146,07	66,91	185,00

El análisis de la varianza indica una alta significación en los tratamientos, por lo que se procede a realizar pruebas de significación Tukey.

En el Anexo 3 se indica los análisis de la varianza de la variable Turbidez de las diferentes muestras.

En la tabla 35 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Primario de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 35.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable turbidez de Jugo Primario.

Trat.	Medias	Rangos
T5	75,50	a
T4	31,41	b
T3	11,6	c
T2	8,90	d
T1	5,21	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 35) para la variable turbidez, se puede apreciar que el T5 (100% celite), presenta una turbidez de 75,50 NTU, el cual presenta una mayor turbidez comparado para los demás tratamientos.

El tratamiento T5 (100% celite) presenta una turbidez de 75,50 NTU, que significa que es un filtrado oscuro, por lo cual no se obtuvo una lectura en el polarímetro. Con el tratamiento T4 (25% octapol – 75% celite) se logró obtener una lectura en el polarímetro, por tanto se puede inferir que a niveles de turbidez menores a 30 NTU puede obtenerse una clarificación efectiva.

En la tabla 36 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Mixto de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 36.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Turbidez en Jugo Mixto

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T5</b>	177,00	a
<b>T4</b>	69,90	b
<b>T3</b>	11,10	c
<b>T2</b>	3,21	d
<b>T1</b>	3,01	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 36) para la variable turbidez, se puede apreciar que el T5 (100% celite), presenta una turbidez de 177 NTU, el cual presenta una mayor turbidez comparado para los demás tratamientos.

El tratamiento T5 (100% celite) presenta una turbidez de 177 NTU que significa que es un filtrado oscuro, por lo cual no permitió la lectura en el polarímetro. Para tener una lectura en el polarímetro en el caso de jugo mixto la turbidez debe ser menor de 69,90 NTU, que es el valor obtenido con el tratamiento T4 (25% octapol – 75% celite).

En la tabla 37 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Claro de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 37.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Turbidez en Jugo Claro

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T5</b>	56,30	a
<b>T4</b>	19,11	b
<b>T3</b>	7,77	c
<b>T2</b>	3,17	d
<b>T1</b>	3,52	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 37) para la variable turbidez, se puede apreciar que el T5 (100% celite), presenta una turbidez de 56.30 NTU, el cual presenta una mayor turbidez comparado para los demás tratamientos.

El tratamiento T5 (100% celite) presenta una turbidez de 56.30 NTU que significa que es un filtrado oscuro, por lo cual no se obtuvo una lectura polarimétrica del filtrado. El tratamiento T4 (25% octapol – 75% celite) tiene una turbiedad de 19,11 NTU, para tener una lectura en el polarímetro, el filtrado debe tener una turbiedad menor de 19,11 NTU.

En la tabla 38 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 38.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Masa Cocida A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T5</b>	63,70	a
<b>T4</b>	2,04	b
<b>T3</b>	1,60	c
<b>T2</b>	1,06	d
<b>T1</b>	0,99	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 38), se puede apreciar que el T5 (100% celite), presenta una turbidez de 63,70 NTU, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos, lo que nos quiere decir que es el peor tratamiento ya que presenta una turbiedad demasiado alta.

El tratamiento T5 (100% celite) presenta una turbidez de 63,70 NTU que significa que es un filtrado oscuro, por lo cual no se puede registrar una la lectura en el polarímetro. En el caso de masa cocida A para tener una lectura polarimétrica el filtrado debe tener una lectura menor a T4 (25% octapol – 75% celite), es decir que debe registrar un valor menor a 2,04 NTU.

En la tabla 39 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 39.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Masa Cocida B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T5</b>	131,00	a
<b>T4</b>	24,30	b
<b>T3</b>	12,51	c
<b>T2</b>	9,09	d
<b>T1</b>	3,24	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 39) se puede apreciar que el T5 (100% celite), presenta una turbidez de 131,00 NTU, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos, lo que nos quiere decir que es el peor tratamiento ya que presenta una turbiedad demasiada alta.

El tratamiento T5 (100% celite) presenta una turbidez de 131 NTU que significa que es un filtrado oscuro, por lo que no se puede obtener una lectura en el polarímetro. Las lecturas polarimétricas se obtienen en filtrados con turbiedad menor a 24,30.

En la tabla 40 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida C de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 40.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Masa Cocida C

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T5</b>	146,07	a
<b>T4</b>	141,72	b
<b>T3</b>	13,97	c
<b>T1</b>	3,75	d
<b>T2</b>	2,95	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 40) se observa que el T5 (100% celite), presenta una turbidez de 146,07 NTU, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos, lo que nos quiere decir que es el peor tratamiento ya que presenta una turbiedad demasiada alta.

El tratamiento T5 (100% celite) presenta una turbidez de 146,07 NTU que significa que es un filtrado oscuro, por la cual no se obtiene una la lectura en el polarímetro. Por lo tanto para tener una lectura en el polarímetro en el caso de masa cocida C la turbidez

debe tener un valor menor de 13,97 NTU turbiedad registrada en T3 (50% octapol – 50% celite).

En la tabla 41 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 41.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Miel A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T5</b>	66,91	a
<b>T4</b>	6,50	b
<b>T3</b>	2,58	c
<b>T2</b>	2,40	d
<b>T1</b>	0,28	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 41) se puede apreciar que el T5 (100% celite), presenta una turbidez de 66,91 NTU, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos, lo que nos quiere decir que es el peor tratamiento ya que presenta una turbiedad demasiado alta.

El tratamiento T5 (100% celite) presenta una turbidez de 66,91 NTU que significa que es un filtrado oscuro, el cual no permitió la lectura en el polarímetro. Por lo tanto para tener una lectura polarimétrica en el caso de miel A la turbidez debe tener un valor menor a T4 (25% octapol – 75% celite) que es de 6,50 NTU.

En la tabla 42 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 42.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Turbidez en Miel B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T5</b>	185,00	a
<b>T4</b>	71,60	b
<b>T3</b>	40,71	c
<b>T2</b>	4,45	d
<b>T1</b>	1,08	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 42) se puede apreciar que el T5 (100% celite), presenta una turbidez de 185,00 NTU, el cual es mayor comparado para los demás tratamientos, lo que nos quiere decir que es el peor tratamiento ya que presenta una turbiedad demasiada alta.

El tratamiento T5 (100% celite) presenta una turbidez de 185 NTU que significa que es un filtrado oscuro, por la cual no se obtuvo una la lectura en el polarímetro. Para obtener una lectura polarimétrica el filtrado debe presentar una turbiedad menor a T3 (50% octapol – 50% celite) que presenta una valor de 40,71 NTU.

#### 4.2.4. ANÁLISIS DE AZÚCARES REDUCTORES

El análisis de azúcares reductores se realizó por medio del método de Lane and Eynon el cual nos indica la cantidad de azúcares invertidos de sacarosa. La tabla 43 indica los valores que se obtuvo en esta variable.

**Tabla 43.** Azúcares Reductores (%) obtenidos en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado.

MUESTRAS TRATAMIENTOS	JUGO PRIMARIO	JUGO MIXTO	JUGO CLARO	MASA COCIDA A	MASA COCIDA B	MASA COCIDA C	MIEL A	MIEL B
T1. Octapol. (100% octapol)	0,61	0,49	0,60	0,24	0,56	0,40	0,32	0,59
T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite)	0,54	0,43	0,63	0,24	0,57	0,53	0,32	0,56
T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)	0,51	0,38	0,43	0,25	0,60	0,57	0,36	0,51
T4. Mezcla 3. (25% octapol + 75% celite)	0,48	0,34	0,31	0,22	0,52	0,64	0,34	0,52
T5. Celite. (100% celite)	0,46	0,30	0,43	0,19	0,50	0,82	0,31	0,37

El análisis de la varianza indica una alta significación en los tratamientos, por lo que se procede a realizar pruebas de significación Tukey.

En el Anexo 4 se indica los análisis de la varianza de la variable Azúcares Reductores de las diferentes muestras.

En la tabla 44 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Primario de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 44.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable azúcares reductores de Jugo Primario.

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	0,61	a
<b>T2</b>	0,54	b
<b>T3</b>	0,51	b
<b>T4</b>	0,48	c
<b>T5</b>	0,46	c

En la prueba de significación de Tukey (tabla 44) para la variable azúcares reductores, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta un 0,61% de azúcares reductores, mientras que el resto de tratamientos no presenta una variación tan significativa.

La muestra original presenta un 0,68% de composición en azúcares reductores. Al ser comparada con la composición obtenida en los filtrados, se logró verificar que en todos los casos esta composición disminuyó, siendo el tratamiento con menor porcentaje de azúcares reductores, el tratamiento T5 (100% celite) con un porcentaje de 0,46% de azúcares reductores.

En la tabla 45 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Mixto de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 45.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable azúcares reductores en Jugo Mixto

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	0,49	a
<b>T2</b>	0,43	b
<b>T3</b>	0,38	c
<b>T4</b>	0,34	d
<b>T5</b>	0,30	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 45) para la variable azúcares reductores, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta un 0,49% de azúcares reductores, mientras que el resto de tratamientos no presenta una variación tan significativa.

La muestra original presenta un 0,44% de composición en azúcares reductores. Al ser comparada con la composición obtenida en los filtrados, se logró verificar que T2, T3, T4 y T5 presentan un porcentaje menor al de la muestra original; en cambio T1 (100%

octapol) presenta una mayor cantidad de azúcares reductores en su composición con un porcentaje de 0,49 % de azúcares reductores.

En la tabla 46 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Claro de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 46.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Jugo Claro

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T2</b>	0,63	a
<b>T1</b>	0,60	a
<b>T3</b>	0,43	b
<b>T5</b>	0,43	b
<b>T4</b>	0,31	c

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 46) para la variable azúcares reductores, se puede apreciar que el T2 (75% octapol-25% celite) y el T1 (100% octapol), presenta un 0,63% y 0,60% respectivamente de azúcares reductores, mientras que el T3 (50% octapol- 50% celite) y T5 (100% celite) tienen 0,43% de azúcares reductores.

La muestra original presenta 0,54% de azúcares reductores en su composición. Al ser comparada con la composición obtenida en los filtrados, se observó que los filtrados T2, T1 presentan un porcentaje mayor de azúcares reductores; teniendo 0,63% de azúcares reductores en T2 (75% octapol-25% celite) y 0,60% en T1 (100% octapol). Con los filtrados de los tratamientos T3, T5, T4, se registra un porcentaje menor de azúcares reductores en su composición que la muestra original.

En la tabla 47 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 47.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Masa Cocida A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T3</b>	0,25	a
<b>T1</b>	0,24	b
<b>T2</b>	0,24	b
<b>T4</b>	0,22	c
<b>T5</b>	0,19	d

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 47) para la variable azúcares reductores, se puede apreciar que el T3 (50% octapol – 50% celite), presenta un 0,25% de azúcares reductores, mientras que el resto de tratamientos no presenta una variación tan significativa.

La muestra original de masa cocida A presenta 0,22% de azúcares reductores en su composición. Al ser comparada con los filtrados de los diferentes tratamientos se observó que el filtrado T5 (100% celite) presenta un porcentaje menor de azúcares reductores con el 0,19%; teniendo 0,25% de azúcares reductores en T3 (50% octapol - 50% celite) que es el filtrado que en su composición presenta el mayor porcentaje de azúcares reductores e incluso más que la muestra original.

En la tabla 48 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 48.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Masa Cocida B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T3</b>	0,60	a
<b>T2</b>	0,57	b
<b>T1</b>	0,56	b
<b>T4</b>	0,52	c
<b>T5</b>	0,50	e

En la prueba de significación de Tukey (tabla 48) para la variable azúcares reductores, se puede apreciar que el T3 (50% octapol – 50% celite), presenta un 0,60% de azúcares reductores, mientras que el resto de tratamientos no presenta una variación tan significativa.

La muestra original presenta 0,61% de azúcares reductores en su composición; al ser comparada con los tratamientos se observó que los filtrados presentan un porcentaje menor de azúcares reductores; teniendo 0,60% de azúcares reductores en T3 (50% octapol – 50% celite); comparando los tratamientos entre sí T5 (100% celite) es el filtrado que posee el menor porcentaje de azúcares reductores en su composición con un 0,50%.

En la tabla 49 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida C de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 49.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azucares Reductores en Masa Cocida C

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T5</b>	0,82	a
<b>T4</b>	0,64	b
<b>T3</b>	0,57	c
<b>T2</b>	0,53	d
<b>T1</b>	0,40	c

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 49) para la variable azucares reductores, se puede apreciar que el T5 (100% celite), presenta un 0,82% de azucares reductores, mientras que el resto de tratamientos presenta una variación significativa.

La muestra original de masa cocida C presenta 0,57% de azucares reductores en su composición. Al ser comparada con la composición de los filtrados de los diferentes tratamientos se observó que el filtrado de T5 (100% celite) y T4 (25% octapol – 75% celite) presentan el mayor porcentaje de azucares reductores; teniendo 0,82% de azucares reductores en la composición de T5 (100% celite); analizando los rangos también se observa que los tratamientos con mayor cantidad de octapol presentan un menor porcentaje de azucares reductores.

En la tabla 50 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 50.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azucares Reductores en Miel A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T3</b>	0,36	a
<b>T4</b>	0,34	b
<b>T1</b>	0,32	c
<b>T2</b>	0,32	c
<b>T5</b>	0,31	d

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 50) para la variable azúcares reductores, se puede apreciar que el T3 (50% octapol – 50% celite), presenta un 0.36% de azúcares reductores, mientras que el resto de tratamientos no presenta una variación tan significativa.

La muestra original de miel A presenta 0,32% de azúcares reductores en su composición. Al ser comparada con la composición de los filtrados de los diferentes tratamientos se observó que el filtrado de T3 (50% octapol – 50% celite) contiene un mayor porcentaje de azúcares reductores; conteniendo 0,36% de azúcares reductores en su composición; mientras tanto que T5 (100% celite) presenta 0,31% de azúcares reductores que es el valor más bajo entre los tratamientos.

En la tabla 51 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 51.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Azúcares Reductores en Miel B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	0,59	a
<b>T2</b>	0,56	b
<b>T3</b>	0,51	c
<b>T4</b>	0,52	c
<b>T5</b>	0,37	d

En la prueba de significación de Tukey (51) para la variable azúcares reductores, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta un 0,59% de azúcares reductores, mientras que el resto de tratamientos presenta una variación significativa.

La muestra original presenta 0,56% de azúcares reductores en su composición. Al ser comparada con los filtrados de los diferentes tratamientos se observó que los filtrados de los tratamientos T3, T4 y T5 presentan un menor porcentaje de azúcares reductores que la muestra original, T1 (100% octapol) en cambio posee 0,59% de azúcares reductores en su composición que es el porcentaje más alto entre los tratamientos.

#### 4.2.5. ANÁLISIS DE CENIZAS

El análisis de la variable cenizas se realizó a través del método ICUMSA GS2/3-17 (2002), el cual nos da a conocer la cantidad de cenizas presentes en la composición de cada uno de los filtrados de los diferentes tratamientos.

En la tabla 52 se muestra el porcentaje de cenizas presentes en la composición de los diferentes filtrados.

**Tabla 52.** Porcentaje de Cenizas obtenidas en cada muestra de estudio por cada tratamiento aplicado.

MUESTRAS TRATAMIENTOS	JUGO PRIMARIO	JUGO MIXTO	JUGO CLARO	MASA COCIDA A	MASA COCIDA B	MASA COCIDA C	MIEL A	MIEL B
T1. Octapol. (100% octapol)	2,40	2,46	2,67	1,08	2,07	2,35	2,10	2,83
T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite)	1,92	1,89	2,00	0,92	1,78	1,74	1,95	2,22
T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)	1,53	1,54	1,64	0,70	1,43	1,54	1,41	2,02
T4. Mezcla 3. (25% octapol + 75% celite)	0,99	1,09	0,99	0,99	1,02	1,10	0,95	1,49
T5. Celite. (100% celite)	0,66	0,63	0,62	0,58	0,69	0,96	0,99	1,07

El análisis de la varianza indica una alta significación en los tratamientos, por lo que se procede a realizar pruebas de significación Tukey.

En el Anexo 5 se indica los análisis de la varianza de la variable cenizas de las diferentes muestras.

En la tabla 53 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Primario de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 53.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable cenizas de Jugo Primario.

Trat.	Medias	Rangos
T1	2,40	a
T2	1,92	b
T3	1,53	c
T4	0,99	d
T5	0,66	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 53) para la variable cenizas, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 2,40% de cenizas, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación significativa.

La muestra original de jugo primario contiene 0,64% de cenizas. Al ser comparada con el porcentaje de cenizas encontradas en los diferentes tratamientos se observó que los filtrados contienen una mayor concentración de cenizas en su composición; teniendo 2,40% de cenizas en T1 (100% Octapol) siendo el filtrado con mayor contenido de cenizas; analizando los rangos también se observa que los tratamientos con menor cantidad de octapol presentan un menor porcentaje de cenizas.

En la tabla 54 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Mixto de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 54.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable cenizas en Jugo Mixto

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	2,46	a
<b>T2</b>	1,89	b
<b>T3</b>	1,54	c
<b>T4</b>	1,09	d
<b>T5</b>	0,63	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 54) para la variable cenizas, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 2,46% de cenizas, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación tan significativa.

La muestra original analizada de jugo mixto presenta 0,62% de cenizas. Al ser comparada con los diferentes tratamientos se encontró que los filtrados de cada uno de los tratamientos contienen un mayor porcentaje de cenizas en su composición; el tratamiento T1 (100% octapol) contiene el mayor porcentaje de cenizas en su composición con un 2,46%; analizando los rangos también se observa que los tratamientos con menor cantidad de octapol presentan un menor porcentaje de cenizas.

En la tabla 55 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Claro de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 55.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable cenizas en Jugo Claro

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	2,67	a
<b>T2</b>	2,00	b
<b>T3</b>	1,64	c
<b>T4</b>	0,99	d
<b>T5</b>	0,62	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 55) para la variable cenizas, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 2,67% de cenizas, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación tan significativa.

La muestra de jugo claro analizada contiene 0,64% de cenizas. Al ser comparada con los tratamientos se observó que los filtrados presentan una mayor concentración de cenizas en su composición; teniendo 2,67% de cenizas en T1 (100% Octapol) siendo el porcentaje más alto entre los filtrados; analizando los rangos también se verifica que los tratamientos con menor cantidad de octapol presentan un menor porcentaje de cenizas.

En la tabla 56 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 56.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Masa Cocida A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	1,08	A
<b>T4</b>	0,99	B
<b>T2</b>	0,92	C
<b>T3</b>	0,70	D
<b>T5</b>	0,58	E

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 56) para el análisis de la variable cenizas, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 1,08% de cenizas, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación no tan significativa.

La muestra original de masa cocida A esta compuesta por 0,61% de cenizas. Al ser comparada con los diferentes tratamientos se observa que los filtrados de los

tratamientos T1 (100% octapol), T4 (25% octapol – 75% celite), T2 (75% octapol – 25% celite) y T3 (50% octapol – 50% celite) contienen mayor cantidad de cenizas en su composición que la muestra analizada; siendo así que el tratamiento T1 con 1,08% de cenizas es el filtrado con el mayor contenido de cenizas en su composición.

En la tabla 57 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 57.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Masa Cocida B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	2,07	a
<b>T2</b>	1,78	b
<b>T3</b>	1,43	c
<b>T4</b>	1,02	d
<b>T5</b>	0,69	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 57) para la variable cenizas, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 2,07% de cenizas, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación tan significativa.

La masa cocida B analizada está compuesta por 0,70% de cenizas. Al ser comparada con los diferentes tratamientos se observa que los filtrados de los tratamientos T1 (100% octapol), T2 (75% octapol – 25% celite), T3 (50% octapol – 50% celite) y T4 (25% octapol – 75% celite), contienen mayor cantidad de cenizas en su composición que la muestra analizada; siendo así que el tratamiento T1 con 2,07% de cenizas es el filtrado con el mayor contenido de cenizas en su composición. Analizando los rangos también se puede determinar que los tratamientos con menor cantidad de octapol presentan un menor porcentaje de cenizas.

En la tabla 58 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida C de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 58.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Masa Cocida C

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	2,35	a
<b>T2</b>	1,74	b
<b>T3</b>	1,54	c
<b>T4</b>	1,10	d
<b>T5</b>	0,96	e

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 58) para la variable cenizas, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 2,35% de cenizas, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación.

En la muestra de masa cocida C analizada se observa que contiene un 0,97% de cenizas en su composición. Al ser comparada con los diferentes tratamientos se observa que el tratamiento T1 con 2,35% de cenizas es el filtrado con el mayor contenido de cenizas en su composición. Analizando los rangos también se puede determinar que los tratamientos con menor cantidad de octapol presentan un menor porcentaje de cenizas.

En la tabla 59 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 59.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Miel A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	2,10	a
<b>T2</b>	1,95	B
<b>T3</b>	1,41	C
<b>T4</b>	0,99	D
<b>T5</b>	0,95	E

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 59) para la variable cenizas, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 2,10% de cenizas, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación tan significativa.

La muestra original analizada presenta 1% de cenizas en su composición. Al ser comparada con los tratamientos se observó que los filtrados de los tratamientos T1, T2 y T3 contienen una mayor concentración de cenizas que la muestra original; teniendo

2,10% de cenizas en T1 (100% Octapol) que es el porcentaje de mayor cantidad entre los tratamientos; analizando los rangos también se observa que los tratamientos con menor cantidad de octapol presentan un menor porcentaje de cenizas.

En la tabla 60 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 60.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Cenizas en Miel B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	2,83	A
<b>T2</b>	2,22	B
<b>T3</b>	2,02	C
<b>T4</b>	1,49	D
<b>T5</b>	1,07	E

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 60) para la variable cenizas, se puede apreciar que el T1 (100% octapol), presenta 2,83% de cenizas, mientras que el resto de tratamientos también presentan una variación tan significativa.

La muestra de miel B analizada presenta 1,03% de cenizas. Al ser comparada con el contenido de cenizas presentes en los diferentes tratamientos se observó que los filtrados presentan una mayor concentración de cenizas; teniendo que T1 (100% Octapol) con 2,83% de cenizas es el tratamiento con mayor porcentaje de cenizas en su composición. Analizando los rangos también se observa que los tratamientos con menor cantidad de octapol presentan un menor porcentaje de cenizas.

#### 4.3. EFICIENCIA DE LOS CLARIFICANTES

Para determinar la eficiencia de los clarificantes se analizó las variables de polarimetría (pol) y pureza. Los tratamientos que se analizaron fueron: T1. Octapol. (100% octapol); T2. Mezcla 1. (75% octapol + 25% celite); T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite); T4. Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite); T5. Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite); T6. Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite); T7. Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite).

### 4.3.1. ANÁLISIS DE POLARIMETRÍA (POL)

En esta variable se observó que en los tratamientos T4 (25% octapol – 75% celite) y T5 (100% celite) no obtuvieron ningún valor de pol, debido a que sus filtrados son demasiado oscuros y no permiten el paso de la luz para obtener una lectura del polarímetro. Esto sucedió en las muestras de Jugo Primario, Jugo Mixto, Jugo Claro, Masa Cocida A, Masa Cocida B y Miel A; por lo tanto se procedió a realizar nuevos porcentajes de mezclas, teniendo así nuevos tratamientos: T1 (100% Octapol); T2 (75% Octapol – 25% Celite); T3 (50% Octapol – 50% Celite); T4 (45% Octapol – 55% Celite); T5 (40% Octapol – 60% Celite); T6 (35% Octapol – 65% Celite); T7 (30% Octapol – 70% Celite).

En las muestras de Masa Cocida C y Miel B solo se obtuvo datos hasta T2 (75% Octapol – 25% Celite). La tabla 61 se muestra los valores que se obtuvo en esta variable.

Tabla 61. Análisis de la variable Polarimetría (°Z)

MUESTRAS TRATAMIENTOS	JUGO PRIMARIO	JUGO MIXTO	JUGO CLARO	MASA COCIDA A	MASA COCIDA B	MASA COCIDA C	MIEL A	MIEL B
T1. Octapol. (100% octapol)	16,48	16,81	15,30	78,21	66,89	55,81	54,72	41,46
T2. Mezcla 1. (75% octapol+ 25% celite)	16,51	16,87	15,15	78,82	67,01	56,05	55,38	41,57
T3. Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)	16,62	16,94	15,31	78,53	67,19	-	55,70	-
T4. Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite)	16,95	17,39	15,34	79,99	66,58	-	58,59	-
T5. Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite)	16,99	17,42	15,35	79,71	66,83	-	58,47	-
T6. Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite)	17,03	17,44	15,42	79,52	66,70	-	58,62	-
T7. Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite)	17,13	17,47	15,44	79,33	67,28	-	58,50	-

El análisis de la varianza indica una alta significación en los tratamientos, por lo que se procede a realizar pruebas de significación Tukey.

En el Anexo 6 se indica los análisis de la varianza de la variable Polarimetría (°Z) de las diferentes muestras.

En la tabla 62 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Primario de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 62.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pol de Jugo Primario.

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7</b>	17,13	a
<b>T6</b>	17,03	b
<b>T5</b>	16,99	c
<b>T4</b>	16,95	d
<b>T3</b>	16,62	e
<b>T2</b>	16,51	f
<b>T1</b>	16,48	g

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 62) para la variable Pol, se puede apreciar que el T7 (30% octapol-70% celite), presenta la mayor lectura de Pol, comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos pero no tan significativa.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la lectura de pol en jugo primario debe estar en un rango de 15.73-17.21, se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

Por lo tanto en el caso de jugo primario el mejor tratamiento es T7 (30% octapol-70% celite), ya que es el tratamiento de menor costo y nos dan una lectura que se encuentra dentro del rango permitido por los parámetros del Ingenio Azucarero del Norte.

En la tabla 63 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Mixto de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 63.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pol de Jugo Mixto.

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7</b>	17,47	a
<b>T6</b>	17,44	b
<b>T5</b>	17,42	b
<b>T4</b>	17,39	c
<b>T3</b>	16,94	d
<b>T2</b>	16,87	e
<b>T1</b>	16,81	f

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 63) para la variable Pol, se puede apreciar que el T7 (30% octapol-70% celite), presenta la mayor lectura de Pol,

comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos pero no tan significativa.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la lectura de pol en jugo mixto debe estar en un rango de 16.25-17.59. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 64 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Claro de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 64.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pol en Jugo Claro

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7</b>	15.44	a
<b>T6</b>	15.42	a
<b>T5</b>	15.35	b
<b>T4</b>	15.34	b
<b>T3</b>	15.31	c
<b>T2</b>	15.30	c
<b>T1</b>	15.15	d

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 64) para la variable Pol, se puede apreciar que el T7 (30% octapol-70% celite) y el T6 (35% octapol-65% celite), presentan la mayor lectura de Pol, comparado con el T1 (100% octapol), que tiene una lectura baja de Pol.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la lectura de pol en jugo claro debe estar en un rango de 14.89-15.77. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 65 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 65.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Pol en Masa Cocida A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T4	79.99	a
T6	79.71	b
T5	79.52	c
T7	79.33	d
T2	78.22	e
T3	78.53	f
T1	78.21	g

En la prueba de significación de Tukey (tabla 65) para la variable Pol, se puede apreciar que el T4 (45% octapol-55% celite), presenta la mayor lectura de Pol cumpliendo con el rango establecido en el Ingenio Azucarero del Norte, siendo así el mejor tratamiento ya que es el de menor costo.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la lectura de pol en masa cocida A debe estar en un rango de 76.67-81.18. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 66 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 66.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Polen Masa Cocida B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T7	67.28	a
T3	67.19	a
T2	67.01	b
T1	66.89	b
T5	66.83	c
T6	66.70	c
T4	66.58	c

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 66) para la variable Pol, se puede apreciar que el T7 (30% octapol-70% celite), presenta la mayor lectura de Pol, comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos significativa.

Al momento de realizar el análisis de esta variable en la masa cocida C se observó que en el tratamiento T3 (50% octapol – 50% celite); T4 (25% octapol -75% Celite) y T5 (100% celite) no se obtuvo ningún dato.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la lectura de pol en masa cocida B debe estar en un rango de 63.98-73.12. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 67 muestra los datos obtenidos de la variable pol en Masa Cocida C.

**Tabla 67.** Datos de Pol en Masa Cocida C

<b>Trat/Rep</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	55,84	55,80	55,79
<b>T2</b>	56,02	56,09	56,05
<b>T3</b>	-	-	-
<b>T4</b>	-	-	-
<b>T5</b>	-	-	-

No se realiza ningún análisis de varianza por la escasas de datos; ya que los datos obtenidos corresponde solo corresponden a dos tratamientos que son: T1 (100% octapol) y T2 (75% octapol – 25% celite).

En la tabla 68 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 68.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Polen Miel A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T6</b>	58.62	a
<b>T4</b>	58.59	a
<b>T7</b>	58.50	b
<b>T5</b>	58.47	b
<b>T3</b>	55.70	c
<b>T2</b>	55.38	d
<b>T1</b>	54.72	g

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 68) para la variable Pol, se puede apreciar que el T6 (35% octapol-65% celite), presenta la mayor lectura de Pol, comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos no tan significativa.

Al momento de realizar el análisis de esta variable en la muestra miel B se observó que en el tratamiento T3 (50% octapol – 50% celite); T4 (25% octapol -75% Celite) y T5 (100% celite) no se obtuvo ningún dato.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la lectura de pol en miel A debe estar en un rango de 53.32-59.32. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 69 muestra los datos obtenidos de la variable pol en Miel B

**Tabla 69.** Datos Pol en Miel B

<b>Trat/Rep</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	41,46	41,47	41,46
<b>T2</b>	41,56	41,58	41,56
<b>T3</b>	-	-	-
<b>T4</b>	-	-	-
<b>T5</b>	-	-	-

No se realiza ningún análisis de varianza por la escasas de datos; ya que los datos obtenidos corresponde solo corresponden a dos tratamientos que son: T1 (100% octapol) y T2 (75% octapol – 25% celite).

#### **4.3.2. ANÁLISIS DE PUREZA**

En esta variable se observó que en los tratamientos T4 (25% octapol – 75% celite) y T5 (100% celite) no se obtuvo ningún valor de pol, por lo que no se pudo obtener un dato de pureza, debido a que esta variable es la relación entre pol y °Brix; esto sucedió en las muestras de Jugo Primario, Jugo Mixto, Jugo Claro, Masa Cocida A, Masa Cocida B y Miel A; por lo tanto se procedió a realizar nuevos porcentajes de mezclas, teniendo así nuevos tratamientos: T1 (100% Octapol); T2 (75% Octapol – 25% Celite); T3 (50%

Octapol – 50% Celite); T4 (45% Octapol – 55% Celite); T5 (40% Octapol – 60% Celite); T6 (35% Octapol – 65% Celite); T7 (30% Octapol – 70% Celite).

En las muestras de Masa Cocida C y Miel B solo se obtuvo datos hasta T2 (75% Octapol – 25% Celite). La tabla 70 se muestra los valores que se obtuvo en esta variable.

**Tabla 70.** Análisis de la variable Pureza

<b>MUESTRAS TRATAMIENTOS</b>	<b>JUGO PRIMARIO</b>	<b>JUGO MIXTO</b>	<b>JUGO CLARO</b>	<b>MASA COCIDA A</b>	<b>MASA COCIDA B</b>	<b>MASA COCIDA C</b>	<b>MIEL A</b>	<b>MIEL B</b>
<b>T1.</b> Octapol. (100% octapol)	89,01	87,90	87,00	86,70	73,18	61,73	72,86	50,73
<b>T2.</b> Mezcla 1. (75% octapol+ 25% celite)	89,20	88,21	86,15	87,38	73,32	61,95	73,75	50,88
<b>T3.</b> Mezcla 2. (50% octapol+ 50% celite)	89,79	88,62	87,04	87,06	73,51	-	74,16	-
<b>T4.</b> Mezcla 3. (45% octapol+ 55% celite)	91,59	90,97	87,19	88,68	72,84	-	78,02	-
<b>T5.</b> Mezcla 4. (40% octapol+ 60% celite)	91,81	91,13	87,28	88,37	73,12	-	77,85	-
<b>T6.</b> Mezcla 5. (35% octapol+ 65% celite)	92,00	91,23	87,66	88,16	72,98	-	78,06	-
<b>T7.</b> Mezcla 6. (30% octapol + 70% celite)	92,54	91,35	87,80	87,95	73,61	-	77,90	-

El análisis de la varianza indica una alta significación en los tratamientos, por lo que se procede a realizar pruebas de significación Tukey.

En el Anexo 7 se indica los análisis de la varianza de la variable Pureza de las diferentes muestras.

En la tabla 71 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Primario de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 71.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pureza de Jugo Primario.

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7</b>	92.51	a
<b>T6</b>	92.00	b
<b>T5</b>	91.81	c
<b>T4</b>	91.59	d
<b>T3</b>	89,79	e
<b>T2</b>	89,19	f
<b>T1</b>	89,01	g

En la prueba de significación de Tukey para la variable pureza (Tabla 71), se puede apreciar que el T7 (30% octapol-70% celite), presenta la mayor cantidad de pureza, comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos pero no tan significativa.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la pureza del jugo primario debe estar en un rango de 85-93. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 72 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Mixto de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 72.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pureza de Jugo Mixto.

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7</b>	91.35	a
<b>T6</b>	91.23	b
<b>T5</b>	91.13	b
<b>T4</b>	90.97	c
<b>T3</b>	88.62	d
<b>T2</b>	88.21	e
<b>T1</b>	87.90	f

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 72) para la variable pureza, se puede apreciar que el T7 (30% octapol-70% celite), presenta la mayor cantidad de pureza, comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos pero no tan significativa.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la pureza del jugo mixto debe estar en un rango de 85-92. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 73 se indica los diferentes rangos encontrados en Jugo Claro de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 73.** Prueba Tukey para tratamientos en la variable Pureza en Jugo Claro

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T7	87.80	a
T6	87.66	a
T5	87.28	b
T4	87.19	b
T3	87.04	c
T1	87.00	c
T2	86.15	d

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 73) para la variable Pureza, se puede apreciar que el T7 (30% octapol-70% celite) y el T6 (35% octapol-65% celite), presentan la mayor cantidad de pureza, comparado con el T2 (75% octapol-25% celite), que tiene una baja cantidad de pureza.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la pureza del jugo claro debe estar en un rango de 85-90. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 74 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 74.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable pureza en Masa Cocida A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T4	88.68	a
T5	88.37	b
T6	88.16	c
T7	87.95	d
T2	87.38	e
T3	87.06	f
T1	86.71	g

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 74) para la variable pureza, se puede apreciar que el T4 (45% octapol-55% celite), presenta la mayor cantidad de pureza, comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la pureza de la masa cocida A debe estar en un rango de 85-90. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En la tabla 75 se indica los diferentes rangos encontrados en Masa Cocida B de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 75.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Pureza en Masa Cocida B

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T7</b>	73.61	a
<b>T3</b>	73.51	a
<b>T2</b>	73.32	b
<b>T1</b>	73.18	b
<b>T5</b>	73.12	c
<b>T6</b>	72.98	c
<b>T4</b>	72.85	c

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 75) para la variable pureza, se puede apreciar que el T7 (30% octapol-70% celite), presenta la mayor cantidad de pureza, comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos significativa.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la pureza de la masa cocida B debe estar en un rango de 70-80. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En Masa Cocida C al momento de realizar el análisis de esta variable que es el resultado de la relación de pol y °Brix; solo se pudo obtener la pureza de dos tratamientos. En la tabla 76 se muestra los datos obtenidos en la variable pureza.

**Tabla 76.** Datos de Pureza en Masa Cocida C

<b>Trat/Rep</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	61,77	61,72	61,71
<b>T2</b>	61,97	62,00	61,88
<b>T3</b>	-	-	-
<b>T4</b>	-	-	-
<b>T5</b>	-	-	-

No se realiza ningún análisis de varianza por la escases de datos; ya que los datos obtenidos corresponde solo a dos tratamientos que son: T1 (100% octapol) y T2 (75% octapol – 25% celite).

En la tabla 77 se indica los diferentes rangos encontrados en Miel A de acuerdo a la prueba de significación Tukey.

**Tabla 77.** Prueba Tukey para tratamientos de la variable Pureza en Miel A

<b>Trat.</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T6</b>	78.06	a
<b>T4</b>	78.02	a
<b>T7</b>	77.90	b
<b>T5</b>	77.85	b
<b>T3</b>	74.16	c
<b>T2</b>	73.74	d
<b>T1</b>	72.86	g

En la prueba de significación de Tukey (Tabla 77) para la variable pureza, se puede apreciar que el T6 (35% octapol-65% celite), presenta la mayor cantidad de pureza, comparando con el resto de los tratamientos se puede observar que existe también una diferencia entre ellos significativa.

De acuerdo a los parámetros estandarizados en el Ingenio Azucarero del Norte, la pureza de miel A debe estar en un rango de 71-79. Se puede comprobar que los datos analizados se encuentran dentro de este rango.

En Miel B al momento de realizar el análisis de esta variable se observó que en el tratamiento T3 (50% octapol – 50% celite); T4 (25% octapol -75% Celite) y T5 (100% celite) no se obtuvo ningún dato.

En la tabla 78 se muestra los datos obtenidos en la variable pureza.

**Tabla 78.** Datos Pureza en Miel B

<b>Trat/Rep</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>T1</b>	50,74	50,71	50,74
<b>T2</b>	50,87	50,90	50,87
<b>T3</b>	-	-	-
<b>T4</b>	-	-	-
<b>T5</b>	-	-	-

No se realiza ningún análisis de varianza por la escases de datos; ya que los datos obtenidos corresponde solo corresponden a dos tratamientos que son: T1 (100% octapol) y T2 (75% octapol – 25% celite).

#### **4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CADA VARIABLE**

##### **4.4.1. SÓLIDOS SOLUBLES**

En los datos levantados y analizados se puede concluir que la adición de clarificante a la muestra aumenta la cantidad de sólidos solubles ya que existe una mayor concentración de sólidos solubles totales en los filtrados de los diferentes tratamientos, que en la muestra original analizada.

##### **4.4.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

En la variable de pH se observó que en todas las muestras el valor de pH es menor comparado al valor de pH en los filtrados. También se observó, que contiene cada uno de los filtrados, es decir que a mayor cantidad de octapol se obtuvo un mayor valor de pH en los filtrados; esto se debe a que el pH que contiene el octapol es de 7,50; mientras que el pH del clarificante celite es de 5,30.

##### **4.4.3. TURBIDEZ**

Los datos que se obtuvieron en la variable turbidez nos indica hasta qué porcentaje de sustitución nos permite la lectura en el polarímetro; es así que los filtrados de T5 (100% celite) y T4 (25% octapol – 75% celite) no se pudieron leer en el polarímetro ya que sus filtrados eran oscuros.

En el caso de Masa Cocida C y Miel B, T3 (50% octapol – 50% celite), T4 (25% octapol – 75% celite) y T5 (100% celite) se obtuvieron lecturas de turbidez muy altas las cuales no se pudo obtener un dato de pol.

#### **4.4.4. AZUCARES REDUCTORES**

En los azúcares reductores en el jugo primario la muestra presentó un mayor porcentaje de azúcares reductores comparado a los porcentajes de los filtrados; en el jugo mixto y en jugo claro el filtrado correspondiente a T1 (100% octapol) presenta un porcentaje mayor de azúcares reductores comparado con los de más filtrados que son menores al que presenta la muestra.

En el caso de las masa cocidas y las mieles el porcentaje de azúcares reductores en la muestra comparado al de los filtrados es menor el porcentaje que poseen.

#### **4.4.5. CENIZAS**

En el análisis de cenizas, el porcentaje que contienen las muestras son menores a los porcentajes presentes en los filtrados. En relación a la cantidad de octapol, se verificó que mientras mayor es el porcentaje de octapol en la mezcla del clarificante, mayor es el porcentaje de cenizas presente en la muestra de estudio. Esto se debe a que el clarificante octapol tiene un 23,48% de cenizas en su composición, mientras que el clarificante celite contiene 0,053% de cenizas.

#### **4.4.6. POLARIMETRÍA (POL)**

En esta variable se observó que en los tratamientos T4 (25% octapol – 75% celite) y T5 (100% celite) no se obtuvo ningún valor de pol debido a que sus filtrados son demasiado oscuros. Impidiendo el paso de la luz para obtener una lectura del polarímetro, esto sucedió en las muestras de Jugo Primario, Jugo Mixto, Jugo Claro, Masa Cocida A, Masa Cocida B y Miel A. Por lo tanto se procedió a realizar nuevos porcentajes de mezclas, teniendo así nuevos tratamientos: T1 (100% Octapol); T2 (75% Octapol – 25% Celite); T3 (50% Octapol – 50% Celite); T4 (45% Octapol – 55% Celite); T5 (40% Octapol – 60% Celite); T6 (35% Octapol – 65% Celite); T7 (30% Octapol – 70% Celite).

De los tratamientos analizados el polarímetro leyó hasta T7 (30% Octapol – 70% Celite), estableciendo así que la mejor mezcla sería T7 con referencia a levantamiento de datos y costo.

En las muestras de Masa Cocida C y Miel B solo se obtuvo datos hasta T2 (75% Octapol – 25% Celite), estableciendo que esta sería la mejor para estas muestras tomando en cuenta la lectura de la pol y precio de la mezcla.

#### **4.4.7. PUREZA**

La variable pureza es la relación de pol y °Brix de la muestra, por lo tanto se obtienen valores hasta T7 (30% Octapol – 70% Celite), estableciendo así que la mejor mezcla sería T7 con referencia a levantamiento de datos y costos en las muestras de Jugo Primario, Jugo Mixto, Jugo Claro, Masa Cocida A, Masa Cocida B y Miel A.

En las muestras de Masa Cocida C y Miel B solo se obtuvo datos hasta T2 (75% Octapol – 25% Celite), estableciendo que esta sería la mejor para estas muestras tomando en cuenta la pureza y precio de la mezcla.

#### **4.5. COSTOS**

En los tres turnos de trabajo que se realiza en el Ingenio Azucarero del Norte, se analizan 150 muestras de Jugo Primario, Jugo Mixto, Jugo Claro, Masa Cocida A, Masa Cocida B, Masa Cocida C, Miel A y Miel B, obteniendo un costo actual de \$67.50 diarios utilizando 100% octapol.

El precio por cada gramo de octapol es de \$0.03.

El precio por cada gramo de celite es de \$0.01.

En la tabla 79 se puede observar el precio de cada una de las mezclas.

**Tabla 79.** Costos de las Mezclas

PORCENTAJE		MASA (g)		Precio Octapol (\$) / tratamiento	Precio Celite (\$) / tratamiento	Precio (\$) / tratamiento
Octapol	Celite	Octapol	Celite			Mezcla
100	0	15,0	0,0	0,45	0	0,45
75	25	11,3	3,7	0,34	0,03	0,37
50	50	7,5	7,5	0,22	0,08	0,30
45	55	6,8	8,2	0,20	0,08	0,28
40	60	6,0	9,0	0,18	0,09	0,27
35	65	5,2	9,8	0,16	0,09	0,25
30	70	4,5	10,5	0,13	0,11	0,24

De acuerdo a las lecturas de polarimetría se puede sustituir hasta un 30% octapol y 70% celite. Para clarificar 114 muestras (21 muestras de Jugo Primario, 21 muestras de Jugo Mixto, 21 muestras de Jugo Claro, 15 muestras de Masa Cocida A, 18 muestras de Masa Cocida B, 18 muestras de Miel A) entre los tres turnos de trabajo. El precio de la mezcla es de \$ 0.24; obteniendo un costo de \$27.36 diarios,

En el caso de las muestras de Masa Cocida C y Miel B se observó que la sustitución se puede realizar hasta un 75% octapol y 25% celite. Para clarificar 36 muestras (18 muestras de Masa Cocida C y 18 muestras de Miel B) en los tres turnos de trabajo. El costo de mezcla es de \$0.37; obteniendo un gasto diario de \$13.32

Por lo tanto se tendría un costo diario de \$ 40.68, gracias a la sustitución propuesta, generando a la empresa un ahorro diario de \$24.82, equivalente a un ahorro anual de \$7570.10, sin contar los dos meses de interzafra.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Una vez analizados los resultados de la investigación se concluye lo siguiente:

- Al caracterizar los sólidos solubles en las muestras, se verificó que se encuentran dentro de los parámetros permitidos por el Ingenio Azucarero del Norte.
- Al caracterizar los filtrados de masa cocida C y miel B, se observó que presentan valores de turbidez altos, por lo cual no permiten el paso de la luz para obtener una lectura de Pol.
- Se determinó que de acuerdo a las lecturas polarimétricas se puede sustituir hasta un 70% de Celite para los jugos evaluados, la masa cocida A y B y la miel A; a mayores porcentajes de Celite no se obtiene una lectura de pol, ya que sus filtrados presentan una turbiedad alta.
- Para la masa cocida C y miel B, se determinó que se puede sustituir hasta un 25% de Celite, ya que fue el porcentaje de sustitución donde el filtrado permitió el paso de la luz para obtener una lectura en el polarímetro; a porcentajes mayores de sustitución los filtrados son demasiado turbios y no permiten el paso de la luz para obtener una lectura de pol.
- Con la sustitución parcial del octapol por celite indicada en el trabajo (25% para 36 muestras y 70% para 114 muestras), se alcanzó una reducción en los costos diarios de clarificación del 47,9 %, manteniendo la eficiencia del proceso.

- Al analizar el producto filtrado mediante análisis físico-químico se constató que la sustitución del clarificante octapol por celite si influye en las medidas polarimétricas; pero se encuentran dentro del rango de aceptación de la planta para el control de calidad del proceso, por lo que acepta la hipótesis alternativa.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- En los análisis realizados a las muestras y a los filtrados se encontró un alto porcentaje de cenizas, por lo que se sugiere realizar un seguimiento a esta variable para la caracterización de las mismas.
- Se recomienda buscar otros tipos de clarificantes para los análisis de polarimetría de las muestras analizadas, que puedan permitir un mayor ahorro en los análisis de control de calidad en el Ingenio Azucarero del Norte.
- En el momento de preparar las muestras para su posterior análisis se recomienda realizar una agitación vigorosa para mejorar la homogenización del clarificante con las muestras y posterior filtrado.
- Desarrollar futuras investigaciones sobre los mecanismos por los cuales las variables físico-químicas analizadas se relacionan con la interferencia en los valores de polarimetría obtenidos mediante clarificación con celite.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baddley Chemicals, Inc. (2010). *Ficha Técnica de Octapol*. Alemania.
- Checa, A. (2010). *Validación del método de la prensa hidráulica para determinar la calidad de la caña que ingresa al ingenio azucarero del norte*. Quito.
- Chen, J. (1991). *Manual del Azúcar de Caña*. México: Lumisa. Recuperado el 22 de Octubre de 2015, de [http://anfacal.org/media/Biblioteca\\_Digital/Alimentos/LA\\_CAL\\_EN\\_LA\\_INDUSTRIA\\_AZUCARERA.pdf](http://anfacal.org/media/Biblioteca_Digital/Alimentos/LA_CAL_EN_LA_INDUSTRIA_AZUCARERA.pdf)
- Engelke, J. (2002). *Sugarcane: Measuring Commercial Quality*.
- Fernandes, A. (2003). *Cálculos na Agroindústria da Cana de Açúcar*. Sao Paulo: Stab.
- Fiallos, F. (2008). "Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) del Banco de Germoplasma del CINCAE, al Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow) y Mosaico (*Sugarcane Mosaic Virus*) en la zona del Cantón El Triunfo.". Guayaquil.
- Guijarro, G., & Paguay, H. (2011). "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR". Riobamba.
- Hoareau, W., Hoareau, S., Petit, A., Rousse, C., & Corcodel, L. (01 de Enero de 2003). Non-lead polarimetry for sugarcane juice and factory products. *TECNICAÑA*(2), 69-81.
- Imerys Diatomita. (2012). *Ficha Técnica "CELITE 512"*. México.

- INGENIO AZUCARERO DEL NORTE COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA (IANCEM). (2010). Recuperado el 27 de Octubre de 2014, de <http://www.tababuela.com/>
- Meade, G. &. (1967). *Manual del azúcar de caña*. Barcelona: Montaner y Simon, S.A.
- Orozco, J. (Agosto de 2006). Sustitución de subacetato de plomo como clarificante en los análisis de laboratorio en un ingenio azucarero. Guatemala.
- Pérez, H. (2007). *Notas sobre la producción de azúcar crudo*. Cuba: Universitaria.
- Quezada, W. (2007). *Guía técnica de agroindustria panelera*. Ibarra: Creadores Gráficos.
- Quezada, W. (2010). *Manual de industria azucarera*. Ibarra: Creadores Gráficos.
- Quimicuy S.A.C.I.A. (20 de Octubre de 2009). *Quimicuy*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de <http://www.quimicuy.com.ar/folletocelite.pdf>
- Viana, I. (26 de Septiembre de 2012). *Sistema de información para los procesos de producción del ingenio azucarero del norte*. Ibarra.
- Viejó, K. (2013). “*ESTUDIO DE LA CADENA DE VALOR DE LA CAÑA DE AZUCAR Saccharum Officinarum EN EL RECINTO TRES POSTES DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS*”. Milagro.

# ANEXOS

## ANEXO 1

Análisis de la varianza de la variable sólidos solubles totales (°Brix) de las diferentes muestras.

**Tabla 80.** Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Jugo Primario.

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	1,2360	14					
Tratamiento	1,2339	4	0,3085	1445,9375	**	3,48	5,99
Error	0,0021	10	0,0002				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,07%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 81.** Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Jugo Mixto.

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	55,9140	14					
Tratamiento	55,9113	4	13,9778	51138,3903	**	3,48	5,99
Error	0,0027	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,04%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 82.** Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Jugo Claro.

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	55,9140	14					
Tratamiento	55,9113	4	13,9778	51138,3903	**	3,48	5,99
Error	0,0027	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,11%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 83.** Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Masa Cocida A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	105,7732	14					
Tratamiento	103,6016	4	25,9004	119,2688	**	3,48	5,99
Error	2,1716	10	0,2172				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,51%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 84.** Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Masa Cocida B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	101,4533	14					
Tratamiento	99,1800	4	24,7950	109,0689	**	3,48	5,99
Error	2,2733	10	0,2273				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,50%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 85.** Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Masa Cocida C

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	156,8373	14					
Tratamiento	156,7307	4	39,1827	3673,3750	**	3,48	5,99
Error	0,1067	10	0,0107				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,11%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 86.** Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Miel A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	380,4973	14					
Tratamiento	380,3040	4	95,0760	4917,7241	**	3,48	5,99
Error	0,1933	10	0,0193				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,17%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 87.** Análisis de la variable sólidos solubles totales (°Brix) en Miel B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	170,1373	14					
Tratamiento	169,9640	4	42,4910	2451,4038	**	3,48	5,99
Error	0,1733	10	0,0173				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,15%

\*\* : Altamente significativo

## ANEXO 2

Análisis de la varianza de la variable Potencial de Hidrógeno (pH) de las diferentes muestras.

**Tabla 88.** Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Primario

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	4,7756	14					
TRATAMIENTO	4,7728	4	1,1932	4365,4024	**	3,48	5,99
ERROR	0,0027	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,26%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 89.** Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Mixto

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	6,1738	14					
TRATAMIENTO	6,1710	4	1,5427	5381,6628	**	3,48	5,99
ERROR	0,0029	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,27%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 90.** Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Jugo Claro

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	1,0371	14					
TRATAMIENTO	1,0344	4	0,2586	969,7750	**	3,48	5,99
ERROR	0,0027	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,27%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 91.** Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,6019	14					
TRATAMIENTO	0,6000	4	0,1500	775,8103	**	3,48	5,99
ERROR	0,0019	10	0,0002				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,19%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 92.** Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	3,0248	14					
TRATAMIENTO	3,0230	4	0,7557	4198,5741	**	3,48	5,99
ERROR	0,0018	10	0,0002				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,18%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 93.** Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Masa Cocida C

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	5,1226	14					
TRATAMIENTO	5,1198	4	1,2799	4571,2262	**	3,48	5,99
ERROR	0,0028	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,23%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 94.** Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Miel A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	1,3020	14					
TRATAMIENTO	1,3008	4	0,3252	2567,3158	**	3,48	5,99
ERROR	0,0013	10	0,0001				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,15%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 95.** Análisis de la variable Potencial Hidrógeno (pH) en Miel B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	2,6097	14					
TRATAMIENTO	2,6077	4	0,6519	3259,6167	**	3,48	5,99
ERROR	0,0020	10	0,0002				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,19%

\*\* : Altamente significativo

### ANEXO 3

Análisis de la varianza de la variable Turbidez de las diferentes muestras.

**Tabla 96.** Análisis de la variable Turbidez en Jugo Primario

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	10230,1224	14					
TRATAMIENTO	10230,1195	4	2557,5299	8921615,8515	**	3,48	5,99
ERROR	0,0029	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,06%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 97.** Análisis de la variable turbidez en Jugo Mixto

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	67185,4326	14					
TRATAMIENTO	67185,4276	4	16796,3569	33592713,8465	**	3,48	5,99
ERROR	0,0050	10	0,0005				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,04%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 98.** Análisis de la variable Turbidez en Jugo Claro

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	6095,0726	14					
TRATAMIENTO	6095,0693	4	1523,7673	4664593,8444	**	3,48	5,99
ERROR	0,0033	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,04%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 99.** Análisis de la variable Turbidez en Masa Cocida A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	9311,8938	14					
TRATAMIENTO	9311,5396	4	2327,8849	65722,3290	**	3,48	5,99
ERROR	0,3542	10	0,0354				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 1,36%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 100.** Análisis de la variable Turbidez en Masa Cocida B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	34536,2235	14					
TRATAMIENTO	34534,2218	4	8633,5555	43130,3976	**	3,48	5,99
ERROR	2,0017	10	0,2002				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 1,24%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 101.** Análisis de la variable Turbidez en Masa Cocida C

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	67852,3204	14					
TRATAMIENTO	67828,3478	4	16957,0869	7073,5088	**	3,48	5,99
ERROR	23,9727	10	2,3973				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 2,51%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 102.** Análisis de la variable Turbidez en Miel A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	9881,9657	14					
TRATAMIENTO	9881,9641	4	2470,4910	14822946,0970	**	3,48	5,99
ERROR	0,0017	10	0,0002				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0.08%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 103.** Análisis de la variable Turbidez en Miel B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	68064,0025	14					
TRATAMIENTO	68063,9999	4	17016,0000	65446153,5654	**	3,48	5,99
ERROR	0,0026	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,03%

\*\* : Altamente significativo

## ANEXO 4

Análisis de la varianza de la variable Azucares Reductores de las diferentes muestras.

**Tabla 104.** Análisis de la variable Azucares Reductores en Jugo Primario

<b>ADEVA</b>							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,0455	14					
TRATAMIENTO	0,0432	4	0,0108	47,6765	**	3,48	5,99
ERROR	0,0023	10	0,0002				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 2,91%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 105.** Análisis de la variable Azucares Reductores en Jugo Mixto

<b>ADEVA</b>							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,0695	14					
TRATAMIENTO	0,0682	4	0,0171	134,6579	**	3,48	5,99
ERROR	0,0013	10	0,0001				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 2,89%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 106.** Análisis de la variable Azucares Reductores en Jugo Claro

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,2183	14					
TRATAMIENTO	0,2155	4	0,0539	192,4048	**	3,48	5,99
ERROR	0,0028	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 3.48%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 107.** Análisis de la variable Azucares Reductores en Masa Cocida A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,0072	14					
TRATAMIENTO	0,0061	4	0,0015	14,3125	**	3,48	5,99
ERROR	0,0011	10	0,0001				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 4,52%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 108.** Análisis de la variable Azucares Reductores en Masa Cocida B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,0221	14					
TRATAMIENTO	0,0194	4	0,0048	17,7073	**	3,48	5,99
ERROR	0,0027	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 3,01%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 109.** Análisis de la variable Azucares Reductores en Masa Cocida C

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,2903	14					
TRATAMIENTO	0,2803	4	0,0701	70,0733	**	3,48	5,99
ERROR	0,0100	10	0,0010				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 5,39%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 110.** Análisis de la variable Azucares Reductores en Miel A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,0100	14					
TRATAMIENTO	0,0051	4	0,0013	2,57	*	3,48	5,99
ERROR	0,0049	10	0,0005				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 6,73%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 111.** Análisis de la variable Azucares Reductores en Miel B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	0,0879	14					
TRATAMIENTO	0,0868	4	0,0217	203,5000	**	3,48	5,99
ERROR	0,0011	10	0,0001				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 2,02%

\*\* : Altamente significativo

## ANEXO 5

Análisis de la varianza de la variable cenizas de las diferentes muestras.

**Tabla 112.** Análisis de la variable Cenizas (%) en Jugo Primario

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	5,8463	14					
TRATAMIENTO	5,8424	4	1,4606	3693,5554	**	3,48	5,99
ERROR	0,0040	10	0,0004				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 1,33%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 113.** Análisis de la variable Cenizas (%) en Jugo Mixto

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	6,0373	14					
TRATAMIENTO	6,0023	4	1,5006	429,4041	**	3,48	5,99
ERROR	0,0349	10	0,0035				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 3,88%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 114.** Análisis de la variable Cenizas (%) en Jugo Claro

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	7,8741	14					
TRATAMIENTO	7,8714	4	1,9678	7386,6636	**	3,48	5,99
ERROR	0,0027	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 1,03%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 115.** Análisis de la variable Cenizas (%) en Masa Cocida A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	7,8741	14					
TRATAMIENTO	7,8714	4	1,9678	7386,6636	**	3,48	5,99
ERROR	0,0027	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 2,34%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 116.** Análisis de la variable Cenizas (%) en Masa Cocida B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	3,7201	14					
TRATAMIENTO	3,7169	4	0,9292	2885,74	**	3,48	5,99
ERROR	0,0032	10	0,0003				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 1,28%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 117.** Análisis de la variable Cenizas (%) en Masa Cocida C

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	3,6770	14					
TRATAMIENTO	3,6688	4	0,9172	1109,7655	**	3,48	5,99
ERROR	0,0083	10	0,0008				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 1,87%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 118.** Análisis de la variable Cenizas (%) en Miel A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	3,4016	14					
TRATAMIENTO	3,4003	4	0,8501	6309,6134	**	3,48	5,99
ERROR	0,0013	10	0,0001				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0.78%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 119.** Análisis de la variable Cenizas (%) en Miel B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	5,5564	14					
TRATAMIENTO	5,5552	4	1,3888	10830,4037	**	3,48	5,99
ERROR	0,0013	10	0,0001				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,59%

\*\* : Altamente significativo

## ANEXO 6

Análisis de la varianza de la variable Polarimetría (°Z) de las diferentes muestras.

**Tabla 120.** Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Jugo Primario

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	1.3269	20					
Tratamiento	1.3257	6	0.2209	2577.74	**	2.85	4.46
Error	0.0012	14	8.6 E-05				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,06%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 121.** Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Jugo Mixto

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	1.6477	20					
Tratamiento	1.6465	6	0,2744	3032.9474	**	2.85	4.46
Error	0,0013	14	0,0001				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,06%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 122.** Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Jugo Claro

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	0,1643	20					
Tratamiento	0,1615	6	0,0269	137.8862	**	2.85	4.46
Error	0,0027	14	0,0002				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,09%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 123.** Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Masa Cocida A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	7.7254	20					
Tratamiento	7.7009	6	1.2835	734.419	**	2.85	4.46
Error	0,0245	14	0,0017				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,05%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 124.** Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Masa Cocida B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	1.7296	20					
Tratamiento	1.1508	6	0.1918	4.64	**	2.85	4.46
Error	0,5789	14	0,0413				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,31%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 125.** Análisis de la variable Polarimetría (°Z) en Miel A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
Total	56.9046	20					
Tratamiento	56.8912	6	9.4819	9906.4279	**	2.85	4.46
Error	0,0134	14	0.0010				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,05%

\*\* : Altamente significativo

## ANEXO 7

Análisis de la varianza de la variable Pureza de las diferentes muestras.

**Tabla 126.** Análisis de la variable Pureza en Jugo Primario

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	38,7279	20					
TRATAMIENTO	38,6929	6	6,4488	2665,13	**	2,85	4,46
ERROR	0,0356	14	0,0025				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,05%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 127.** Análisis de la variable Pureza en Jugo Mixto

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	45.0722	20					
TRATAMIENTO	45.0375	6	7.5063	3240.81	**	2.85	4.46
ERROR	0.0346	14	0,0025				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,05%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 128.** Análisis de la variable Pureza en Jugo Claro

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	5.3088	20					
TRATAMIENTO	5.2204	6	0.8701	141.61	**	2.85	4.46
ERROR	0.0883	14	0.0063				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,09%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 129.** Análisis de la variable Pureza en Masa Cocida A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	9.4953	20					
TRATAMIENTO	9.4652	6	1.5775	739.17	**	2.85	4.46
ERROR	0.0301	14	0,0021				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,05%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 130.** Análisis de la variable Pureza en Masa Cocida B

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	2.0704	20					
TRATAMIENTO	1.3775	6	0,2296	4.58	**	2.85	4.46
ERROR	0,6929	14	0,0495				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,30%

\*\* : Altamente significativo

**Tabla 131.** Análisis de la variable Pureza en Miel A

ADEVA							
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F. Cal	Signi.	F. Tabular 5%	F. Tabular 1%
TOTAL	100.8945	20					
TRATAMIENTO	100.8707	6	16.8118	10231.88	**	4,2.85	4.46
ERROR	0.0134	14	0,0017				

F.V. Factor de la varianza, G.L. Grados de libertad, S.C. Suma de cuadrados, C.M. Cuadrado medio.

C.V. = 0,05%

\*\* : Altamente significativo

## ANEXO 8

### FICHA TÉCNICA DEL CLARIFICANTE CELITE 512™

# Technical Data

## Celite 512™

### TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Color	Pink
Appearance	Powder
Origin	Plankton Fresh Water Diatomite
Description	Natural Product Calcined Filter Aid
Permeability, Darcys	0.38
Wet Density, g/l	322
lb/ft <sup>3</sup>	20.1
150 Mesh Screen Residue, %	5.1
Median Cake Pore Size, Microns	4.5
pH	5.3
Specific Gravity	2.1
Moisture as shipped, %	0.5

### TYPICAL CHEMICAL ANALYSIS, %

SiO <sub>2</sub>	91.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2
TiO <sub>2</sub>	0.2
CaO	0.5
MgO	0.3
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	1.4

The typical physical or chemical properties of Imerys Diatomita Mexico products represent average values obtained in accordance with accepted test methods and are subject to normal manufacturing variations. They are supplied as a technical service and are subject to change without notice. Typical data shown above are considered accurate and reliable; no guarantee is given or intended.

January / 09 / 2012