



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA ESTABILIDAD  
DE SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA CON FINES INDUSTRIALES”**

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

**Ingeniera Agroindustrial**

**AUTOR: Monteros Pillajo Jennyfer Renata**

**DIRECTOR: Ing. Oscar Yépez**

**Ibarra – Ecuador**

**2015**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**  
**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA ESTABILIDAD  
DE SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA CON FINES INDUSTRIALES”**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**APROBADA**

**Ing. Oscar Yépez**

**Director**

**Ing. Iván Vaca**

**Asesor**

**Dr. Marcelo Dávalos**

**Asesor**

**Ing. Ernesto Terán**

**Asesor**

*Ibarra – Ecuador*

*2015*



# 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>	100370950-6		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Monteros Pillajo Jennyfer Renata		
<b>Dirección:</b>	La Victoria- Carlos Barahona Mera 13-24		
<b>Email:</b>	<a href="mailto:renamonteros@yahoo.com">renamonteros@yahoo.com</a>		
<b>Teléfono fijo:</b>		<b>Teléfono móvil:</b>	0992557126

DATOS DE LA OBRA	
<b>Título:</b>	“Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales”
<b>Autor:</b>	Monteros Renata
<b>Fecha:</b>	26-Enero-2015
<b>Solo para trabajos de grado</b>	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ing. Agroindustrial
<b>Director:</b>	Ing. Oscar Yépez

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

Yo, **Jennyfer Renata Monteros Pillajo**, con cédula de ciudadanía Nro.100370950 – 6; en calidad de autor 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.

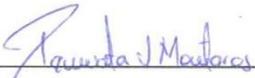
## 3. CONSTANCIAS

El autor 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 asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

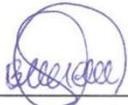
Ibarra, 23 de Febrero del 2015

**EL AUTOR:**

**ACEPTACIÓN:**

  
\_\_\_\_\_  
Jennyfer Renata Monteros Pillajo

100370950-6

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Betty Chávez

**JEFE DE BIBLIOTECA**



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

Yo, **Jennyfer Renata Monteros Pillajo**, con cédula de identidad Nro. **100370950-6**, 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: **“DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA ESTABILIDAD DE LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA CON FINES INDUSTRIALES”**, 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 mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de Febrero de 2015



Renata Monteros

100370950-6

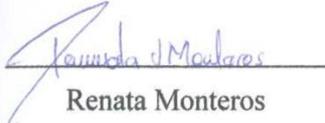


## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### DECLARACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

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 23 días del mes de Febrero de 2015

  
Renata Monteros

100370950-6

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jennyfer Renata Monteros Pillajo bajo mi supervisión.



---

Ing. Oscar Yépez  
DIRECTOR DE TESIS

# AGRADECIMIENTO

A todas las personas quienes aportaron con sus ideas, me brindaron su sabiduría y conocimientos para que la presente investigación se pueda realizar de la mejor manera para ello dejo en constancia mi agradecimiento a:

- A la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales - Carrera de Ingeniería Agroindustrial por todo su aporte académico.
- Al Dr. José Luis Moreno Técnico del Laboratorio de análisis físico, químico y microbiológico de la Universidad Técnica del Norte por contribuir y colaborar en el desarrollo de mi investigación.
- Al Ingeniero Oscar Yépez por su íntegra colaboración como director de tesis además por su confianza y su aporte profesional.
- Al Dr. Marcelo Dávalos, Ing. Ernesto Terán, Ing. Iván Vaca y Dr. Lucia Yépez por formar parte del comité asesor y compartir sus conocimientos.
- A los Ingenieros Jonatan Benítez Supervisor de Producción y Rubén Guzmán Jefe de Laboratorio del Ingenio Azucarero del Norte IANCEM, por aportar con sus opiniones en la fase experimental de la investigación.

LA AUTORA

# DEDICATORIA

*A mis padres Edison y Patricia quienes me apoyaron incondicionalmente para que esta etapa de mi vida concluya de la mejor manera, a ellos les dedico mi triunfo profesional.*

*A mis hermanos Silvana, David, Christian y Leonel quienes confiaron en mí.*

*Renata*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xxi
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	xxiii
<b>CAPÍTULO I</b>	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS	4
1.4.1. NULA	4
1.4.2. ALTERNATIVA	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
MARCO TEÓRICO	
2.1. Industria Azucarera.	5
2.1.1. Producción de azúcar en el país.	5
2.2. Sacarosa.	6
2.2.1. Glucosa.	6
2.2.2. Fructosa.	7
2.2.3. Estequiometría de la sacarosa.	8
2.3. Hidrólisis de la sacarosa.	9
2.3.1. Hidrólisis cinemática de la sacarosa.	9
2.4. Solubilidad de la sacarosa.	11
2.5. Azúcar Invertido.	12
2.5.1. Principios de la sacarosa invertida líquida.	13
2.5.1.1. Antecedentes de la inversión de la sacarosa invertida líquida.	13
2.5.1.2. Uso de la sacarosa invertida líquida en la industria alimenticia.	13
2.5.1.3. Ventajas de la sacarosa invertida líquida.	14
2.6. Estabilidad.	14
2.6.1. Importancia de la estabilidad en la investigación.	15
2.6.2. Estabilidad de soluciones.	16
2.7. Parámetros físicos que intervienen en la estabilidad de la sacarosa invertida líquida.	17
2.7.1. pH.	17
2.7.2. °Brix.	17
2.7.3. Azúcares Reductores.	18
2.7.4. Turbiedad.	19
2.7.5. Densidad.	19
2.7.6. Temperatura.	22
2.7.7. Hidrólisis.	22
2.7.8. Cristalización.	22
2.7.8.1. Equilibrio: Solubilidad y sobresaturación.	24

2.7.8.2. Recristalización.	25
2.8. Parámetros Químicos.	25
2.8.1. POL (materia prima).	25
2.8.2. Cenizas.	26
2.9. Parámetros microbiológicos.	27
2.9.1. Mohos y Levaduras.	28
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
3.1. Materiales	30
3.1.1. Materia prima e insumos.	30
3.1.2. Equipos, reactivos y materiales.	30
3.2. Métodos.	30
3.2.1. Caracterización del área de estudio.	30
3.2.2. Diseño experimental.	31
3.2.3. Características del experimento.	31
3.2.4. Unidad experimental.	31
3.2.5. Esquema del análisis estadístico.	31
3.2.6. Análisis funcional.	31
3.2.7. Factores en estudio.	32
3.2.8. Tratamientos.	33
3.2.9. Variables evaluadas.	34
3.3. Manejo específico del experimento.	35
3.3.1. Diagrama de bloques para la elaboración de la sacarosa invertida líquida.	36
3.3.2. Descripción del proceso.	37
3.3.3. Determinación de las variables	40
3.3.3.1. Determinación de las variables cuantitativas en la materia prima	40
3.3.3.2. Determinación de las variables cuantitativas de la sacarosa invertida líquida.	41
3.3.3.3. Determinación de la variable cualitativa del producto terminado.	42
3.3.3.4. Determinación de análisis microbiológico.	43
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	
4.1. Análisis estadístico de las variables cuantitativas del producto.	44
4.1.1. Análisis de azúcares reductores al inicio del experimento.	44
4.1.1.1. Análisis de azúcares reductores fase final del experimento.	53
4.1.1.2. Velocidad de reacción de la sacarosa.	63
4.1.2. Análisis de turbiedad al inicio del experimento.	65
4.1.2.1. Análisis de turbiedad fase final del experimento.	73
4.1.3. Análisis de peso neto al inicio del experimento.	80
4.1.3.1. Análisis de peso neto fase final del experimento.	86
4.1.4. Valor de densidad de la sacarosa invertida líquida.	91
4.1.5. Cristalización.	91
4.1.6. °Brix de la sacarosa invertida líquida.	93
4.2. Características Organolépticas.	93
4.2.1. Resumen de valoración de las características organolépticas de la sacarosa invertida líquida.	94
4.3. Análisis microbiológico del producto terminado.	95

4.4. Evaluación de vida útil a los cuatro mejores tratamientos.	96
4.4.1. Evaluación de vida útil a los cuatro mejores tratamientos almacenados al ambiente durante un periodo de 90 días.	97
4.4.2. Evaluación de vida útil a los cuatro mejores tratamientos almacenados a refrigeración 2-5°C durante un periodo de 90 días.	101
4.4.3. Evaluación de vida útil a los cuatro mejores tratamientos almacenados bajo condiciones aceleradas 38°C- 65% humedad durante un periodo de 90 días.	104
4.5. Comparación significativa de rendimientos de poder edulcorante frente a la sacarosa cristalizada.	112

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.	114
5.2. Recomendaciones.	116

### **BIBLIOGRAFÍA.**

### **ANEXOS.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Solubilidad de la sacarosa en agua destilada de 0 a 100°C de temperatura .....	11
Tabla 2. Tabla de gravedades específicas* e índices de refracción de soluciones de sacarosa a 20°C.....	21
Tabla 3. Principales productos azucarados de humedad intermedia, junto con su humedad y su actividad de agua.....	28
Tabla 4. ADEVA .....	31
Tabla 5. Condiciones de pH .....	32
Tabla 6. Tiempo de inversión.....	32
Tabla 7. Condiciones de almacenamiento .....	32
Tabla 8. Tratamientos .....	33
Tabla 9. Certificado de análisis IANCEM.....	40
Tabla 10. Análisis organolépticos .....	42
Tabla 11. Metodología de análisis microbiológico aplicada a los cuatro, mejores tratamientos .....	43
Tabla 12. Azúcares Reductores g/100g al inicio del experimento. ....	45
Tabla 13. Análisis de la variable azúcares reductores al inicio del experimento. ....	46
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable azúcares reductores al inicio del experimento. ....	47
Tabla 15. Prueba DMS al 5% para el factor A (pH 2, 3, 4, 5) variable azúcares reductores al inicio del experimento. ....	48
Tabla 16. Prueba DMS al 5% para el factor B (0, 10, 20, 40min) variable azúcares reductores al inicio del experimento.....	48
Tabla 17. Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable azúcares reductores al inicio del experimento.....	49
Tabla 18 . Azúcares reductores g/100g fase final del experimento.....	54

Tabla 19. Análisis de la variable azúcares reductores fase final del experimento. ....	55
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable azúcares reductores fase final del experimento.....	56
Tabla 21. Prueba DMS al 5% para el factor A (pH 2, 3, 4,5) variable azúcares reductores fase final del experimento. ....	57
Tabla 22. Prueba DMS al 5% para el factor B (0, 10, 20, 40 min) variable azúcares reductores fase final del experimento.....	57
Tabla 23. Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable azúcares reductores fase final del experimento.....	58
Tabla 24. Polarización de la sacarosa a diferentes tiempos. ....	63
Tabla 25. Turbiedad NTU al inicio del experimento. ....	65
Tabla 26. ADEVA de la turbiedad al inicio del experimento. ....	66
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable turbiedad al inicio del experimento.....	67
Tabla 28. Prueba DMS para el factor A (pH) variable turbiedad al inicio de experimento turbiedad.....	68
Tabla 29. Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable turbiedad al inicio del experimento turbiedad.....	68
Tabla 30. Turbiedad NTU fase final del experimento. ....	73
Tabla 31. ADEVA de la turbiedad fase final del experimento. ....	74
Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable turbiedad fase final del experimento.....	75
Tabla 33. Prueba DMS para el factor A (pH) variable turbiedad fase final del experimento. ....	76
Tabla 34. Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable turbiedad fase final del experimento turbiedad.....	76
Tabla 35. Peso neto en gramos al inicio del experimento.....	81

Tabla 36. ADEVA de peso neto al inicio del experimento. ....	82
Tabla 37. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable peso neto al inicio del experimento. ....	83
Tabla 38. Prueba DMS para el factor A (pH) variable peso neto al inicio del experimento. ....	84
Tabla 39. Prueba DMS para el factor B (tiempo de inversión) variable peso neto al inicio del experimento. ....	84
Tabla 40. Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable peso neto al inicio del experimento ....	84
Tabla 41. Peso neto en gramos fase final del experimento. ....	86
Tabla 42. ADEVA del peso neto fase final del experimento. ....	87
Tabla 43. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable peso neto fase final del experimento. ....	88
Tabla 44. Prueba DMS para el factor A (pH) variable peso neto fase final del experimento. ....	89
Tabla 45. Prueba DMS para el factor B (tiempo de inversión) variable peso neto fase final del experimento. ....	89
Tabla 46. Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable peso neto fase final del experimento.....	89
Tabla 47. Presencia de cristales desarrollados en la sacarosa invertida líquida. ....	92
Tabla 48. Resumen de significación para variables organolépticas. ....	94
Tabla 49. Resultados del análisis microbiológico a los cuatro mejores tratamientos. ....	95
Tabla 50. Días de almacenamiento al ambiente vs Sólidos solubles °Brix.....	97
Tabla 51. Días de almacenamiento al ambiente vs acidez. ....	98
Tabla 52. Días de almacenamiento al ambiente vs pH.....	99
Tabla 53. Días de almacenamiento al ambiente vs mohos y levaduras.....	100
Tabla 54. Días de almacenamiento a refrigeración vs sólidos solubles °Brix.....	101

Tabla 55. Días de almacenamiento a refrigeración vs acidez. ....	102
Tabla 56. Días de almacenamiento a refrigeración vs pH.....	103
Tabla 57. Días almacenados a refrigeración vs mohos y levaduras. ....	104
Tabla 58. Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs solidos solubles °Brix. ....	105
Tabla 59. Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs acidez. ....	106
Tabla 60. Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs pH. ....	107
Tabla 61. Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs mohos y levaduras. ....	108
Tabla 62. Comparación de la cantidad de consumos de la sacarosa de cristal vs la sacarosa invertida líquida.....	113

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor A (pH) y factor B (tiempos de inversión) al inicio del experimento. ....	50
Gráfico 2. Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor B (tiempo de inversión) y factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento. ....	50
Gráfico 3. Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor A (pH) y factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento.....	51
Gráfico 4. Comportamiento de las medias para Azúcares Reductores al inicio del experimento. ....	52
Gráfico 5. Porcentaje de Azúcares Reductores vs tiempo de inversión. ....	53
Gráfico 6. Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor A (pH) y factor B (tiempos de inversión) fase final del experimento. ....	58
Gráfico 7. Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor B (tiempo de inversión) y factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.....	59
Gráfico 8. Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor A (pH) y factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.....	59
Gráfico 9. Comportamiento de las medias para Azúcares Reductores fase final del experimento. ....	61
Gráfico 10. Estabilidad de Azúcares Reductores de los mejores tratamientos. ....	62
Gráfico 11. Velocidad de reacción de la inversión de la sacarosa para el mejor tratamiento T 7.....	64
Gráfico 12. Efecto de la interacción de Turbiedad entre factor A (pH) y factor B (tiempo de inversión) al inicio del experimento. ....	69
Gráfico 13. Efecto de la interacción de Turbiedad entre en factor B (tiempo de inversión) y el factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento.....	69
Gráfico 14. Efecto de la interacción de Turbiedad entre factor A (pH) y factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento.....	70
Gráfico 15. Comportamiento de las medias para Turbiedad al inicio de experimento. ....	71

Gráfico 16. Efecto de la interacción de Turbiedad entre factor A (pH) y factor B (tiempo de inversión) fase final del experimento. ....	76
Gráfico 17. Efecto de la interacción de Turbiedad entre en factor B (tiempo de inversión) y el factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.....	77
Gráfico 18. Efecto de la interacción de Turbiedad entre factor A (pH) y factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento. ....	78
Gráfico 19. Comportamiento de las medias para Turbiedad fase final del experimento. ....	79
Gráfico 20. Efecto de la interacción de Peso neto entre factor B (tiempo de inversión) y el factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento. ....	85
Gráfico 21. Efecto de la interacción de Peso neto entre el factor A (pH) y el factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento. ....	85
Gráfico 22. Efecto de la interacción de Peso neto entre factor B (tiempo de inversión) y el factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento. ....	90
Gráfico 23. Efecto de la interacción de Peso neto entre el factor A (pH) y el factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento. ....	90
Gráfico 24. Días del almacenamiento al ambiente vs sólidos solubles °Brix.....	97
Gráfico 25. Días de almacenamiento al ambiente vs acidez. ....	98
Gráfico 26 . Días almacenados al ambiente vs pH.....	99
Gráfico 27. Días de almacenamiento a refrigeración vs solidos solubles °Brix. ....	101
Gráfico 28. Días de almacenamiento a refrigeracion vs acidez. ....	102
Gráfico 29. Días de almacenamiento a refrigeración vs pH. ....	103
Gráfico 30. Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs solidos solubles °Brix. ....	105
Gráfico 31. Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs acidez. ....	106
Gráfico 32. Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs pH. ....	107
Gráfico 33. Ecuación lineal acidez vs tiempo condición ambiental 25°C .....	109
Gráfico 34. Ecuación lineal acidez vs tiempo condición en refrigeración 2°C.....	109

Gráfico 35. Ecuación lineal vs tiempo condiciones aceleradas 38°C 65% humedad. .... 110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de la glucosa. ....	7
Figura 2. Estructura química de la fructosa.....	8
Figura 3. Estequiometría de la sacarosa .....	8
Figura 4. Hidrolisis de la sacarosa. ....	9
Figura 5. Curvas de sobresaturación .....	24

## FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Recepción de la sacarosa cristalizada .....	37
Fotografía 2. Pesado de la sacarosa .....	37
Fotografía 3. Disolución de la sacarosa cristalizada.....	38
Fotografía 4. Hidrólisis de la sacarosa.....	39
Fotografía 5. Enfriado y envasado.....	39
Fotografía 6. Esterilizado y Almacenado .....	40
Fotografía 7. Cristales formados .....	93

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el laboratorio de análisis físico químico y microbiológico de la Universidad Técnica del Norte, el objetivo principal de la investigación fue determinar los parámetros óptimos para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida. Entre los objetivos específicos se determinó establecer el pH óptimo que facilite la inversión total de la sacarosa, evaluar el tiempo de inversión mediante hidrólisis ácida e identificar las mejores condiciones de almacenamiento.

Para la medición estadística de las variables en estudio se experimentó 32 tratamientos con 3 repeticiones cada uno y 96 unidades experimentales conformadas de 500ml de sacarosa invertida líquida.

El diseño experimental aplicado en la investigación fue un diseño de Bloques Completamente al Azar (D.B.C.A) con arreglo factorial  $A \times B \times C$  donde el factor A representa el pH con 4 niveles, factor B tiempo de inversión con 4 niveles y el factor C condiciones de almacenamiento con 2 niveles. Las variables analizadas fueron azúcares reductores, turbiedad, densidad, peso neto, cristalización y concentración de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix). Para determinar la significación estadística se aplicó Tukey para tratamientos y Diferencia Mínima Significativa para factores. Los análisis de las variables cuantitativas propuestas en la investigación se realizó al inicio del experimento y parte final del mismo (2 meses de conservación) para identificar la estabilidad de la sacarosa invertida líquida.

Posteriormente se determinó el mejor tratamiento: T7 (pH 2, tiempo de inversión 40minutos, almacenada en refrigeración), mediante el análisis físico, estadístico de cada una de las variables planteadas y a través de las pruebas de degustaciones de las variables no paramétricas. Además se valoró 8 meses de vida útil de la sacarosa invertida líquida.

Determinando que, la sacarosa invertida líquida con pH ácido y un tiempo de inversión prolongado de 20 - 40 minutos se mantiene estable con un alto porcentaje de invertidos y sin presencia de materia extraña ni contaminación del producto terminado.

## ABSTRACT

This research was conducted in the laboratory of chemical, physical and microbiological analysis at Técnica del Norte University, the main objective of this research was to determine the optimal parameters for the stability of the liquid invert sucrose. Specific objectives were determined to establish the optimum pH to facilitate the investment of sucrose, evaluate the time investment by acid hydrolysis and identify the best storage conditions for the statistical measurement of the variables, 32 treatments were studied with 3 replicates each and 96 experimental units formed 500ml liquid invert sucrose was experienced.

The experimental design was applied in research design randomly picked complete block (RCBD) with factorial arrangement A x B x C where A represents the pH factor with 4 levels, factor B d time investment with 4 levels and the C factor conditions storage with 2 levels. The variables analyzed were reducing sugars, turbidity, density, net weight, crystallization and concentration of soluble solids (° Brix). To determine the statistical significance was applied Tukey Minimum Significant Difference treatment and factors. The quantitative analysis of the proposed variables in the research was conducted at the beginning of the experiment and the end of it (2 months' storage) to identify the stability of the liquid invert sucrose.

Later, the best treatment was determined: T7 (pH 2, inversion time 40 min, stored in cooling), through physical analysis, statistics of each of the variables proposed and through tests tastings nonparametric variables, further 8 months fixed lifetime best treatment.

Determining that the liquid invert sucrose with higher acidity and a prolonged investment of 20 - 40 minutes is stable with a high percentage of inverted and free of odd material neither contamination of the finished product.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PROBLEMA

En el mercado ecuatoriano se comercializa y consume distintos tipos de edulcorantes, ya sean en forma líquida o sólida. Sin embargo, el consumo y utilización de sacarosa cristalizada por pequeñas y grandes industrias del sector alimentario ha dado lugar a un fortalecimiento e innovación de productos nuevos derivados del azúcar.

La falta de investigación, conocimientos y manejo de técnicas se puede considerar como un limitante al desarrollo agroindustrial.

Existe en nuestro medio una diversidad de materias primas, entre las cuales se encuentra la sacarosa cristalizada, que a partir de la misma se puede desarrollar subproductos como la sacarosa invertida líquida que elaborada bajo parámetros técnicos garanticen la estabilidad e inocuidad y permiten su introducción en la industria.

El uso de azúcar cristalizada en ciertos productos alimenticios, presenta dificultad de incorporación directa en el momento de la disolución como es el caso de las bebidas frías, yogurt, energizantes, manjares etc, provocando una inadecuada homogeneidad en el producto terminado.

El bajo impulso a las industrias, induce la carencia de información de desarrollo de productos agroindustriales que proporcionen y optimicen tiempo en la producción, la estabilidad de la sacarosa invertida líquida es una nueva alternativa de edulcorante con un enfoque de aprovechamiento, comercialización, conservación e industrialización de la misma, dando oportunidad a nuevos mercados que conlleven la innovación y tecnología de productos elaborados en el país.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El área de producción de caña de azúcar en Ecuador es de 82.749 ha durante el último censo realizado en el 2011 que se orienta a la agro industrialización, de las cuales la mayoría se utiliza para la fabricación de azúcar y el resto para la elaboración artesanal de panela y alcohol. El centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador encontró que el incremento será más notorio en los próximos años debido al uso previsto de alcohol como carburante. El azúcar que se produce en Ecuador es básicamente para consumo nacional.

Linden& Lorient (1994) la sacarosa es un alimento glucídico muy importante para los individuos desarrollados; es por otra parte el único alimento puro cristalizado que consume el hombre. En el mercado se presenta en forma de una materia cristalina blanca y brillante (prismas romboides) que no es higroscópica.

La actual investigación busca estabilizar la sacarosa invertida líquida, sin la utilización de conservantes ni preservantes, manteniendo parámetro de calidad físico y microbiológico que faciliten su consumo.

La sacarosa invertida líquida es una separación por hidrólisis de fructosa y glucosa, su aplicación en productos agroindustriales es importante, pues ayuda a controlar la estabilidad e inocuidad, es un producto de menor susceptibilidad a contaminación microbiana ayudando a la conservación, e incrementando la productividad.

Debido a todas estas consideraciones, creo de extrema importancia el aportar con la presente investigación la "Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales", brindando opciones que permitan mejorar y optimizar las líneas de producción agroindustrial aplicada a diferentes productos.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar los parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer el pH óptimo para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida.
- Evaluar el tiempo de inversión, mediante hidrólisis ácida.
- Identificar las mejores condiciones de almacenamiento.
- Determinar las características organolépticas del producto final.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. NULA**

**HO=** El pH, tiempo de inversión y la temperatura no influyen en la estabilidad de la sacarosa invertida líquida.

### **1.4.2. ALTERNATIVA**

**HA=** El pH, tiempo de inversión y la temperatura influyen en la estabilidad de la sacarosa invertida líquida.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

De acuerdo a Sarmiento & Díaz (2005), la cadena agroindustrial correspondiente al azúcar, comprende actividades productivas tales como; el cultivo de la caña de azúcar, industrialización, comercialización, los consumidores así como también cualquier otro tipo de actividades que sirven de apoyo y que intervienen en forma directa e indirecta en la creación de bienes finales.

El 92% de la producción de caña se concentra en la Cuenca Baja del Río Guayas, es decir, en la provincia de los Ríos, Guayas y Cañar. Extendiéndose además, importantes cultivos en las provincias de Imbabura y Loja. (p. 15).

##### **2.1.1. PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN EL PAÍS**

Según Sarmiento & Díaz (2005), la producción azucarera ecuatoriana está conformada por seis ingenios azucareros: La Troncal, San Carlos, Valdez, Isabel María, IANCEM y Monterrey, los tres primeros producen el 90 % de la producción nacional, estos ingenios así como el Ingenio Isabel María están ubicados 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 interzafra ( se destina solamente a reparación de maquinaria) entre enero- junio. (p. 18).

Es interesante destacar que el esfuerzo privado, de las mismas industrias, constituidas en una Fundación, ha logrado poner en marcha un gran centro de investigación,(CINCAE, 2008), de renombre mundial, con resultados extraordinarios en la obtención de variedades de mayor productividad; en el control limpio de plagas y enfermedades; en recomendaciones para un buen manejo de suelos y óptima fertilización. Es la única manifestación documentada, no estatal, de estudios científicos agrícolas. (p. 4).

## 2.2. SACAROSA

Spencer (1967) menciona que la sacarosa es un disacárido producido por la condensación de glucosa y fructosa, y tiene una fórmula empírica  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (peso molecular 342.30 g/mol). Se ha determinado que su estructura y configuración estereoquímica son las de  $\alpha$ -D-glucopiranosil- $\beta$ -D-fructofuronasido. Su hidrólisis parcial se aprovecha en la elaboración de azúcar invertido usado en bebidas, ya que se reduce el porcentaje de azúcar necesario para proporcionar un dulzor determinado. (p.28).

Herrero & Silva (1991), manifiestan que la sacarosa se encuentra en muchos vegetales disuelta en la sabia; pero no todos en cantidad suficiente para su obtención industrial. La caña de azúcar es la principal fuente de producción, y por su orden de importancia pueden ser como sigue: caña, remolacha, sorgo y maíz. (p. 12).

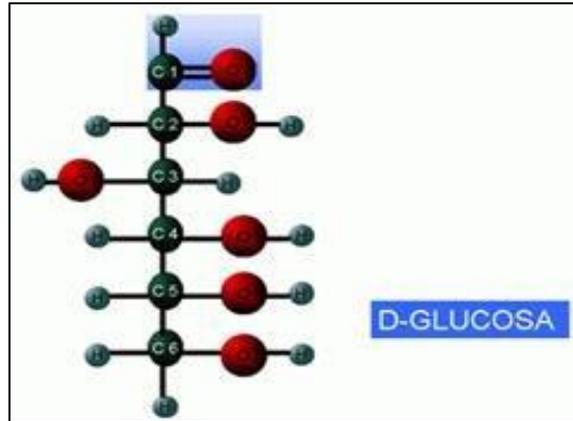
Morillo & Puma (2009) encontraron que, la sacarosa es altamente soluble en agua, más que la glucosa, aunque menos que la fructosa. Cuanto mayor sea la concentración de sacarosa, más elevado será el punto de ebullición de dichas soluciones. Para controlar el nivel de agua final en los dulces, los fabricantes se valen de la relación tan precisa que existe entre el punto de ebullición y la concentración de sacarosa.(p.16).

### 2.2.1. GLUCOSA

Para Morillo & Puma (2009), la glucosa es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la fructosa pero con diferente estructura. Es una hexosa (6 átomos de carbono). Es el compuesto orgánico más abundante en la naturaleza. Se la encuentra en las frutas o en la miel. Todas las frutas naturales tienen cierta cantidad de glucosa (a menudo con fructosa), que puede ser extraída y concentrada para hacer un azúcar alternativo.

Pero a nivel industrial tanto la glucosa líquida (jarabe de glucosa) como la dextrosa (glucosa en polvo) se obtienen a partir de la hidrólisis enzimática de almidón de cereales (generalmente trigo o maíz). (p.16).

Herrero & Silva (1991), esta sustancia forma con la levulosa un producto de descomposición. Es uno de los constituyentes de la caña de azúcar en cualquier época de crecimiento, por lo cual se encuentra siempre en el guarapo (jugo) en mayor o menor cantidad. Su fórmula química molecular es  $C_6H_{12}O_6$  y pertenece a los tipos de monosacáridos (Aldohexosas). (p. 17).



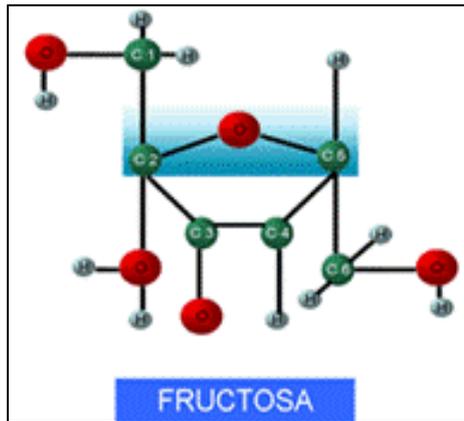
**Figura 1.** Estructura química de la glucosa.

Fuente: (BIO, 2010)

### 2.2.2 FRUCTOSA

Señala Chen (1991), la fructosa es llamada también azúcar de frutas, la fructosa es más dulce que la sacarosa y la glucosa; de las tres es la menos abundante en la caña. A semejanza de la glucosa, es más abundante en las partes de crecimiento de la planta y con menor cantidad en la parte inferior del tallo y las raíces. La fructosa disminuye con la maduración y puede ser imposible de detectar en algunas variedades de alta pureza. Las moléculas de fructosa se polimerizan (se condensan) para formar el leván e inulina, un producto de almacenamiento de ciertas plantas. (p. 48).

Mejía & Serrano (2011) la fructosa, o levulosa, es una forma de azúcar encontrada en las frutas y en la miel. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura. Es una cetohexosa (6 átomos de carbono). Su poder energético es de 4 kilocalorías por cada gramo. Su fórmula química es  $C_6H_{12}O_6$ . (p.20).

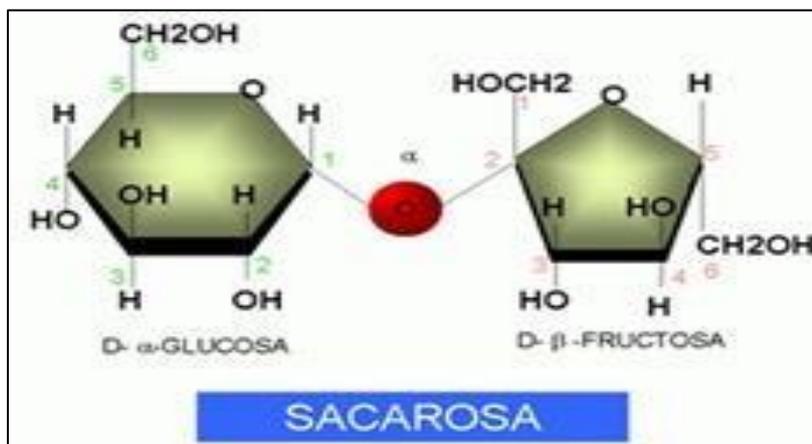


**Figura 2.** Estructura química de la fructosa.

Fuente: (BIO, 2010)

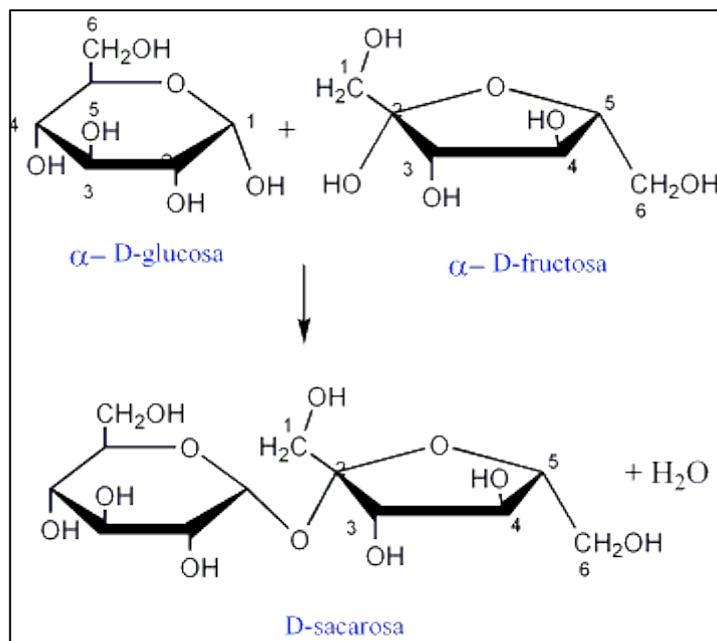
### 2.2.3. ESTEQUIOMETRÍA DE LA SACAROSA

Norman (1984), señala" el que la sacarosa no experimente mutarrotación, no sea reductora y no forme osazona, indica que los grupos carbonilo de los monosacáridos se hallan totalmente en forma acetal y cetal." (p. 67).



**Figura 3.** Estequiometria de la sacarosa

Fuente:(BIO, 2010)

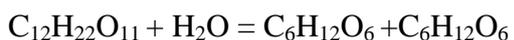


**Figura 4.** Hidrolisis de la sacarosa.

### 2.3. HIDRÓLISIS DE LA SACAROSA

Menciona Moreno (2014), en presencia del  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y en caliente la sacarosa se hidroliza, es decir, incorpora una molécula de agua y se descomponen los monosacáridos que lo forman, glucosa y fructosa, que si son reductores. La prueba de que se ha verificado la hidrólisis se realiza con el licor de Fehling y si el resultado es positivo, aparecerá un precipitado rojo, si el resultado es negativo, la hidrólisis no se ha realizado correctamente y si el resultado es final aparece una coloración verde en el tubo del ensayo, se debe a una hidrólisis parcial de la sacarosa. Se lleva a cabo alta temperatura tras ajustar el pH en una zona muy ácida.

Según Spencer (1967). La sacarosa se hidroliza con facilidad en soluciones ácidas a velocidades que aumentan notablemente según el incremento de temperatura y disminución del pH con liberación de monosacáridos constituyentes (p.29).



Sacarosa    Agua    Glucosa    Fructosa

#### 2.3.1. HIDROLISIS CINEMÁTICA DE LA SACAROSA.

Buschmann & Hajek (1988), describe el método de la inversión de la sacarosa que se basa en el hecho que la velocidad de reacción para la inversión de una solución acidificada de la

sacarosa es dependiente de la temperatura y del tiempo de exposición esa temperatura dada para un pH determinado la velocidad de reacción puede ser controlada mediante mediciones polarimétricas. (p.30).

### **-Velocidad de reacción**

Determinan Chang & College (2002) la cinética química es el área de la química que tiene relación con la rapidez o velocidad con que ocurre una reacción química. La palabra cinética sugiere movimiento o cambio. En este caso, cinética se refiere a la velocidad de reacción que es el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto al tiempo. (p. 510).

Cuellar (2011) detalla el proceso de hidrólisis de la sacarosa origina glucosa y fructosa según la reacción:



La reacción se encuentra catalizada por ácidos, siendo el objetivo la determinación de la constante de velocidad de esta reacción aprovechando las propiedades ópticas de reactivos y productos.

Cinética; para una reacción química tal y como esta expresada la reacción (1) la velocidad de reacción puede definirse como la disminución de la concentración de sacarosa con el tiempo.

Esta reacción es prácticamente irreversible y por su mecanismo pertenece a las reacciones biomoleculares. Por consiguiente, su velocidad puede ser calculada por la ecuación:

$$K = 1/t \ln (C_0/C_f)$$

Dónde:

$C_0$ : concentración inicial de la sacarosa.

$C_f$ : Concentración de sacarosa en un tiempo  $t$

$t$ : es el tiempo que ha transcurrido, desde el inicio de la reacción, hasta el momento de la medición.

La velocidad de reacción, en ausencia de catalizador es baja, por lo cual la presencia de iones hidrógeno en la solución puede acelerar la reacción. (p. 2).

## 2.4. SOLUBILIDAD DE LA SACAROSA

Según Herrero y Silva (1991), la sacarosa es muy soluble en agua aumentando esta propiedad al elevarse la temperatura. En la Tabla 1, puede apreciarse la solubilidad de la sacarosa. (p. 12).

**Tabla 1.** Solubilidad de la sacarosa en agua destilada de 0 a 100°C de temperatura

Sacarosa		Sacarosa	
Temperatura	Porcentaje	Temperatura	Porcentaje
°C	%	°C	%
0	64.18	55	73.20
5	64.87	60	74.18
10	65.58	65	75.18
15	66.33	70	76.27
20	67.09	75	77.27
25	67.89	80	78.36
30	68.70	85	79.66
35	69.55	90	80.61
40	70.42	95	81.77
45	71.32	100	82.79
50	72.25		

**Fuente:** (Herrero & Silva, 1991) (p. 13)

Si se evapora una solución de sacarosa en agua destilada, lo mismo que si se deja enfriar una solución saturada de sacarosa en caliente se cristaliza, los cristales crecen a medida que el líquido en el que se han formado es más puro, siendo la cristalización más lenta. (p.14).

Herrero y Silva (1991) definen a la solubilidad de un compuesto en un solvente concreto y a una temperatura y presión dada se define como la cantidad máxima de ese compuesto que puede ser disuelta en la solución. En la mayoría de las sustancias, la solubilidad aumenta al aumentar la temperatura del solvente.

En general, la mayor solubilidad se da en soluciones cuyas moléculas tienen una estructura similar a las del solvente. (p. 15).

## 2.5. AZÚCAR INVERTIDO

Vega (2014), ostenta que el azúcar invertido se llama así a la mezcla de los azúcares (+) D-glucosa y (-) D-fructosa obtenida a partir de la inversión (hidrólisis) de la sacarosa. El grado de inversión puede variar de poco a total. Comercialmente se utiliza los grados medio y total. En el azúcar invertido media, la mitad de la sacarosa se ha descompuesto mientras la otra mitad permanece inalterada. En el azúcar invertido total no queda sacarosa pues toda se ha convertido en glucosa y fructosa. (p. 2).

De acuerdo a Linden y Lorient (1994), en el plano industrial, el azúcar invertido se produce bien por catálisis enzimática, bien por catálisis ácida. La catálisis enzimática está particularmente adaptada a la producción de azúcar invertido con un grado de hidrólisis muy alto. La vía ácida libre, utilizada tradicionalmente, conduce a jarabes fuertemente mineralizados (tras neutralizaciones del ácido) y muy coloreados (coloración debida a las condiciones drásticas de la reacción). (p. 35).

Aroca (2010) demuestra que la sacarosa se convierte en dos azúcares reductores, es decir en partes iguales de dextrosa y levulosa, y se conoce entonces como azúcar invertido. La sacarosa tiene un peso molecular de 342g y el azúcar invertido de 360g, siendo la diferencia de 18g el peso molecular del agua. (p. 3).

Durante el proceso de inversión, según (Aroca, 2010), una molécula de agua se incorpora en los azúcares; esta es la razón porque 95 partes de sacarosa producen 100 partes de azúcar invertido. El grado de inversión está influenciado por tres factores:

- 1.\_ Concentración en hidrogeniones (pH) de la mezcla.
- 2.\_ Temperatura de cocción.
- 3.\_ Tiempo de cocción. (p.3).

Según Badui (2006) al existir fructosa el azúcar invertido es más dulce que la sacarosa. Obteniendo una relación de 100-127 entre el dulzor de la sacarosa y el azúcar invertido; por lo que si consideramos un valor arbitrario de 100 para el poder edulcorante, el de la fructosa es de 180 y el de la glucosa de 74; consecuentemente, el del azúcar invertido será promedio:  $(180+74)/2=127$ ; es decir, es 27% más dulce que la sacarosa. Otra característica es que no cristaliza, por lo que se utiliza en algunos derivados de la confitería. (p.23).

### **2.5.1. PRINCIPIOS DE LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA**

La sacarosa o azúcar invertido líquido es una solución viscosa densa, bacteriológicamente controlada, de tono amarillo pálido transparente. Es elaborada a partir de cristales de azúcar y agua destilada, cumpliendo con las máximas exigencias de calidad e inocuidad en todo su proceso, obteniendo un producto de alta pureza, ideal para la elaboración de una amplia gama de alimentos sólidos como también bebidas, esencias, etc, cuya función es la de endulzar de manera espontánea y eficaz.

Orozco (2009), afirma que el azúcar invertido es uno de los ingredientes solicitados en algunas recetas de repostería, panadería, confitería y jarabes entre otras, es más dulce que el azúcar común o sacarosa y ayuda a mantener el sabor dulce y la humedad de los productos en los que se aplica. (p.34).

#### **2.5.1.1 Antecedentes de la inversión de la sacarosa líquida.**

Menciona Chen (1991) el azúcar de caña normalmente es comercializado en forma granular, con diversas calidades referidas a su contenido de impurezas, es decir, sustancias que no son sacarosa y que contribuyen principalmente a mayores índices de color y de cenizas y que corresponden a componentes minerales tales como potasio, calcio, magnesio, sulfatos y fosfatos entre otros. (p. 52).

Como insumo industrial, el azúcar es utilizada para distintos procesos y algunos usuarios la requieren en forma de jarabe para incorporarla a sus procesos, por lo que ellos realizan una operación de dilución en agua para obtener un jarabe de sacarosa y lo procesan para depurarlo, obteniendo lo que comúnmente se le denomina azúcar líquida.

#### **2.5.1.2. Uso de la sacarosa invertida líquida en la industria alimenticia.**

La sacarosa invertida líquida es un jarabe de sacarosa prácticamente blanco que se utiliza en la producción de una amplia gama de bebidas y productos alimentarios. También puede usarse en aplicaciones no alimentarias, como sustrato en procesos de fermentación industriales.

Se utiliza en diferentes áreas tales como;

- Postres lácteos (como pudines, yogur aromatizado o con fruta).
- Frutas en vinagre, aceite o salmuera.
- Frutas en conserva, enlatadas o en frascos (pasteurizadas).

- Confituras, jaleas, mermeladas.
- Pulpas y preparados de hortalizas.
- Néctares de frutas u hortalizas.
- Bebidas a base de agua aromatizadas con o sin gas, incluidos los ponches de fruta y las limonadas y bebidas similares.
- Bebidas alcohólicas aromatizadas (p. ej., cerveza, vino y bebidas con licor tipo bebida gaseosa, bebidas refrescantes con bajo contenido de alcohol).

### **2.5.1.3. Ventajas de la sacarosa invertida líquida en la industria alimentaria**

Las ventajas que ofrece el uso de la sacarosa líquida en la industria alimentaria son:

- No hay pérdida de producto como la azúcar contenida en sacos que puede derramarse al vaciar los sacos.
- Requiere de poco tiempo para disolverse, se disuelve instantáneamente en agua fría o caliente.
- Pasteurizada y libre de impurezas, durante el proceso de esterilización no existen cambios de textura ni presencia de olores ni sabores extraños.
- Control de la cristalización.
- Al no tener una textura granulada no requiere de altas temperaturas para manipularla.
- Es fácilmente digerible.
- Más fácil de almacenar y manejar.

Aroca (2010) encuentra que el azúcar invertido retarda o impide la cristalización de la sacarosa en la mermelada, resultando por lo tanto, esencial para la buena conservación del producto el mantener un equilibrio entre la sacarosa y el azúcar invertido. (p.3).

## **2.6. ESTABILIDAD.**

La Organización de los alimentos y la agricultura FAO (2006) establece que, la acción de estabilizar mediante procesos que se añaden a un sistema que permite al mismo mantenerse sin peligro de cambiar, caer o desaparecer y recuperar el equilibrio.

Para tener seguridad alimentaria, una población, un hogar o una persona deben tener acceso a alimentos adecuados en todo momento. No deben correr el riesgo de quedarse sin acceso a los alimentos a consecuencia de crisis repentinas (por ej., una crisis económica o

climática) ni de acontecimientos cíclicos (como la inseguridad alimentaria estacional). De esta manera, el concepto de estabilidad se refiere tanto a la dimensión de la disponibilidad como a la del acceso de la seguridad alimentaria. (p.12).

Badui (2006) manifiesta, los diversos métodos de conservación se basan en el control de una o más de las variables que influyen en la estabilidad, es decir, actividad de agua, temperaturas, pH disponibilidad de nutrimentos y de reactivos, potencial de óxido-reducción, presión y presencia de conservadores. En este sentido la  $a_w$  es de fundamental importancia, y con base en ella se puede conocer el comportamiento de un producto.

En general mientras más altas sea la  $a_w$  (actividad de agua) y más se acerque a 1.0, que es la del agua pura, mayor será su inestabilidad, por ejemplo, en carnes, frutas y vegetales frescos que necesitan refrigeración por esta causa. Por el contrario, los alimentos estables a temperatura ambiente (excepto los tratados térmicamente y comercialmente estériles, como los enlatados), son bajos en  $a_w$  como sucede con los de humedad intermedia en los que el crecimiento microbiano es retardado. (p.21).

### **2.6.1. IMPORTANCIA DE LA ESTABILIDAD EN LA INVESTIGACIÓN**

La estabilización de la sacarosa invertida líquida lleva a una serie de procesos que permiten mantener las propiedades físicas y químicas del producto, utilizando parámetros adecuados para su estabilidad y por ende su conservación. La sacarosa invertida líquida ayuda a la incorporación inmediata de edulcorante en productos de elaboración agroindustrial manteniendo la textura ideal del producto.

Astiasaran & Martínez (2000) encuentran que, un alimento nunca se considera aislado pues siempre hay algo que lo rodea, como el aire o un líquido de gobierno. La relación alimento-entorno es lo que hace precisamente que consideremos a un alimento como un sistema, mismo que no permanece fijo sino que va cambiando con el tiempo, pues el alimento evoluciona con el ambiente que tiene alrededor. Como el componente mayoritario de los alimentos es agua, habrá una transferencia de este compuesto del alimento al entorno o viceversa, pudiendo afectar la seguridad del mismo, la estabilidad, la calidad y las propiedades físicas. (p.2).

Zumbado (2004) señala que los alimentos no son compuestos estáticos, sino dinámicos y consecuentemente las ciencias alimentarias deben estudiar la composición de los alimentos

y los efectos que sus componentes provocan en el curso de los diferentes procesos a que están sujetos los alimentos, investigando y descubriendo las conexiones que existen entre la estructura de los diferentes compuestos y sus propiedades organolépticas así como su capacidad de deterioro en función de su composición química. La caracterización de los alimentos proviene de los resultados de los diferentes ensayos a que puede someterse utilizando diferentes métodos de evaluación, los cuales pueden agruparse en función de los objetivos que persigan y los principios en que se fundamentan. Así, la evaluación de los alimentos involucra tres tipos de análisis: análisis físico-químico, análisis microbiológico y análisis sensorial. (p.1).

### **2.6.2. ESTABILIDAD DE SOLUCIONES**

En ciencias, una situación es estable si se mantiene en estado estacionario, es decir, igual en el tiempo y una modificación razonablemente pequeña de las condiciones iniciales no altera significativamente el futuro de la situación.

Zamora (2011) durante el término de su utilización, las propiedades de las soluciones pueden ser alteradas en sus propiedades químicas y funcionales, en particular en las de homogeneidad y estabilidad, que pueden conducir a cambios en la concentración. Por supuesto, si cambia la concentración del titulante, toda la determinación pierde su exactitud esperada. (p. 3).

Menciona Chavarro (2008).

La estabilidad de las soluciones depende de diferentes factores a saber:

- Su concentración, cuanto más diluida es menor su vida útil, por descomposición, como por adsorción sobre las paredes del recipiente y por contaminación.
- La inestabilidad química propia de la sustancia en cuestión, principalmente si se trata de una sustancia orgánica.
- El tiempo que permanecen en contacto la solución y el recipiente que la contiene.
- Las condiciones de almacenamiento, como ser: humedad, luz, cierre hermético, etc.
- La naturaleza del material con que está constituido el recipiente donde se almacena la solución. Puede tener lugar una reacción química entre la solución y el material o fenómeno de adsorción de la sustancia sobre la superficie del material del envase. (p. 12).

## **2.7. PARÁMETROS FÍSICOS QUE INTERVIENEN EN LA ESTABILIDAD DE LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA.**

Zumbado (2004) la caracterización de los alimentos proviene de los resultados de los diferentes ensayos a que pueden someterse utilizando diferentes métodos de evaluación, los cuales pueden agruparse en función de los objetivos que persigan y los principios en que se fundamentan. Así, la evaluación de los alimentos involucra tres tipos de análisis: Físico-químico, análisis microbiológico y análisis sensorial. (p.6)

### **2.7.1. pH**

Carreño, Garcés, Mosqueda & Rey (1970) encontraron que, en la mayoría de los procesos industriales es muy importante el control de los niveles de pH que presenten los productos que son elaborados o las soluciones que serán utilizadas para alguna parte del proceso. Su medición se emplea normalmente como indicador de calidad, es por ello que su regulación es muy importante. El pH que presenta el alimento será el resultado de los sistemas amortiguadores naturales que predomina en el mismo. De allí la importancia de controlar en los alimentos índices tales como la acidez total y pH. (p. 76).

Montville y Matthews (2009) definen que el valor de pH de un alimento es una medida en escala logarítmica de su acidez o de su basicidad. El pH se define por la relación  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ . Debido a que cada unidad de la escala de pH representa una diferencia de 10 veces, un alimento con un pH de 6 es 10 veces más ácido que uno con un pH de 7; pH de 5.0 es 100 veces más ácido. (p. 22).

Según Meza & Freire (2011), excesiva acidez puede causar demasiada hidrólisis, lo que forma un producto azucarado blando o líquido. Si el punto de ebullición se alcanza de forma lenta (por lo tanto, un tiempo de calentamiento más largo) aumenta la posibilidad de inversión, mientras que una velocidad rápida menor inversión. (p. 3).

### **2.7.2. ° BRIX**

(Including the Official Methods. South African Sugar Technologists Association, 1985).

"Los °Brix determinan la concentración de sólidos disueltos en una solución de sacarosa, basándose en una relación entre índices refractivos a 20°C y el % de masa total de sólidos solubles en una solución acuosa de sacarosa pura". (n.d).

Según Buenaventura (1989) el porcentaje en peso (P/P%) de sólidos disueltos en una solución. El °Brix puede ser medido por medio del aerómetro o hidrómetro y se llama Brix al hidrómetro; cuando se mide en el refractómetro se define como °Brix refractométrico. El sistema de medición específico, en el cual el °Brix, representa el porcentaje en peso de sacarosa pura en solución. En la industria azucarera se le considera como el porcentaje de sólidos disueltos y en suspensión, en las soluciones impuras de azúcar. (p.3).

### **2.7.3. AZÚCARES REDUCTORES**

McMaster, 1990; Ravno, 2001; citado por (Serrano, 2006) sustenta que:

Los azúcares reductores son el producto intermedio de la descomposición de la sacarosa y son el índice más empleado para la detección de pérdidas en jugos; sin embargo, estos azúcares son utilizados por la gran variedad de microorganismos encontrados en los jugos como fuente de carbono para desarrollarse y generar otros productos metabólicos como el etanol, ácidos orgánicos y CO<sub>2</sub>. Por esta razón algunos autores sugieren la cuantificación de otros productos finales del metabolismo como el ácido láctico, que son indicadores más precisos de pérdida de sacarosa por actividad microbiológica en el tándem de molinos. Sin embargo se hace necesario realizar estudios que permitan tener criterios de selección entre los indicadores que muestran mayor correlación en el metabolismo de microorganismos. (p. 27).

(Including the Official Methods. South African Sugar Technologists Association, 1985), argumenta que:

La sacarosa puede ser invertida por efecto enzimático o efecto físico químico en sus azúcares reductores, glucosa y fructosa. Su poder reductor se debe al grupo carbonilo que queda libre en su molécula. Este carácter reductor puede ponerse de manifiesto mediante diversos métodos, entre los cuales los más utilizados en los ingenios azucareros es el método de Eynon y Lane, en que se produce una reacción redox entre los azúcares reductores y el sulfato de cobre (II). Las soluciones de esta sal tiene color azul y tras la reacción con el azúcar reductor se forma óxido de cobre (I) de color rojo. De este modo, el cambio de color indica que se ha producido reacción por lo tanto, el azúcar reductor está presente. (n.d.).

-Cuantificación de azúcares reductores

El método Miller, por (Avila, Rivas, Hernández, & Chirinos, 2012) identifica a los azúcares reductores pueden reducir al ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) bajo determinadas condiciones. Cuando el ácido 3,5-dinitrosalicílico es reducido en presencia de calor, por los azúcares reductores que entran en contacto con él, se desarrolla un cambio de color parecido al café (con variaciones de amarillo hasta café). El cambio de coloración puede entonces determinarse por lecturas de densidad óptica, leídas por espectrofotometría a una determinada longitud de onda. (p. 13).

#### **2.7.4. TURBIEDAD.**

Menciona García (1997), la propiedad que tienen las soluciones de partículas muy finas de afectar la transmisión de la luz a través de ellas. La turbidez se expresa según el método usado para su determinación que puede ser:

- Unidades Jackson
- Unidades Nefelométricas (NTU)

Al igual que el color, la turbidez es un parámetro muy importante al medir la calidad del azúcar. La turbidez en una solución de azúcar, es causada por compuestos tales como polisacáridos, polifenoles de alto peso molecular (usualmente de pigmentos de plantas), minerales suspendidos (cenizas) cera de caña y otras partes de la planta. Se ha comprobado que la turbidez tiene una alta correlación con las características sensoriales atípicas en los refrescos carbonatados. (p. 3).

Según Tenelanda & Muyulema (2013), los valores de turbiedad sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y consecuentemente la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua. (p.16).

#### **2.7.5. DENSIDAD.**

Expone Albarrenga, (2001) la densidad o peso específico de un cuerpo es la relación entre su peso y el volumen de un cuerpo y se expresa en Kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ), gramos por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ). (p. 25).

(Gonzales, 2006): "La densidad, también llamada densidad absoluta y masa específica, se define como la masa por unidad de volumen." (p.1).

Buenaventura (1989), la densidad de soluciones acuosas de sacarosa puede servir como una medida de contenido de sacarosa. Aunque esto es preciso solamente para soluciones de sacarosa pura, los no azúcares presentes en la mayoría de los productos de proceso de azúcar influyen en los valores de densidad de una forma similar a la sacarosa. Por esta razón la densidad puede ser usada como medida aproximada de sustancia seca contenida en soluciones que contengan principalmente sacarosa. Basadas en la correlación que existe entre la densidad y la concentración de soluciones de sacarosa pura, se han elaborado cuadros que relacionan la densidad a 20°C relativa a la del agua a 4°C como una función de contenido de sacarosa de la solución (g/100g)

La densidad absoluta: se define como la relación de la masa por unidad de volumen de un cuerpo a una temperatura determinada. (p. 6)

**Tabla 2.** Tabla de gravedades específicas\* e índices de refracción de soluciones de sacarosa a 20°C.

Porcentaje de sacarosa m/m	Gravedad específica a 20/20 °C	Índice de refracción $n_{20/D}$	Porcentaje de sacarosa m/m	Gravedad específica a 20/20 °C	Índice de refracción $n_{20/D}$
0	1	1,33299	51	1,23727	1,42219
1	1,00389	1,33443	52	1,24284	1,42432
2	1,00779	1,33588	53	1,24844	1,42646
3	1,01172	1,33733	54	1,25408	1,42862
4	1,01567	1,3388	55	1,25976	1,4308
5	1,01965	1,34027	56	1,26548	1,43299
6	1,02366	1,34176	57	1,27123	1,4352
7	1,0277	1,34326	58	1,27703	1,43742
8	1,03176	1,34477	59	1,28286	1,43966
9	1,03586	1,34629	60	1,28873	1,44192
10	1,03998	1,34783	61	1,29464	1,4442
11	1,04413	1,34937	62	1,30059	1,44649
12	1,04831	1,35093	63	1,30657	1,44879
13	1,05252	1,3525	64	1,3126	1,45112
14	1,05677	1,35408	65	1,31866	1,45346
15	1,06104	1,35567	66	1,32476	1,45581
16	1,06534	1,34728	67	1,3309	1,45819
17	1,06968	1,3489	68	1,33708	1,46058
18	1,07404	1,36053	69	1,3433	1,46299
19	1,07844	1,36218	70	1,34956	1,46541
20	1,08287	1,36384	71	1,35585	1,46786
21	1,08733	1,36551	72	1,36218	1,47032
22	1,09183	1,36719	73	1,36856	1,47279
23	1,09636	1,36888	74	1,37496	1,47529
24	1,10092	1,37059	75	1,38141	1,4778
25	1,10551	1,3723	76	1,3879	1,48033
26	1,11014	1,374	77	1,39442	1,48288
27	1,1148	1,3758	78	1,40098	1,48544
28	1,11949	1,3775	79	1,40758	1,48803
29	1,12422	1,3793	80	1,41421	1,49063
30	1,12898	1,3811	81	1,42088	1,49325
31	1,13378	1,3829	82	1,42759	1,49589
32	1,13861	1,3847	83	1,43434	1,49854
33	1,14347	1,3865	84	1,44112	1,50121
34	1,14837	1,3883	85	1,44794	1,50391
35	1,15331	1,3902	86	1,4548	
36	1,15828	1,392	87	1,4617	
37	1,16329	1,3939	88	1,46862	
38	1,16833	1,3958	89	1,47559	
39	1,17341	1,3978	90	1,48259	
40	1,17853	1,3997	91	1,48963	
41	1,18368	1,4016	92	1,49671	
42	1,18887	1,4036	93	1,50381	
43	1,1941	1,4056	94	1,51096	
44	1,19936	1,4076	95	1,51814	
45	1,20467	1,4096	96	1,52535	
46	1,21001	1,4117	97	1,5326	
47	1,21538	1,4137	98	1,53988	
48	1,2208	1,4158	99	1,54719	
49	1,22625	1,4179	100	1,55454	
50	1,23174	1,42008			

\*Oficina Nacional de Estándares (National Bureau of Standards: ver Savage (1972).

+ Escala Internacional (International Scale) (Anon, 1973\*).

**Fuente:**(Kirk, Sawyer, & Egan, 2004)

### **2.7.6. TEMPERATURA**

Chavarro (2008) la temperatura es el factor ambiental de mayor impacto en la estabilidad de las soluciones volumétricas, les afecta a todo lo largo de su vida útil: en su valoración inicial, en almacenamiento, transporte y en su uso final. Sería ideal que la temperatura de la solución no sea alterada en todo el proceso pero, resulta obvio que tal condición es imposible de conseguir. (p.11).

### **2.7.7. HIDRÓLISIS**

La expresión hidrólisis se aplica a la reacción que disocia el agua en  $H^+$  y  $OH^-$  por la acción de sustancias que se combinan con una especie u otra (Gray y Haight, 1978, citado por (Flores, Caballero, & Moreira, 2008)); también se refiere a la reacción de los iones

La hidrólisis que se maneja en química orgánica se refiere generalmente al rompimiento de un enlace por la incorporación de uno de los iones del agua o bien de los lados en los productos de la hidrólisis. En este sentido, se habla de la hidrólisis de compuestos como haluros de alquilo, amidas, ésteres, nitritos entre otros más. (p.1).

### **2.7.8. CRISTALIZACIÓN**

Geankoplis (1998), define que la cristalización es un proceso de separación sólido-liquido en el que hay transferencia de masa de un soluto de la solución líquida a una fase cristalina sólida pura. Un ejemplo importante es la producción de sacarosa de azúcar de remolacha, donde la sacarosa se cristaliza en una solución acuosa. (p.27).

De acuerdo a Huerta (2011), la operación de cristalización consiste en separar un soluto de una solución mediante la formación de cristales de éste en el seno de la solución. Una vez formados los cristales se separan de la solución obteniéndose el soluto con un alto grado de pureza. Durante el proceso de cristalización los cristales deben formarse primero y luego crecer. El fenómeno de formación de pequeños cristales se le llama nucleación y a la formación capa por capa del cristal se le llama crecimiento.

La sobresaturación es la fuerza impulsora tanto de la nucleación como del crecimiento de los cristales. (p. 2).

De acuerdo a la investigación realizada por (Arca P, Esparza, Arca E, Escobar, Fundora, & Arca A, 1988) la cristalización puede ser considerada como la fase más importante en el

proceso azucarero. Una buena cristalización debe ser formada por granos parejos, libres de gemelos y conglomerados, de tamaño uniforme, cristales duros, y sobre todo en cantidad suficiente para lograr el máximo de agotamiento en las masas cocidas "C".

Existe en la práctica tres sistemas para lograr la cristalización.

1.- Sistema de espera o núcleos espontáneos. En este sistema la solución de sacarosa, meladura o mezcla de meladura y miel es considerada en el tacho hasta alcanzar la zona lábil de sobresaturación, es decir 1.40 a 1.60 de índice de sobresaturación. Al alcanzar dicha zona, la sacarosa disuelta comenzara cristalizar formándose gran cantidad de pequeñísimos cristales.

La experiencia visual del operador de los tachos es el que determina el punto de sobresaturación, y la cantidad y tamaño de los cristales formados. Llegando a ese punto, el operador detiene la formación de nuevos cristales al alimentar con meladura el tacho, lo que lleva la sobresaturación a la zona metaestable donde los cristales existen crecen pero no se forman nuevos cristales. (p.261).

En este sistema se depende en su totalidad de la habilidad y experiencia del operador de los tachos. Por otro lado, es bastante difícil lograr el tamaño de cristal requerido así como su cantidad en una forma repetitiva y constante. Este método debe remplazarse por los métodos más avanzados de choque y mejor aún por el semillamiento completo.

2.- Sistema de choque ("shock seeding"): En este sistema la meladura o mezcla de meladura y miel es concentrada hasta alcanzar un índice de sobresaturación de 1.35 a 1.40 (zona intermedia). Alcanzada esta zona se introduce en el tacho una pequeña cantidad de polvo de azúcar. En esta zona los cristales que se introducen provocan y aceleran la formación de nuevos cristales.

Este sistema puede usarse sin instrumentos tan solo dependiendo de la experiencia del operador, o con el uso de instrumentos que indican la sobresaturación.

3.- Sistema semillamiento completo ("full-seeding"): En este sistema ayuda de instrumentos que miden el índice de sobresaturación, para lograr y controlar el tamaño de los cristales y su cantidad, sin la intervención de la experiencia del operador. Con el empleo de estos sistemas se logra alta eficiencia en el agotamiento, menos perdidas de azúcar, y comercial de mucha más alta calidad. (p.262).

### 2.7.8.1. Equilibrio: Solubilidad y sobresaturación

- Solubilidad

De acuerdo a Huerta (2011), las relaciones de equilibrio para los sistemas de cristalización se presentan en forma de curvas de solubilidad. En estas curvas la solubilidad se expresa comúnmente en por ciento de peso de soluto a peso de solvente. Las curvas de solubilidad representan la solubilidad de soluciones saturadas a diferentes temperaturas. La saturación es el resultado del equilibrio entre la fase sólida y la fase líquida, y consecuencia de la igualación de sus potenciales químicos. (p.3).

- Sobresaturación

a. Región metaestable, donde el soluto en exceso a la concentración de equilibrio se deposita en cristales ya existentes (sembrados o formados por nucleación) pero no forma cristales nuevos o núcleos.

b. Región intermedia, donde el soluto en exceso a la concentración de equilibrio se deposita en cristales existentes y forma nuevos núcleos.

c. Región lábil, donde la formación de cristales nuevos o núcleos ocurre en forma espontánea a partir de una solución que no contiene cristales o semillas.

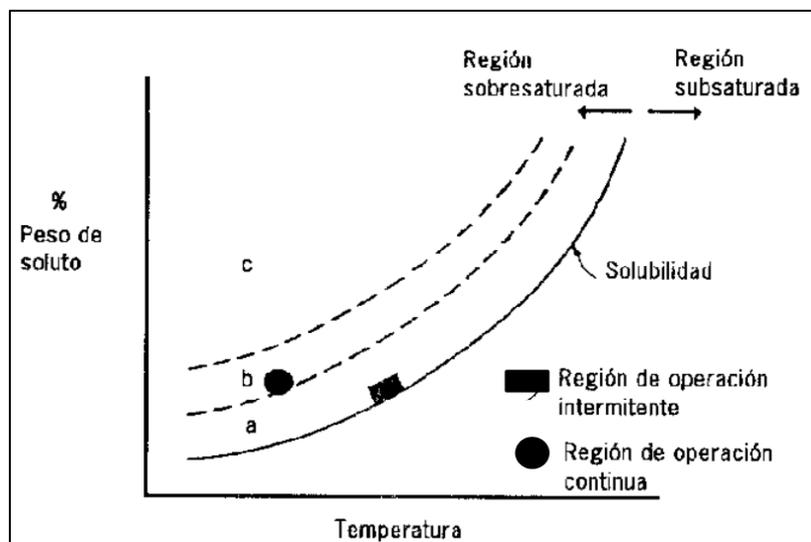


Figura 5. Curvas de sobresaturación

Fuente: (Huerta, 2011)

A diferencia de la solubilidad de equilibrio, los límites de estas tres zonas se controlan no sólo por el equilibrio sino también por los parámetros del proceso como el grado de agitación.

El conocimiento de la región de sobresaturación permite determinar regiones de operación.

### **Operación Intermitente:**

Propósito: lograr un tamaño de cristal lo más uniforme posible.

Grado de sobresaturación: Región metaestable, crecimiento de cristales ya existentes y no formación de nuevos núcleos.

### **Operación continúa:**

Propósito: Crecimiento y formación de nuevos núcleos.

Grado de sobresaturación: Límite inferior de la región Intermedia.

Además es necesario proveer un mecanismo de clasificación de cristales, de tal manera que sólo se retiren cristales de un mismo tamaño. (p. 4-5).

### **2.7.8.2. Recristalización**

Huerta (2011) esta técnica se basa en el hecho de que la mayoría de los compuestos incrementan su solubilidad con la temperatura, de modo que la muestra a recristalizar se disuelve en un disolvente o mezcla de disolventes a su temperatura de ebullición. Posteriormente, tras una serie de operaciones sencillas, se deja enfriar lentamente de modo que se genera una disolución del compuesto sobresaturada lo que favorece la formación de cristales de este al encontrarse en mayor proporción. La formación y crecimiento de cristales en una red ordenada de forma lenta favorece la incorporación de moléculas del compuesto excluyendo de esta red cristalina las moléculas de las impurezas, de modo que al final se obtiene un sólido enriquecido en el compuesto que queremos purificar. (p.6).

## **2.8. PARÁMETROS QUÍMICOS.**

### **2.8.1. Pol (Materia Prima)**

Engelke, 2002; citado por Serrano (2006) identifica como a los azúcares diluidos tienen 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 mediante un aparato óptico llamado polarímetro, de donde se deriva la expresión de Pol; este aparato envía un rayo de luz polarizada a través de una solución de sacarosa y mide la rotación de la luz después de pasar por el líquido. (p. 26).

Sustentan Herrero y Silva (1991) que el valor obtenido por la polarización directa en un sacarímetro de una solución de peso normal. Para los cálculos se toma como si fuera una sustancia real, y sustituye a la denominación *sacarosa aparente* usada con anterioridad. (p. 25).

Según el Ing. Rubén Guzmán Jefe del laboratorio del IANCEM citado por (Benítez & Guagalango, 2011), determina la calidad de materia prima que ingresa a fábrica mediante los siguientes parámetros de caracterización con respecto al contenido de sacarosa:

- < a 11 de Pol → caña mala
- 11 a 13 de Pol → caña regular
- 13 a 15 de Pol → caña buena
- > a 15 de Pol → caña muy buena

Pero pueden existir cañas con alto contenido de sacarosa a la vez con alto contenido de sustancias nitrogenadas, también ácidos orgánicos que no les hacen aptas para la industria azucarera (p. 27).

Identifica Buenaventura (1989) que la Dextrorrotación del plano de la luz polarizada causada por la actividad óptica de la sacarosa en soluciones acuosas es la base para la polarimetría del azúcar. El Angulo de rotación de soluciones acuosas de sacarosa pura es proporcional a la concentración, con precisión suficiente para servir como medida del contenido de sacarosa. Puesto que las soluciones de azúcar siempre contienen otras sustancias ópticamente activas, las cuales influyen en los valores de rotación, el resultado de una medida polarimétrica no es exactamente el reflejo del contenido de sacarosa pero puede ser considerado como una medida aproximada de contenido de esta, en productos que consisten predominantemente de sacarosa. (p. 10).

### **2.8.2. Cenizas.**

Define Chen (1991), a la ceniza como un residuo que queda después de la incineración. Es posible preguntarse si la ceniza definida y determinada es realmente el material cuya

cantidad se desea determinar, porque la ceniza no existe como tal en los productos de fabricación del azúcar. (p. 58).

## **2.9. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.**

Determina Castillo y Andino (2010) que este parámetro permite identificar la calidad del producto cuyos análisis se determinara la vida útil del mismo. La microbiología es el estudio de los microorganismos, de su biología, su ecología y, en nuestro caso su utilización en la producción de bienes agrícolas o industriales y su actividad en la alteración y deterioro de dichos bienes. Esta definición hace necesaria la de tres conceptos que se incluyen en ella: microorganismo, biología y ecología. El conocimiento de la biología y la ecología microbiana son imprescindibles para poder comprender de qué forma los microorganismos interactúan con los seres humanos y qué tipos de relaciones establecen con ellos. (p. 1).

De acuerdo a Rojas (2011) los microorganismos están presentes en todas las superficies exteriores de los utensilios, en el aire, en el agua, en los alimentos y en las cavidades internas del cuerpo que tienen conexión con el exterior (tracto respiratorio y tracto digestivo). En condiciones normales, los órganos y cavidades internas carecen de microorganismos, son estériles (estéril significa libre de microorganismos). De la misma manera, el interior de los músculos o de cualquier tejido sólido está estéril. (p. 48).

Según Casas (1999), los productos altamente azucarados se incluyen dentro de un amplio grupo de alimentos que se denominan de humedad intermedia, conocidos por sus siglas en inglés como IMF's (Intermediate Moisture Foods). Se consideran alimentos de humedad intermedia a aquéllos que poseen un contenido en agua entre 15 y 20% y una  $a_w$  con valores entre 0,60 y 0,85. Este término engloba a muchos alimentos sometidos a la adición de azúcar o sal, secado o curado, tratamientos que conducen a una mejor conservación de los productos, debido al hecho bien conocido de que disminuyendo la  $a_w$  mediante secado o adición de solutos, se puede retardar e incluso inhibir el crecimiento microbiano. (p. 4).

La Tabla 3 muestra algunos grupos de alimentos azucarados incluidos como alimentos de humedad intermedia atendiendo a las características de humedad y  $a_w$  previamente descritas.

**Tabla 3.** Principales productos azucarados de humedad intermedia, junto con su humedad y su actividad de agua.

Tipo de producto	Ejemplos	Humedad (%p/p)	Actividad de agua ( $a_w$ )
Azúcares, jarabes, conservas	Azúcar sin refinar	0,4-0,7	0,6-0,75
	Jarabes de azúcares		
	Azúcar invertido	20,36	0,7-0,86
	Miel, compota, mermelada	20-35	0,63-0,8
Concentrados de zumos de frutos	Zumo de frambuesa	35	0,79-0,8
	Zumo de naranja	35	0,80-0,84
	zumo de manzana	--	0,71-0,75
Productos de confitería y repostería	Caramelos y toffees	8	0,60-0,65
	Mazapán	15-17	0,67-0,8
	Cerezas glaseadas	30	0,75
	Pasteles de fruta	20-28	0,73-0,83
Chocolate	Relleno de chocolate	--	0,64
Frutas desecadas	Ciruelas, higos	20	0,68
	Dátiles	12.-25	0,60-0,65

-- datos no especificados

Fuente: (Casas, 1999)

### 2.9.1. MOHOS Y LEVADURAS.

Manifiesta Rojas (2011), “la microbiología se encarga del estudio de los organismos microscópicos, virus, bacterias, hongos y protozoarios, además de la relación que guardan con los humanos, animales, plantas y los propios microorganismos entre sí”. (p. 50).

Argumenta Carrillo (2003), los hongos son agrupados de acuerdo a diversos criterios que convergen en la taxonomía o sea el arte de ordenar a los seres según sus interrelaciones fisiológicas, morfológicas o moleculares. A continuación se indican algunas características de los reinos del dominio Eukarya que contienen a los diversos hongos y en la página siguiente se muestra un esquema de la división de los hongos en grandes grupos. (p. 43).

## **Levaduras**

Déak & Beuchat 1996 citado por (Carrilo, 2003) " las colonias pastosas corresponden a un grupo de hongos conocido como levaduras". (p. 44).

Menciona Casas (1999) la fermentación de los productos ricos en azúcar es la causa más común del deterioro. Los productos que han sufrido este tipo de deterioro adquieren turbidez (si son líquidos) y el contenido sólido se reduce -efecto que se describirá con detalle en el apartado de Discusión-, apareciendo además un intenso aroma alcohólico; si el producto está contenido en algún recipiente herméticamente cerrado, éste se hinchará debido a la producción de CO<sub>2</sub>. (p. 6).

En estos alimentos, pueden desarrollarse poblaciones de levaduras de hasta 10<sup>6</sup>-10<sup>9</sup> células/g (Fleet, 1992), Ingram, ya en 1957, estableció que cualquier sustrato rico en azúcar invariablemente enriquece levaduras osmotolerantes a menos que se mantengan condiciones de higiene muy estrictas. En la industria, además de estas condiciones de higiene, deben adoptarse controles de rutina tanto para materias primas como durante el procesado del alimento, para detectar la contaminación cuando ésta se encuentra todavía en bajos niveles y evitar así el deterioro final de los productos (p. 65).

Encuentra Casas (1999) que respecto a la alteración producida por levaduras, una primera manifestación puede ser la formación de biomasa, que es especialmente evidente cuando la levadura es pigmentada, como es el caso de *Rhodotorulaspp.*; en líquidos, la aparición de biomasa se detecta por la aparición de turbidez. Cuando la presencia de biomasa queda enmascarada por el propio alimento, la alteración puede deberse a los productos del metabolismo de las levaduras; entre éstos, cabe destacar la formación de gas -CO<sub>2</sub>-, que distorsiona la forma de los envases y/o los propios productos, y la aparición de diversos olores y sabores de fondo, provocados por la formación de alcoholes, ácidos orgánicos y ésteres (p. 2).

# CAPÍTULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. MATERIALES

#### 3.1.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS

Materia Prima	Insumos
Azúcar	Agua destilada
	Ácido fosfórico 82%, 1,6885g/cm <sup>3</sup> peso-peso
	Oxido de calcio

#### 3.1.2. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES

Equipos
pH-metro
Termómetro
Refractómetro
Equipo soxhlet
Equipo para titulación

Reactivos
Solución de Fehling A factor de corrección de glucosa 0,0624
Solución de Fehling B factor de corrección de glucosa 0,0624
Azul de metileno solución indicadora

#### Materiales

- Material de vidrio

### 3.2. MÉTODOS

#### 3.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el laboratorio de análisis Físico, Químico y Microbiológico de la Universidad Técnica del Norte el mismo que cuenta con los equipos necesarios para realizar los respectivos análisis y pruebas.

### 3.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental aplicado en la investigación es un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial A x B x C; donde el factor A es pH óptimo, factor B tiempo de inversión y factor C condiciones de almacenamiento.

### 3.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Número de repeticiones por tratamiento: Tres (3).

Número de tratamientos: Treinta y dos (32).

Número de unidades experimentales: Noventa y seis (96).

### 3.2.4. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental son soluciones azucaradas con un volumen de 500 ml.

### 3.2.5. ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla 4. ADEVA

FUENTE DE VARIACIÓN	GL
TOTAL	95
Tratamientos	31
Repeticiones	2
( F A )	3
( F B )	3
( F C )	1
I AXB	9
I AXC	3
IBXC	3
I AXBXC	9
Error experimental	64

### 3.2.6. ANÁLISIS FUNCIONAL

Se calcula el Coeficiente de Variación (CV), prueba de Tukey al 5% para tratamientos, Diferencia Mínima Significativa (DMS) para Factores, y prueba de Friedman para evaluar las pruebas no paramétricas (características organolépticas), como color, olor, sabor consistencia y aceptación.

### 3.2.7. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores en estudio fueron los siguientes: condiciones de pH, tiempo de inversión y condiciones de almacenamiento; los mismos que fueron establecidos mediante la realización de pruebas preliminares.

**Factor A:** Condiciones de pH

**Tabla 5.** Condiciones de pH

<b>NIVEL</b>	<b>Ph</b>
<b>A1</b>	2
<b>A2</b>	3
<b>A3</b>	4
<b>A4</b>	5

**Factor B:** Tiempo de inversión

**Tabla 6.** Tiempo de inversión

<b>NIVEL</b>	<b>Tiempo (min)</b>
<b>B1</b>	0
<b>B2</b>	10
<b>B3</b>	20
<b>B4</b>	40

**Factor C:** Condiciones de almacenamiento

**Tabla 7.** Condiciones de almacenamiento

<b>NIVEL</b>	<b>Condiciones de almacenamiento</b>
<b>C1</b>	Refrigeración
<b>C2</b>	Ambiente

### 3.2.8. TRATAMIENTOS

La combinación de los factores en estudio A (pH), B (Tiempo de inversión) y C (Condiciones de almacenamiento) se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 8.** Tratamientos

TRAT.	F.A	F.B	F.C	COMB.	DESCRIPCIÓN
1	A1	B1	C1	A1B1C1	pH 2, 0 min, refrigeración
2	A1	B1	C2	A1B1C2	pH 2, 0 min, ambiente
3	A1	B2	C1	A1B2C1	pH 2, 10min, refrigeración
4	A1	B2	C2	A1B2C2	pH 2, 10 min, ambiente
5	A1	B3	C1	A1B3C1	pH 2, 20 min, refrigeración
6	A1	B3	C2	A1B3C2	pH 2, 20 min, ambiente
7	A1	B4	C1	A1B4C1	pH 2, 40 min, refrigeración
8	A1	B4	C2	A1B4C2	pH 2, 40 min, ambiente
9	A2	B1	C1	A2B1C1	pH 3, 0 min, refrigeración
10	A2	B1	C2	A2B1C2	pH 3, 0 min, ambiente
11	A2	B2	C1	A2B2C1	pH 3, 10 min, refrigeración
12	A2	B2	C2	A2B2C2	pH 3, 10 min, ambiente
13	A2	B3	C1	A2B3C1	pH 3, 20 min, refrigeración
14	A2	B3	C2	A2B3C2	pH 3, 20 min, ambiente
15	A2	B4	C1	A2B4C1	pH 3, 40 min, refrigeración
16	A2	B4	C2	A2B4C2	pH 3, 40 min, ambiente
17	A3	B1	C1	A3B1C1	pH 4, 0 min, refrigeración
18	A3	B1	C2	A3B1C2	pH 4, 0 min, ambiente
19	A3	B2	C1	A3B2C1	pH 4, 10 min, refrigeración
20	A3	B2	C2	A3B2C2	pH 4, 10 min, ambiente
21	A3	B3	C1	A3B3C1	pH 4, 20 min, refrigeración
22	A3	B3	C2	A3B3C2	pH 4, 20 min, ambiente
23	A3	B4	C1	A3B4C1	pH 4, 40 min, refrigeración
24	A3	B4	C2	A3B4C2	pH 4, 40 min, ambiente
25	A4	B1	C1	A4B1C1	pH 5, 0 min, refrigeración
26	A4	B1	C2	A4B1C2	pH 5, 0 min, ambiente
27	A4	B2	C1	A4B2C1	pH 5, 10 min, refrigeración
28	A4	B2	C2	A4B2C2	pH 5, 10 min, ambiente
29	A4	B3	C1	A4B3C1	pH 5, 20 min, refrigeración
30	A4	B3	C2	A4B3C2	pH 5, 20 min, ambiente
31	A4	B4	C1	A4B4C1	pH 5, 40 min, refrigeración
32	A4	B4	C2	A4B4C2	pH 5, 40 min, ambiente

### **3.2.9. VARIABLES EVALUADAS**

En esta investigación se realizó los siguientes análisis con la finalidad de caracterizar los parámetros óptimos del producto final mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.

La estabilidad de la sacarosa invertida líquida, se evaluó a través de pH, azúcares reductores, turbiedad, densidad, cristalización, °Brix, peso neto, características organolépticas como color, olor, sabor y aceptabilidad a cada uno de los tratamientos en las diferentes condiciones de almacenamiento.

La variable cuantitativa de la materia prima (azúcar cristalizada) se obtuvo a través de la ficha técnica otorgada por IANCEM.

Para cada tratamiento se elaboró un volumen de 500 ml de sacarosa líquida, cuyas variables fueron analizadas al inicio y final del experimento con un periodo de conservación de dos meses, en la fase inicial luego de elaborada la sacarosa invertida líquida transcurrido 24 horas de producción se procedió a realizar los análisis de las variables propuestas, pasado los dos meses de elaboración de la sacarosa invertida líquida se efectuó las diferentes evaluaciones a cada uno de los tratamientos para su respectiva identificación de estabilidad en el producto.

#### **❖ Variables cuantitativas de la materia prima (ficha técnica del IANCEM)**

- Pol
- Color
- Cenizas
- Material insoluble
- pH

#### **❖ Variables cuantitativas en el proceso**

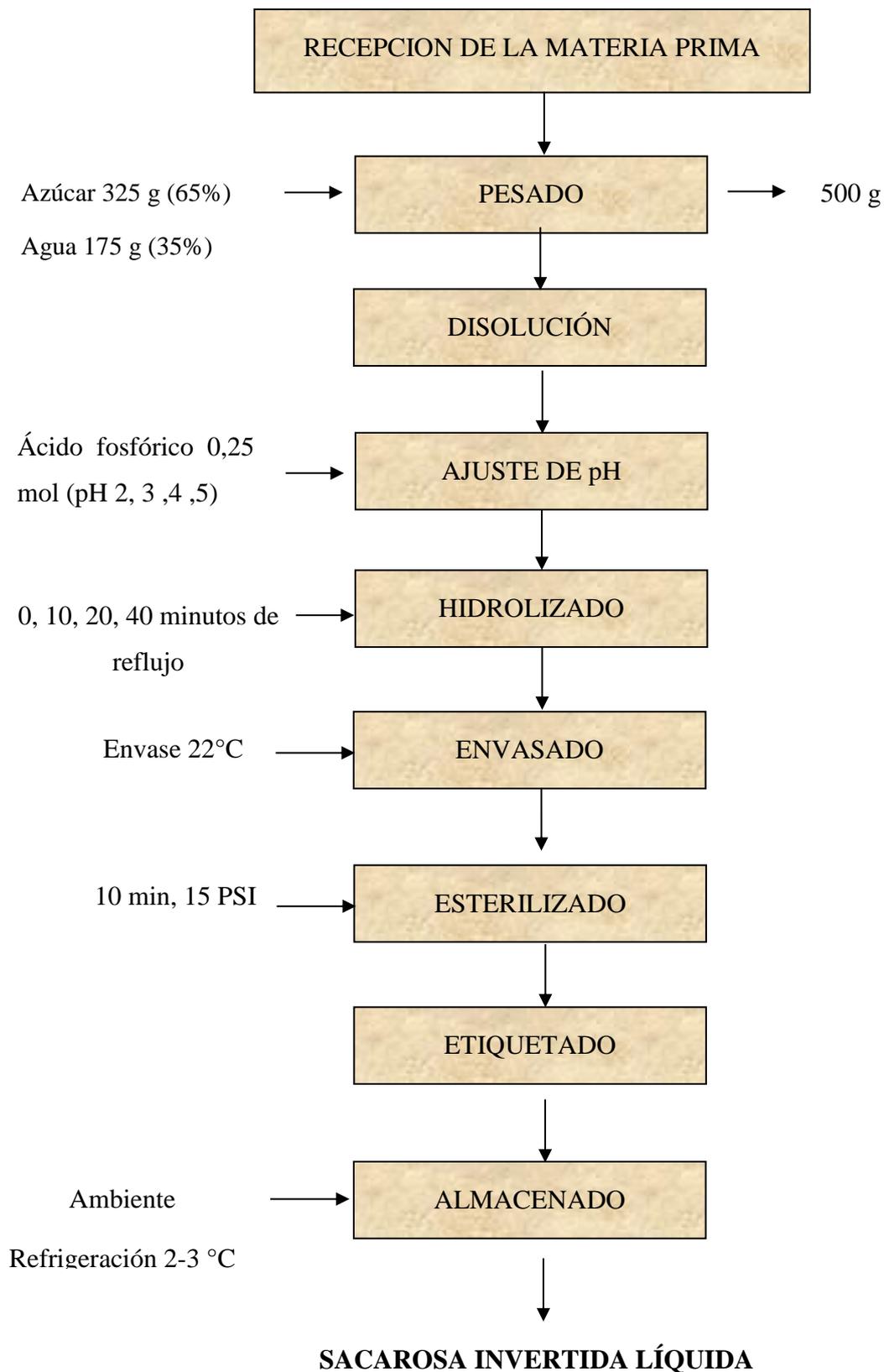
- Turbiedad
- Azúcares Reductores
- Densidad

- Peso
- ❖ **Variables cuantitativas en el producto terminado**
  - Turbiedad
  - Azúcares Reductores
  - Densidad
  - Peso
  - Cristalización
  - °Brix
- ❖ **Variables cualitativas**
  - Color
  - Olor
  - Sabor
  - Aceptabilidad
- ❖ **Análisis microbiológico en el producto terminado**
  - Rcto. de mohos y levaduras

### **3.3. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.**

Para estimar el mayor rendimiento en cuanto a la estabilidad de la sacarosa invertida líquida se requerirá contar con parámetros óptimos exactos sobre la inversión de la sacarosa en los diferentes tratamientos.

### 3.3.1. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACIÓN DE LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA.



### 3.3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

#### - Recepción de la materia prima

El azúcar cristalizado en ocasiones presenta materia extraña a causa del medio en el que se ha procesado, para una efectiva disolución es necesario un azúcar blanco libre de impurezas.



**Fotografía 1.** Recepción de la sacarosa cristalizada

#### - Pesado

La cantidad de sacarosa cristalizada es de 325 g y agua purificada de 175 ml completando la unidad experimental de 500 ml de sacarosa invertida líquida, es decir para llegar a una concentración de 100% distribuido en 65% de sacarosa y 35% de agua datos que fueron obtenidos mediante pruebas preliminares, determinando en si los valores aplicados.



**Fotografía 2.** Pesado de la sacarosa

### - Disolución

La disolución fue realizada con un agitador magnético, destruyendo totalmente el cristal de sacarosa, una vez disuelta la sacarosa se procede a ajustar los niveles de pH establecidos en el factor A con pH de 2, 3, 4, 5 respectivamente.

El ajuste de pH se realizó con ácido fosfórico  $H_3PO_4$  con una concentración de 83%.

Para el control de pH se utilizó un pH – metro digital FISHER Ph 0-14 con una conductividad  $\mu S/cm$ , con lo que se determinó la acidez y a su vez la incidencia de inversión de sacarosa.



**Fotografía 3.** Disolución de la sacarosa cristalizada

### - Hidrólisis ácida

Para hidrolizar la sacarosa invertida líquida se utilizó el equipo soxhlet las muestras se mantienen en etapa de condensación en donde se incorpora una molécula de agua y se descomponen el disacárido en glucosa y fructosa, obteniendo así la inversión total de la sacarosa. Los tiempos de inversión se hallan en el factor B con 0, 10, 20 y 40 min que se aplicó a los diferentes tratamientos.



**Fotografía 4.** Hidrólisis de la sacarosa

- **Enfriado, Envasado**

Después de la etapa de inversión de la sacarosa, se realizó el enfriado y posteriormente el envasado en frascos de cristal de 500 ml previamente esterilizados, haciendo trasvase directo de recipiente-envase, para ello se esterilizó el medio circundante mediante la aplicación de calor.



**Fotografía 5.** Enfriado y envasado

- **Esterilizado y Almacenado**

El producto terminado se esterilizó en el autoclave a una presión de 15 psi durante 10 min y fue almacenado bajo las condiciones establecidas en el factor C a refrigerador de 2 – 5 °C y al ambiente para su conservación y posterior análisis.



**Fotografía 6.** Esterilizado y Almacenado

### 3.3.3. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES

#### 3.3.3.1. Determinación de las variables cuantitativas en la materia prima.

Certificado obteniendo a través de la industria azucarera IANCEM donde identifica las variables cuantitativas de la materia prima utilizada para elaborar la sacarosa invertida líquida.

**Tabla 9.** Certificado de análisis IANCEM

<b>AZÚCAR PARA LA VENTA</b>				
<b>LOTE:</b>	241/242/243/245/247/248/-50P		<b>FECHA:</b>	07/09/2014
<b>Material</b>	Polipropileno		<b>N° Sacos</b>	Tamaño del lote
<b>R. Sanitario</b>	012916INHQAN0311			1000
<b>ANÁLISIS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>RANGO</b>	<b>MUESTRA</b>
POL	° Z	ICUMSA GS2/3-1(1994)	99,4 mín	99.6
HUMEDAD	%	ICUMSA GS1/3-15(1994)	0,075 máx	0.036
COLOR	UI	ICUMSA GS2/3-10(2004)	350 máx	169
INSOLUBLES	mg/Kg	ICUMSA GS2/3-19(2002)	150 máx	95
CENIZAS	µs/cm	ICUMSA GS2/3-17(2002)	0,100 máx	0.086
DIOXIDO DE AZUFRE	mg/Kg	CENICANA	50 máx	0.47
COBRE	mg/Kg	ABSORCIÓN ATÓMICA	2,0 máx	< 0,1
PLOMO	mg/Kg	ABSORCIÓN ATÓMICA	0,5 máx	< 0,2
ARSÉNICO	mg/Kg	ABSORCIÓN ATÓMICA	1,0 máx	< 0,1
<b>MICROBIOLÓGICO</b>				
Mésofilos Aerobios	UFC/g	AOAC989-10	2 x 10 <sup>2</sup>	140
Coliformes Totales	NMP/g	AOAC991.14	< 3	< 3
Levaduras	UFC/g	AOAC997.01	0 x 10 <sup>2</sup>	25
Mohos	UFC/g	AOAC997.02	1 x 10 <sup>2</sup>	50

OBESERVACIONES: Metales pesados es análisis externo se actualiza cada 4 meses.

**Fuente:** Ficha técnica del IANCEM anexo 1.

### 3.3.3.2. Determinación de las variables cuantitativas de la sacarosa invertida líquida.

#### ✓ Turbiedad.

Se evaluó con un turbidímetro HAND 0-100 NTU, con la finalidad de determinar la cantidad de sólidos disueltos el cual expresa en unidades Nefelométricas NTU. Esta variable se midió a los 32 tratamientos con sus respectivas repeticiones, los datos fueron tomados al inicio y final del experimento (dos meses de conservación).

#### ✓ 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 32 tratamientos con sus respectivas repeticiones en la fase inicial y final del experimento (dos meses de conservación) para poder graficar las respectivas curvas de invertido.

#### ✓ Densidad

Esta variable se determinó mediante la tabla de gravedades específicas e índices de refracción de soluciones de sacarosa a 20°C de (Kirk, Sawyer, & Egan, 2004) con la concentración de 65 °Brix de la sacarosa invertida líquida. Esto se realizó al final del experimento.

#### ✓ Peso

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos con una balanza Mettler Toledo modelo AL210 con una capacidad 210 g sensibilidad 0,1mg, se determinó el peso de acuerdo a las concentraciones de la cantidad de azúcar en los diferentes tratamientos a evaluar. La toma de muestras se realizó al inicio y final del experimento (dos meses de conservación).

#### ✓ Cristalización

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos utilizando la cámara de Neubauer con volumen de 0.1mm<sup>3</sup> determinando la presencia de cristales formados por 0,1ml de solución. Se colocó en la cámara de Neubauer y se procedió al conteo respectivo entre 1 y 100 cristales de sacarosa. Se realizó al final del experimento cada 5 días durante un mes.

#### ✓ °Brix

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos, utilizando un refractómetro de ABBE escala 0.100 °Brix o porcentaje de sólidos solubles, con lo que se determinó los sólidos totales valor que sirvió para medir la consistencia de la solución azucarada, para obtener el producto se estandarizo cada uno de las unidades experimentales a 65 °Brix datos que se obtuvo mediante pruebas preliminares, esta variable se midió para verificar si existe pérdidas o incrementación de concentración de sólidos solubles. La toma de muestras se realizó al inicio y final del experimento (dos meses de conservación).

### 3.3.3.3 Determinación de las variables cualitativas del producto terminado.

**Tabla 10.** Análisis organolépticos

ANÁLISIS	MÉTODO
Color	Evaluación sensorial
Olor	Evaluación sensorial
Sabor	Evaluación sensorial
Aceptación	Evaluación sensorial

El análisis organoléptico se realizó a todas las muestras de sacarosa invertida líquida, transcurrido los dos meses de finalizar con los análisis respectivos, efectivamente se realizó análisis microbiológicos para garantizar la degustación a los panelistas, se efectuó el método estadístico de Friedman.

La evaluación de la degustación fue para determinar a los mejores tratamientos, la ficha de evaluación sensorial se detalla en el anexo12.

Los datos registrados se los evaluó a través de las pruebas no paramétricas de FRIEDMAN, basada en la siguiente fórmula:

$$x^2 = \frac{12}{rxt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

Dónde:

$\chi^2$  = Chi cuadrado

**R** = Número de degustadores

**T** = Tratamientos

$\Sigma R^2$  = Sumatoria de los rangos al cuadrado

Con los resultados del análisis sensorial se determinó los cuatro mejores tratamientos.

### 3.3.3.4. Determinación del análisis microbiológico

**Tabla 11.** Metodología de análisis microbiológico aplicada a los cuatro, mejores tratamientos

<b>Parámetro analizado</b>	<b>Método de ensayo</b>	<b>Momento de Evaluación</b>
Recuento de mohos y levaduras	AOAC 997.02	A los dos meses de elaborada la sacarosa invertida líquida

Estas variables fueron analizadas en el Laboratorio de análisis Físico, Químico y Microbiológico de la Universidad Técnica del Norte, los análisis se realizaron en la fase final del experimento. Los resultados sirven para determinar si están dentro del estándar permitido de requerimiento microbiológico en la norma RMN° 684-2005/MINSA ver anexo 10.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación “Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales”, con la finalidad de comprobar si existe estabilidad con los parámetros influyentes en la investigación.

Para la determinación de la estabilidad se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial A x B x C con su respectivo análisis estadístico. Adicionalmente se realizó un análisis de curvas de azúcares reductores vs tiempo de inversión del comportamiento de la sacarosa invertida líquida.

Con el fin de dar seguimiento, se procedió a realizar los análisis al inicio y final del experimento.

#### **4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS DEL PRODUCTO.**

Para realizar la investigación a través del diseño de bloques completo al azar (DBCA), se consideró 32 tratamientos con pH 2, 3, 4, 5 y un tiempo de inversión a través del reflujo para la inversión con 0, 10, 20, 40 min y la conservación refrigeración 2-5 °C y al ambiente 25 °C ± de cada uno de las soluciones. Además, se evaluó las variables cuantitativas: densidad, turbiedad, azúcares reductores, peso cristalización y confirmación de °Brix en cada uno de los tratamientos.

##### **4.1.1. ANÁLISIS DE AZÚCARES REDUCTORES AL INICIO DEL EXPERIMENTO.**

Los azúcares reductores se obtuvo mediante el método Lane and Eynon presentes a continuación, aplicando al formula:

$$\% \text{ AR} = \frac{\text{Vol. aforo} * \text{factor de corrección de glucosa} * 100}{\text{Vol. gastado} * \text{Vol. muestra}}$$

Los análisis de los resultados físicos se encuentran en el anexo 2.

**Tabla 12.** Azúcares Reductores g/100g al inicio del experimento.

<b>TABLA DE DATOS</b>						
<b>Nº</b>	<b>TRAT/REP.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>SUMA TRAT</b>	<b>MEDIA</b>
<b>T1</b>	A1B1C1	14,51	14,51	13,87	42,89	14,3
<b>T2</b>	A1B1C2	20,8	15,6	17,83	54,23	18,08
<b>T3</b>	A1B2C1	41,6	44,57	48	134,17	44,72
<b>T4</b>	A1B2C2	56,73	69,33	69,33	195,39	65,13
<b>T5</b>	A1B3C1	96	94,55	94,55	285,09	95,03
<b>T6</b>	A1B3C2	93,13	93,13	89,14	275,41	91,8
<b>T7</b>	A1B4C1	96	93,13	96	285,13	95,04
<b>T8</b>	A1B4C2	91,76	94,55	94,55	280,86	93,62
<b>T9</b>	A2B1C1	0,89	1,36	0,75	3	1
<b>T10</b>	A2B1C2	0,75	0,64	0,67	2,07	0,69
<b>T11</b>	A2B2C1	11,35	15,6	16	42,95	14,32
<b>T12</b>	A2B2C2	20,8	23,11	17,33	61,24	20,41
<b>T13</b>	A2B3C1	21,52	23,11	21,52	66,15	22,05
<b>T14</b>	A2B3C2	21,52	20,8	24,96	67,28	22,43
<b>T15</b>	A2B4C1	32,84	32,84	32,84	98,53	32,84
<b>T16</b>	A2B4C2	39	41,6	39	119,6	39,87
<b>T17</b>	A3B1C1	0,64	0,57	0,62	1,83	0,61
<b>T18</b>	A3B1C2	0,54	0,56	0,55	1,65	0,55
<b>T19</b>	A3B2C1	2,4	2,51	2,15	7,06	2,35
<b>T20</b>	A3B2C2	2,05	2,23	2,66	6,93	2,31
<b>T21</b>	A3B3C1	4,03	4,39	3,8	12,23	4,08
<b>T22</b>	A3B3C2	5,47	6,86	5,94	18,27	6,09
<b>T23</b>	A3B4C1	6,5	5,24	5,2	16,94	5,65
<b>T24</b>	A3B4C2	4,66	5,29	4,88	14,82	4,94
<b>T25</b>	A4B1C1	0,42	0,38	0,38	1,18	0,39
<b>T26</b>	A4B1C2	0,43	0,39	0,42	1,25	0,42
<b>T27</b>	A4B2C1	0,4	0,39	0,38	1,17	0,39
<b>T28</b>	A4B2C2	0,39	0,38	0,37	1,14	0,38
<b>T29</b>	A4B3C1	0,74	0,74	0,78	2,27	0,76
<b>T30</b>	A4B3C2	1,06	0,95	0,63	2,63	0,88
<b>T31</b>	A4B4C1	1,63	1,36	1,41	4,39	1,46
<b>T32</b>	A4B4C2	1,06	1,49	1,26	3,81	1,27
	<b>SUMA REP</b>	691,61	712,16	707,77	2111,54	<b>22</b>

**Tabla 13.** Análisis de la variable Azúcares Reductores al inicio del experimento.

<b>ADEVA</b>							
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>Signif.</b>	<b>F.T 5%</b>	<b>F. 1%</b>
<b>Total</b>	<b>95</b>	93081,1					
<b>Tratam.</b>	<b>31</b>	92868,6	2995,8	905,3	<b>**</b>	1,65	2,03
<b>Rep.</b>	<b>2</b>	7,3	3,7	1,1	<b>NS</b>	3,15	4,98
<b>FA</b>	<b>3</b>	63196,5	21066	6365,6	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FB</b>	<b>3</b>	12941,7	4313,9	1303,6	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FC</b>	<b>1</b>	107,5	107,5	32,5	<b>**</b>	4	7,08
<b>I (AX B)</b>	<b>9</b>	15928,5	1769,8	534,8	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>I (AXC)</b>	<b>3</b>	101,4	33,8	10,2	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>I (BXC)</b>	<b>3</b>	167,8	55,9	16,9	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>I (AXBXC)</b>	<b>9</b>	425,3	47,3	14,3	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>ERROR EXP.</b>	<b>62</b>	205,2	3,3				

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

C.V = 8,271%

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo al 5%

NS: No significativo

El análisis de la varianza indica alta significación estadística para tratamientos, factor A (pH), factor B (tiempo de inversión) y en la interacción  $A \times B$ ,  $B \times C$ ,  $A \times C$ , y  $A \times B \times C$ , lo que indica que la intervención de los diferentes factores influye en cada uno de los tratamientos comportándose de diferente manera. El valor de C.V es de 8,271 % valor que es admitido para una investigación realizada en laboratorio.

Al existir diferencia significativa se procedió a realizar Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable Azúcares Reductores al inicio del experimento.

TRAT.	MEDIAS	RANGOS
T7	95	a
T5	95	a
T8	93,6	a
T6	91,8	a
T4	65,1	b
T15	50,4	b
T3	44,7	b
T16	39,9	b
T14	22,4	c
T13	22	c
T12	20,4	d
T2	18,1	d
T11	14,3	d
T1	14,3	d
T22	6,1	e
T23	5,6	e
T24	4,9	e
T21	4,1	e
T19	2,4	e
T20	2,3	e
T31	1,5	e
T32	1,3	e
T9	1	e
T30	0,9	e
T29	0,8	e
T10	0,7	e
T17	0,6	e
T18	0,5	e
T26	0,4	f
T25	0,4	f
T27	0,4	f
T28	0,4	f

De acuerdo a Tukey al 5% para tratamientos se observa que existen seis rangos en donde se considera “a” como la mejor media siendo:

- T7; pH 2, tiempo de inversión 40 min, condiciones de almacenamiento refrigeración.
- T5; pH 2, tiempo de inversión 20 min, condiciones de almacenamiento refrigeración.
- T8; pH 2, tiempo de inversión 40 min, condiciones de almacenamiento al ambiente.
- T6; pH 2, tiempo de inversión 20 min, condiciones de almacenamiento al ambiente.

Presentando a los mejores tratamientos en cuanto a la variable azúcares reductores indispensables para la estabilidad del producto teniendo en cuenta que existe inversión.

**Tabla 15.** Prueba DMS al 5% para el factor A (pH 2, 3, 4, 5) variable Azúcares Reductores al inicio del experimento.

RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
A1	64,7	a
A2	21,4	b
A3	3,3	c
A4	0,7	d

Al efectuar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para el factor A (pH) se observa que el nivel A1 (pH 2) se encuentra en el rango “a” con una media de 64,72%. Confirmando la teoría de Spencer (1967), la sacarosa se hidroliza con facilidad en soluciones ácidas a velocidades que aumentan notablemente según el incremento de temperatura y disminución del pH.

**Tabla 16.** Prueba DMS al 5% para el factor B (0, 10, 20, 40min) variable Azúcares Reductores al inicio del experimento.

RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
B4	36,5	a
B3	30,4	b
B2	18,8	c
B1	4,5	c

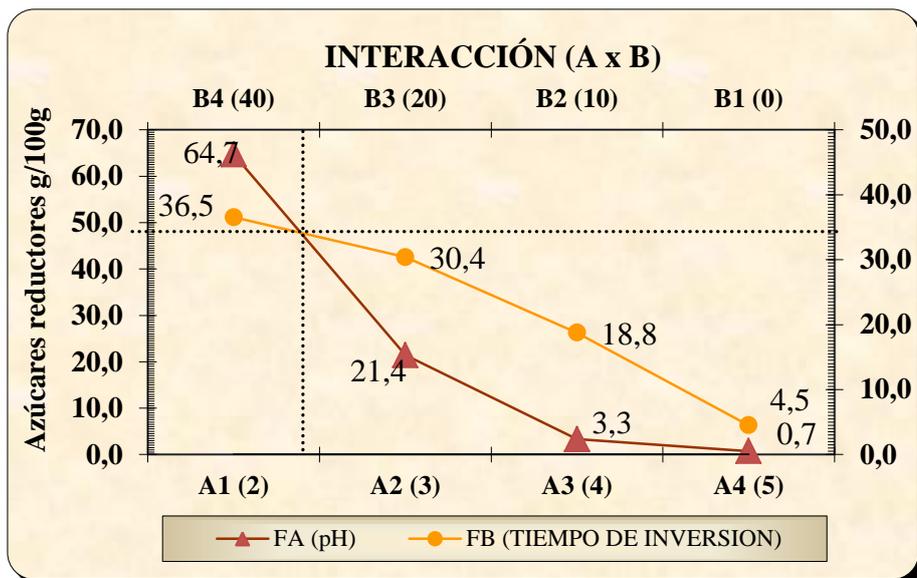
Al realizar la prueba de Diferenciación Mínima Significativa (DMS) para el factor B (tiempo de inversión) se identificó que el nivel B4 (tiempo de inversión 40 min) representa la mejor media ocupando el rango “a” con una media de 36,5%.

Según Charley (1997), el azúcar invertido líquido se obtiene por la hidrólisis de la sacarosa formándose una cantidad igual de monosacáridos glucosa y fructosa en el proceso de inversión. En la hidrólisis ácida, la cantidad de ácido y tanto la velocidad como la duración del calentamiento determinan la cantidad de azúcar invertido que se forma. La molécula de sacarosa reaccionará con moléculas de agua al calentar el jarabe o aguamiel en presencia de ácido. La cantidad de sacarosa convertida en azúcar invertido depende de la concentración de los iones de hidrógeno presentes cuando se cocina la solución dulce. La alcalinidad del agua y su valor neutralizante deben considerarse.

**Tabla 17.** Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable Azúcares Reductores al inicio del experimento.

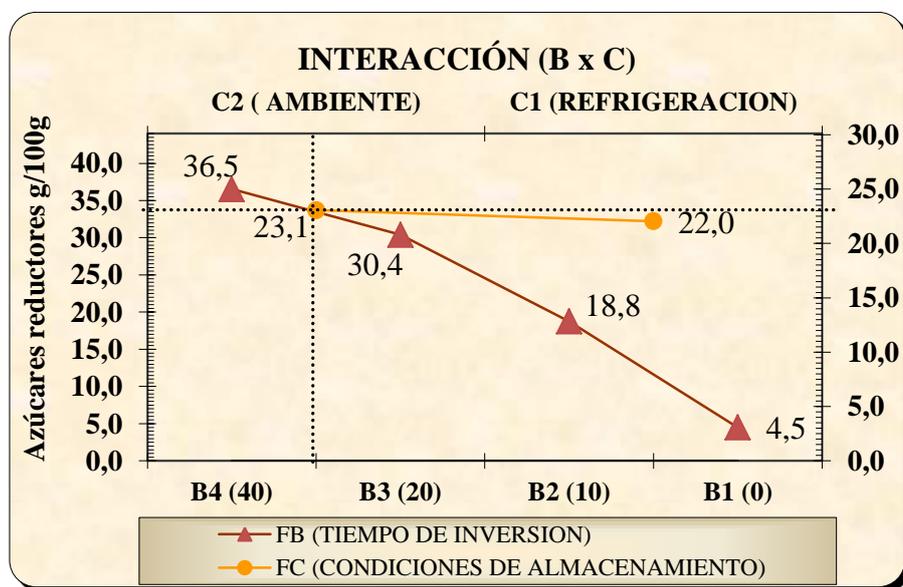
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
C2	23,054	a
C1	22,036	b

Al realizar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para el factor C (condiciones de almacenamiento refrigeración - ambiente) se muestra que el nivel C2 (ambiente) presenta la mejor media ocupando el rango “a”, considerando que la variable en condiciones de almacenamiento al ambiente no muestra alteración alguna.



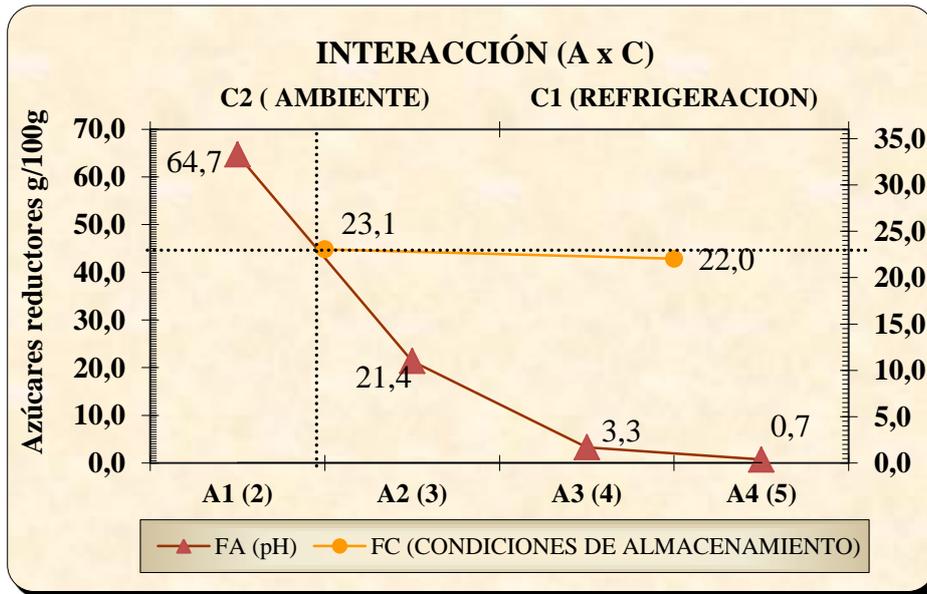
**Gráfico 1.** Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor A (pH) y factor B (tiempos de inversión) al inicio del experimento.

En la interacción  $A \times B$  de los factores en estudio (gráfico 1) indica que entre el nivel A1 (pH 2) y el nivel B4 (40 min), se encuentra el valor óptimo de azúcares reductores para la sacarosa invertida líquida.



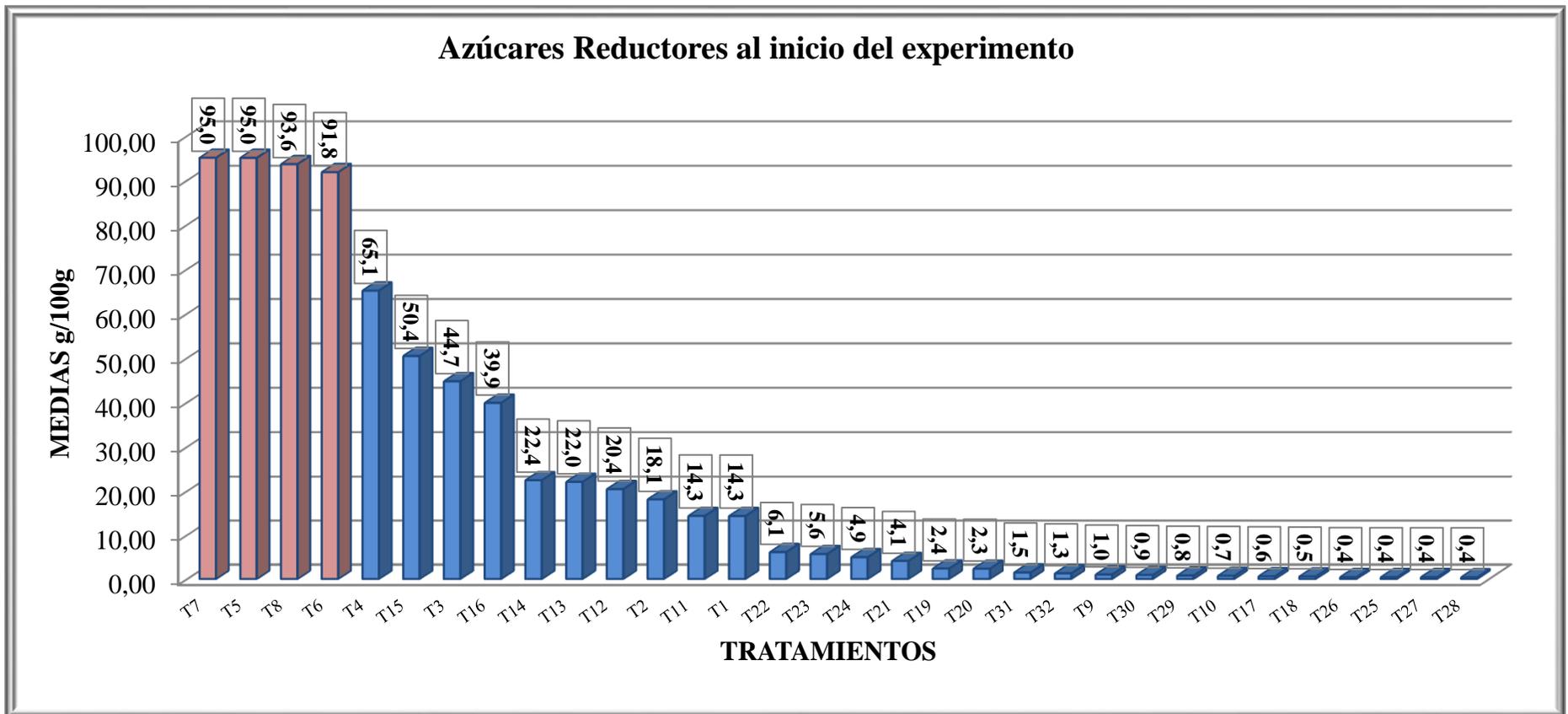
**Gráfico 2.** Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor B (tiempo de inversión) y factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento.

En la presente interacción (gráfico 2), indica que entre el nivel B4 (40min) y C2 (ambiente) se encuentra el valor óptimo de azúcares reductores para la sacarosa invertida líquida, lo que demuestra en este gráfico en condiciones ambientales se puede conservar la solución azucarada.



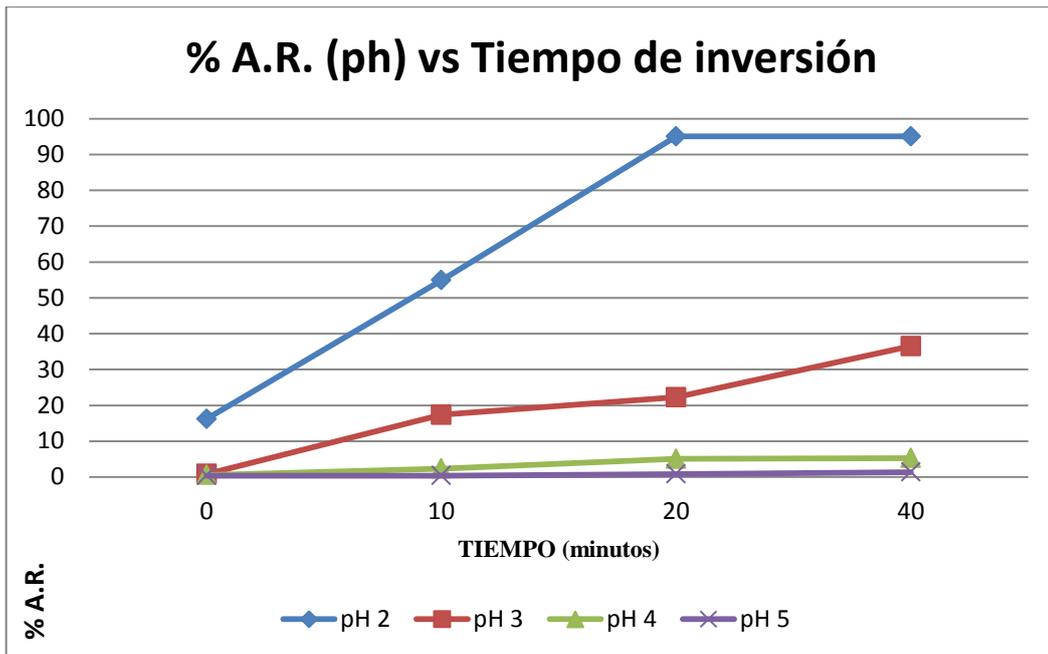
**Gráfico 3.** Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor A (pH) y factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento.

En la interacción A x C (gráfico 3) de los factores en estudio indica que entre el nivel A1 (pH 2) y el nivel C2 (ambiente) se encuentra el valor óptimo para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida de la variable azúcares reductores



**Gráfico 4.** Comportamiento de las medias para Azúcares Reductores al inicio del experimento.

Los datos (gráfico 4) corresponden a los valores promedio de cada uno de los tratamientos en estudio, donde se demuestra los cuatro mejores siendo: T7; (pH 2; 40min; refrigeración), T5; (pH 2; 20min; refrigeración), T8; (pH 2; 40 min; ambiente) y T6; (pH 2; 20 min; ambiente) con valores altos de azúcares reductores; 95,0; 95,0; 93,6 y 91,8 valores que demuestra la total inversión de la sacarosa.



**Gráfico 5.** Porcentaje de Azúcares Reductores vs tiempo de inversión.

La tendencia de estabilidad se puede observar en el gráfico 5 donde el tiempo de inversión presenta un punto isotónico a partir de 20 y 40 minutos con una media de azúcares reductores libres de 95,04 %, esto indica que existe un tiempo óptimo para la estabilidad del producto donde llega a ser constante, en cuanto al pH 3 presenta una inversión mínima de la sacarosa en 40 minutos de reflujo se obtiene un resultado de 36,5 % de azúcares reductores pero no existe una tendencia que llegue a ser constante, mientras que a un pH 4 y 5 el porcentaje de azúcares reductores es mínimo, es decir no existe la presencia de invertidos.

#### 4.1.1.1. Análisis de azúcares reductores fase final del experimento.

Al concluir con el tiempo de conservación (2 meses) se procedió a medir nuevamente los azúcares reductores en cada uno de las unidades experimentales para verificar si las

muestras se mantienen estables con la inversión que se originó. Los resultados se encuentran en el anexo 3.

**Tabla 18 . Azúcares reductores g/100g fase final del experimento.**

<b>TABLA DE DATOS</b>						
<b>N°</b>	<b>TRAT/REP.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>SUMA TRAT</b>	<b>MEDIA</b>
<b>T1</b>	A1B1C1	16	15,6	15,6	47,2	15,7
<b>T2</b>	A1B1C2	22,3	20,8	19,5	62,6	20,9
<b>T3</b>	A1B2C1	52	52	48	152	50,7
<b>T4</b>	A1B2C2	56,7	69,3	69,3	195,4	65,1
<b>T5</b>	A1B3C1	96	94,5	94,5	285,1	95
<b>T6</b>	A1B3C2	93,1	93,1	89,1	275,4	91,8
<b>T7</b>	A1B4C1	96	93,1	96	285,1	95
<b>T8</b>	A1B4C2	91,8	94,5	94,5	280,9	93,6
<b>T9</b>	A2B1C1	0,9	1,3	0,8	3	1
<b>T10</b>	A2B1C2	0,8	0,7	0,7	2,1	0,7
<b>T11</b>	A2B2C1	10,9	14,9	16,4	42,2	14,1
<b>T12</b>	A2B2C2	20,1	26	20,1	66,3	22,1
<b>T13</b>	A2B3C1	26	25	25	75,9	25,3
<b>T14</b>	A2B3C2	21,5	20,8	23,1	65,4	21,8
<b>T15</b>	A2B4C1	34,7	32,8	32,8	100,4	33,5
<b>T16</b>	A2B4C2	39	41,6	39	119,6	39,9
<b>T17</b>	A3B1C1	0,7	0,6	0,6	1,9	0,6
<b>T18</b>	A3B1C2	0,5	0,5	0,5	1,6	0,5
<b>T19</b>	A3B2C1	2,5	2,5	2,5	7,5	2,5
<b>T20</b>	A3B2C2	2,5	2,2	2,7	7,4	2,5
<b>T21</b>	A3B3C1	4,3	4	4,1	12,4	4,1
<b>T22</b>	A3B3C2	5,7	5,9	5,9	17,5	5,8
<b>T23</b>	A3B4C1	6,8	6,9	6,5	20,1	6,7
<b>T24</b>	A3B4C2	5,2	5,6	5,2	16,1	5,4
<b>T25</b>	A4B1C1	0,4	0,4	0,4	1,2	0,4
<b>T26</b>	A4B1C2	0,4	0,4	0,4	1,2	0,4
<b>T27</b>	A4B2C1	0,4	0,4	0,4	1,2	0,4
<b>T28</b>	A4B2C2	0,4	0,4	0,4	1,1	0,4
<b>T29</b>	A4B3C1	0,8	0,7	0,8	2,3	0,8
<b>T30</b>	A4B3C2	1,1	1,2	0,6	2,9	1
<b>T31</b>	A4B4C1	1,7	1,6	1,6	4,8	1,6
<b>T32</b>	A4B4C2	1,3	1,4	1,3	4	1,3
	<b>SUMA REP</b>	712,4	730,8	718,5	2161,7	<b>22,5</b>

**Tabla 19.** Análisis de la variable Azúcares Reductores fase final del experimento.

<b>ADEVA</b>							
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>Signif.</b>	<b>F.T 5%</b>	<b>F. 1%</b>
<b>Total</b>	<b>95</b>	93729,5					
<b>Tratam.</b>	<b>31</b>	93536,4	3017,3	997,2	<b>**</b>	1,65	2,03
<b>Rep.</b>	<b>2</b>	5,5	2,8	0,9	<b>NS</b>	3,15	4,98
<b>FA</b>	<b>3</b>	65531	21843,7	7219,1	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FB</b>	<b>3</b>	12651,6	4217,2	1393,7	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FC</b>	<b>1</b>	62,1	62,1	20,5	<b>**</b>	4	7,08
<b>I (AX B)</b>	<b>9</b>	14798,1	1644,2	543,4	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>I (AXC)</b>	<b>3</b>	64,1	21,4	7,1	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>I (BXC)</b>	<b>3</b>	147,6	49,2	16,3	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>I (AXBXC)</b>	<b>9</b>	281,9	31,3	10,4	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>ERROR EXP.</b>	<b>62</b>	187,6	3				

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

C.V = 7.725%

**\*\***: Altamente significativo

**\***: Significativo al 5%

**NS**: No significativo

En la fase final del experimento la determinación de azúcares reductores se puede identificar que no hubo alteración, aumento o disminución de invertidos en los tratamientos, presentando el siguiente análisis de la varianza en donde indica alta significación estadística para tratamientos, factor A (pH), factor B (tiempo de inversión) y en la interacción A x B, B x C, A x C, y A x B x C. El valor de C.V es de 7.725%.

Al existir diferencia significativa se procedió a realizar Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Tabla 20.** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable Azúcares Reductores fase final del experimento.

TRAT.	MEDIAS	RANGOS
T7	95	a
T5	95	a
T8	93,6	a
T6	91,8	a
T3	50,7	b
T4	65,1	b
T16	39,9	b
T15	33,5	b
T13	25,3	c
T12	22,1	c
T14	21,8	d
T2	20,9	d
T1	15,7	d
T11	14,1	d
T23	6,7	e
T22	5,8	e
T24	5,4	e
T21	4,1	e
T19	2,5	e
T20	2,5	e
T31	1,6	e
T32	1,3	e
T9	1	e
T30	1	e
T29	0,8	e
T10	0,7	e
T17	0,6	e
T18	0,5	e
T26	0,4	f
T25	0,4	f
T27	0,4	f
T28	0,4	f

Al igual que en la prueba de Tukey al 5% anterior (al inicio del experimento), indica que no hubo cambios, en donde se puede observar que existe seis rangos considerando “a” como las mejores medias siendo:

- T7; pH 2, tiempo de inversión 40 min, condiciones de almacenamiento refrigeración.
- T5; pH 2, tiempo de inversión 20 min, condiciones de almacenamiento refrigeración.
- T8; pH 2, tiempo de inversión 40 min, condiciones de almacenamiento al ambiente.
- T6; pH 2, tiempo de inversión 20 min, condiciones de almacenamiento al ambiente.

**Tabla 21.** Prueba DMS al 5% para el factor A (pH 2, 3, 4,5) variable Azúcares Reductores fase final del experimento.

RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
A1	64,7	a
A2	21,4	b
A3	3,3	c
A4	0,7	d

Al efectuar la prueba al final del experimento de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para el factor A (pH) se observa que el nivel A1 (pH 2) se encuentra en el rango “a” con una media de 64,7%, valor que se ha mantenido constante durante el tiempo de conservación (2 meses).

**Tabla 22.** Prueba DMS al 5% para el factor B (0, 10, 20, 40min) variable Azúcares Reductores fase final del experimento.

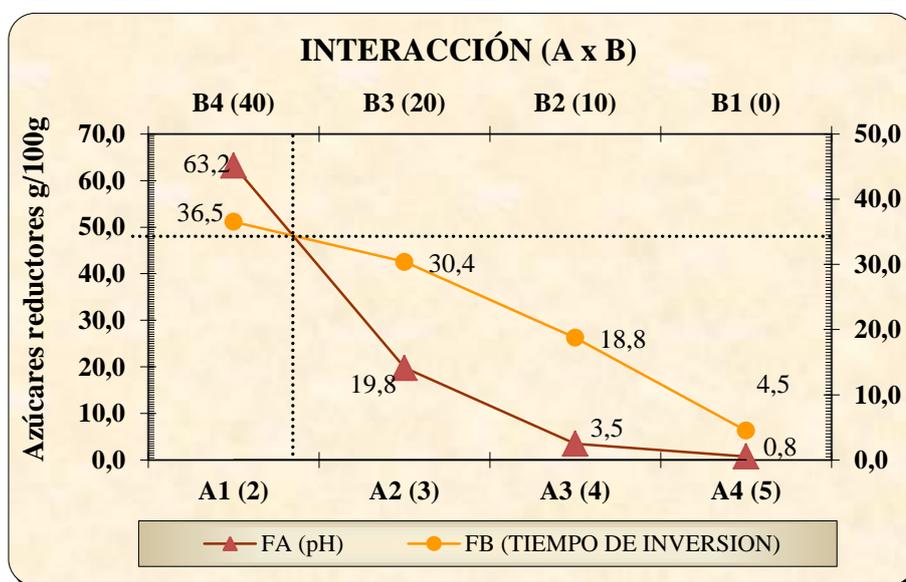
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
B4	36,5	a
B3	30,4	b
B2	18,8	c
B1	4,5	c

Al realizar la prueba de diferenciación mínima significativa (DMS) en la fase final del experimento para el factor B (tiempo de inversión) se identificó que el nivel B4 (tiempo de inversión 40 min) representa la mejor media ocupando el rango “a” con una media de 36,5%, identificando que existe estabilidad de invertidos a un tiempo de reflujo de 40 minutos y se mantiene constante.

**Tabla 23.** Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable Azúcares Reductores fase final del experimento.

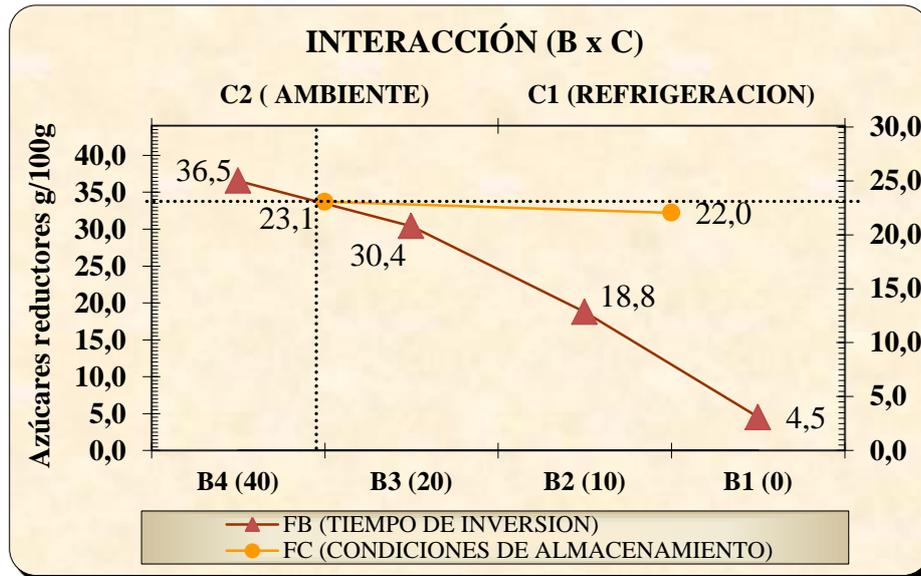
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
C2	23,1	a
C1	22	b

Se realiza la prueba de Diferencia Mínima Significativa en la fase final del experimento (DMS) para el factor C (condiciones de almacenamiento refrigeración - ambiente) se muestra que el nivel C2 (ambiente) presenta la mejor media, demostrando que durante el tiempo estimado de conservación (2 meses) no demuestra ningún tipo de alteración.



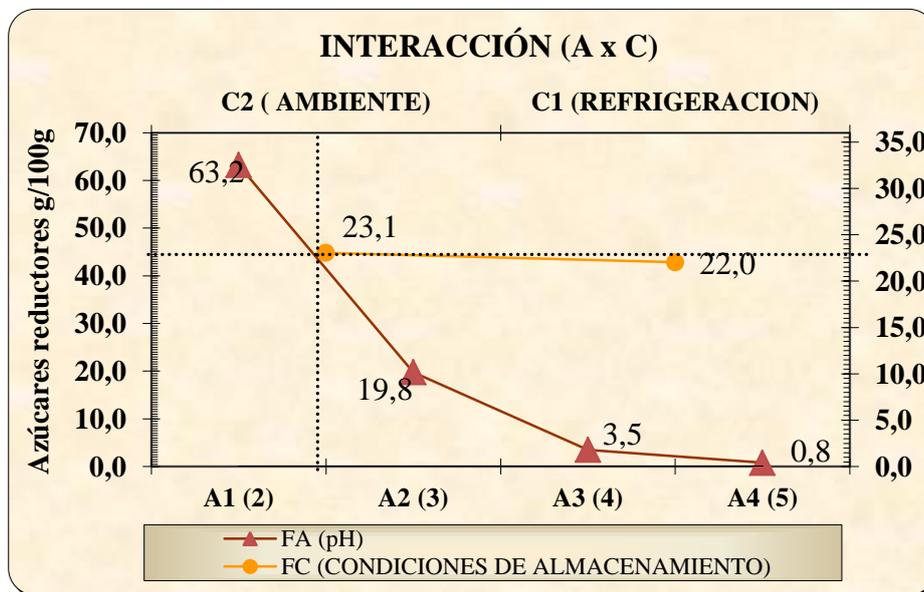
**Gráfico 6.** Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor A (pH) y factor B (tiempos de inversión) fase final del experimento.

La interacción A x B (gráfico 6) de los factores en estudio en la fase final del experimento entre el nivel A1 (pH 2) y el nivel B4 (40 min de reflujos), se encuentra el valor óptimo estable de azúcares reductores para la sacarosa invertida líquida durante el tiempo de conservación.



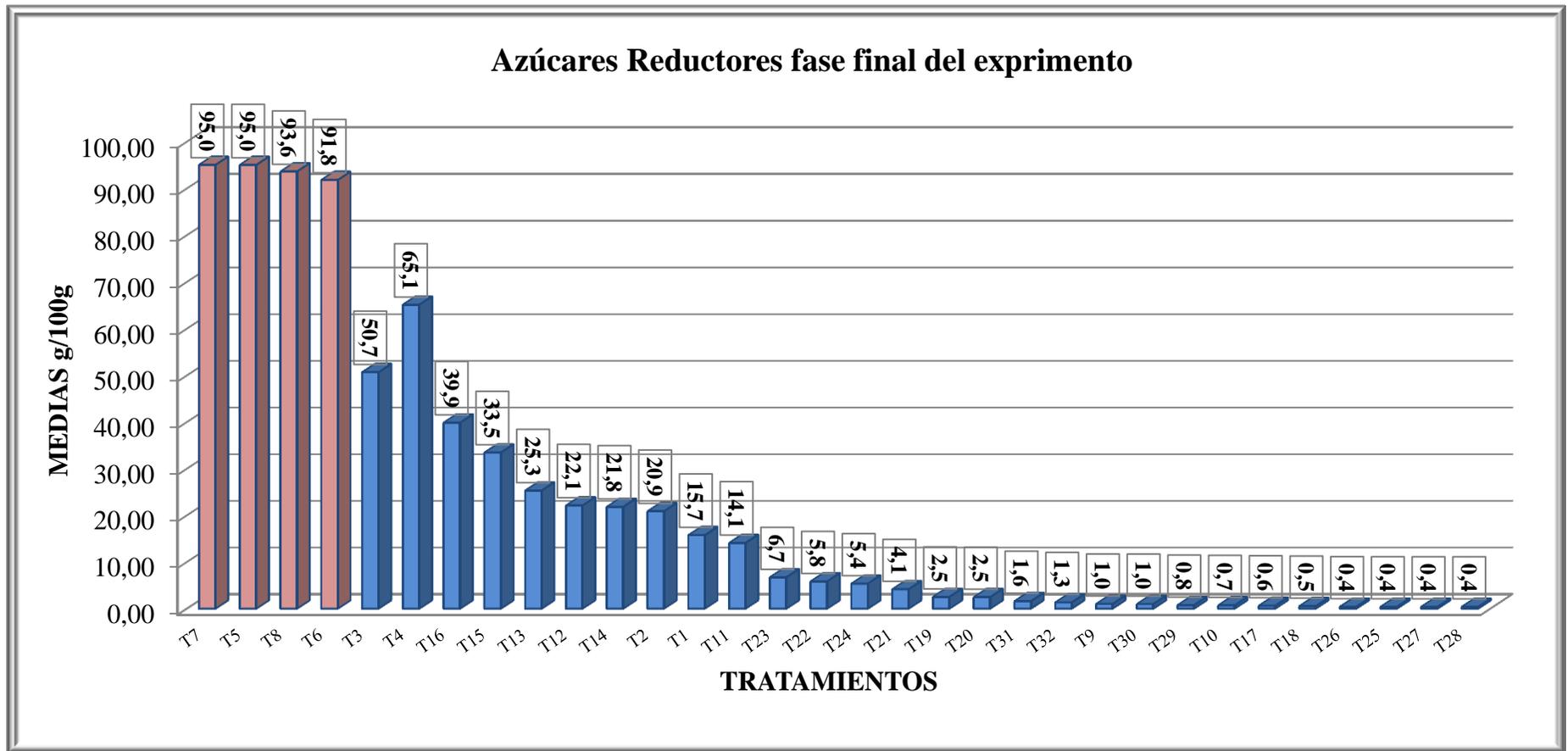
**Gráfico 7.** Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor B (tiempo de inversión) y factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.

Durante el tiempo de conservación en la interacción (gráfico 7) entre el factor B (tiempo de inversión) y factor C (condiciones de almacenamiento) indica que entre el nivel B4 (40 min) y el nivel C2 (ambiente) se halla la estabilidad.



**Gráfico 8.** Efecto de la interacción de Azúcares Reductores entre factor A (pH) y factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.

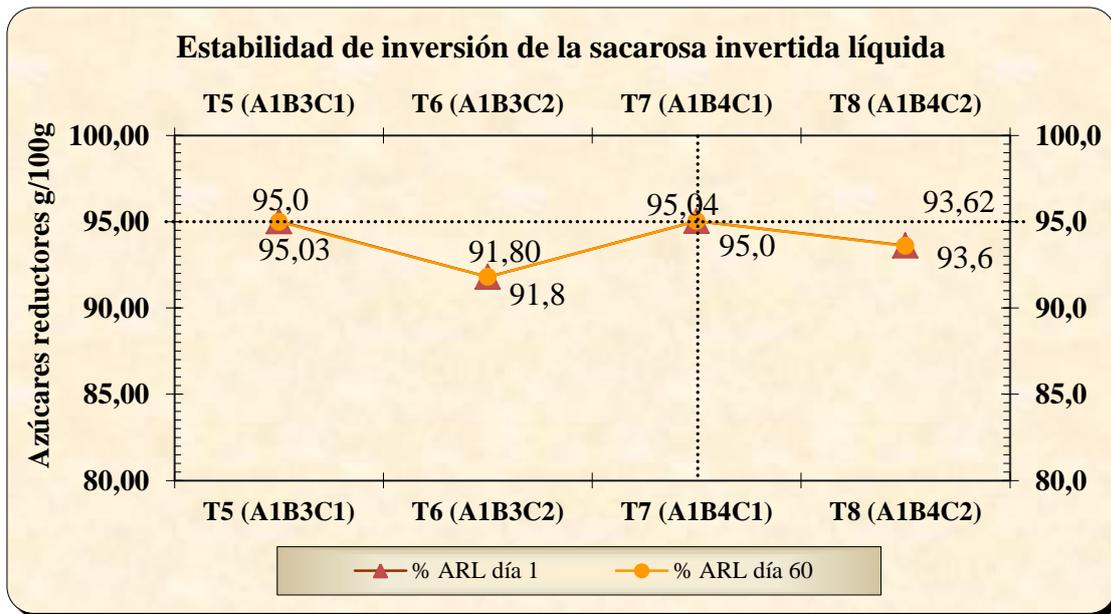
En la interacción A x C (gráfico 8) de los factores en estudio indica que entre el nivel A1 (pH 2) y el nivel C2 (ambiente) se encuentra el valor óptimo dentro de la interacción para la estabilidad de la sacarosa, al inicio del experimento se presentan los mismos datos que al final del mismo, es decir no existe cambio.



**Gráfico 9.** Comportamiento de las medias para Azúcares Reductores fase final del experimento.

Durante el tiempo de conservación no existió ningún tipo de alteración, aumento o disminución de invertidos estos se han mantenido estables debido a las condiciones a las que se sometió a cada uno de los tratamientos.

**-Estabilidad de inversión de la sacarosa invertida líquida a través de azúcares reductores.**



**Gráfico 10.** Estabilidad de Azúcares Reductores de los mejores tratamientos.

Los resultados obtenidos durante la fase experimental de la variable azúcares reductores indican que los mejores tratamientos son:

- T7; pH 2, tiempo de inversión 40 min, condiciones de almacenamiento refrigeración.
- T5; pH 2, tiempo de inversión 20 min, condiciones de almacenamiento refrigeración.
- T8; pH 2, tiempo de inversión 40 min, condiciones de almacenamiento al ambiente.
- T6; pH 2, tiempo de inversión 20 min, condiciones de almacenamiento al ambiente

En comparación al día 1 y día 60 no tienen alteraciones en aumento o disminución de reductores, considerando que la sacarosa fue desdoblada totalmente y mantiene constante la inversión.

El alto valor de azúcares reductores es de; día 1; 95,0 % y día 60; 95,0 % que corresponde al T 7 (pH 2; 40min; refrigeración), obteniendo como resultado el mejor tratamiento dentro de la variable azúcares reductores.

Tanto la conservación en refrigeración y al ambiente no existe cambios, obteniendo valores significativos para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida, cabe recalcar que las condiciones de almacenamiento no afecta a la cantidad de azúcares reductores mediante este ensayo.

#### 4.1.1.2. Velocidad de reacción de la sacarosa

La velocidad de inversión de la sacarosa: para este estudio debemos conocer uno de los métodos ópticos de estudio de la cinética de reacciones y determinar analítica y gráficamente la constante de velocidad.

El proceso de inversión del azúcar es la descomposición hidrolítica de la sacarosa  $C_{12}H_{22}O_{11}$  en la glucosa y fructosa y se acompaña con la variación de la dirección del ángulo de rotación del plano de polarización.

La velocidad de reacción se obtuvo a partir de la ecuación:

$$K=1/t \ln C_o/C_f$$

**Tabla 24.** Polarización de la sacarosa a diferentes tiempos.

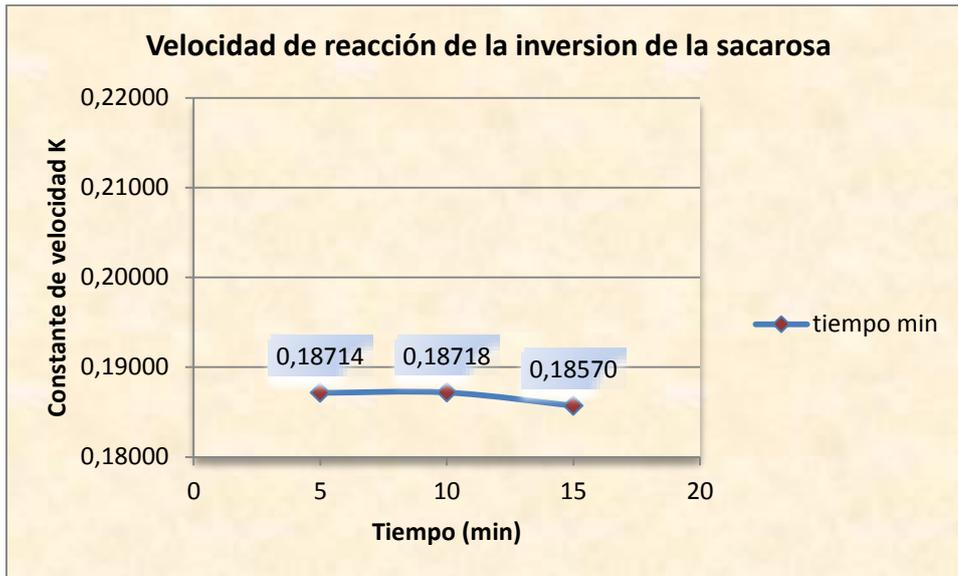
t min	Co	Cf	ln(Co/Cf)	k min
0	65	65	0	0
5	65	25,5	0,936	0,18714
10	65	10	1,872	0,18718
15	65	4,01	2,786	0,18571
20	65	0		0

Donde:

*Co*: Concentración inicial de la sacarosa.

*Cf*: Concentración de sacarosa en un tiempo t.

*t*: El tiempo que ha transcurrido, desde el inicio de la reacción, hasta el momento de la medición.



**Gráfico 11.** Velocidad de reacción de la inversión de la sacarosa para el mejor tratamiento T 7.

Existe una velocidad de reacción constante de la inversión de la sacarosa hasta el minuto 15, posterior a este tiempo mediante el método de polarimetría no registra lecturas de medición, confirmando que a los 20 minutos la muestra se ha desdoblado o invertido en su totalidad por lo que ya no refleja datos en el equipo.

#### 4.1.2. ANÁLISIS DE TURBIEDAD NTU AL INICIO DEL EXPERIMENTO.

**Tabla 25.** Turbiedad NTU al inicio del experimento.

TABLA DE DATOS						
Nº	TRAT/REP.	I	II	III	SUMA TRAT	MEDIA
T1	A1B1C1	0,15	0,17	0,13	0,45	0,15
T2	A1B1C2	0,2	0,23	0,2	0,63	0,21
T3	A1B2C1	0,24	0,22	0,21	0,67	0,22
T4	A1B2C2	0,21	0,2	0,19	0,6	0,2
T5	A1B3C1	0,14	0,15	0,15	0,44	0,15
T6	A1B3C2	0,12	0,15	0,14	0,41	0,14
T7	A1B4C1	0,18	0,17	0,2	0,55	0,18
T8	A1B4C2	0,2	0,19	0,17	0,56	0,19
T9	A2B1C1	0,18	0,17	0,2	0,55	0,18
T10	A2B1C2	0,16	0,19	0,17	0,52	0,17
T11	A2B2C1	0,2	0,18	0,2	0,58	0,19
T12	A2B2C2	0,17	0,15	0,19	0,51	0,17
T13	A2B3C1	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
T14	A2B3C2	0,16	0,19	0,21	0,56	0,19
T15	A2B4C1	0,19	0,2	0,16	0,55	0,18
T16	A2B4C2	0,15	0,19	0,17	0,51	0,17
T17	A3B1C1	0,17	0,22	0,2	0,59	0,2
T18	A3B1C2	0,2	0,19	0,2	0,59	0,2
T19	A3B2C1	0,19	0,21	0,2	0,6	0,2
T20	A3B2C2	0,15	0,13	0,14	0,42	0,14
T21	A3B3C1	0,27	0,24	0,25	0,76	0,25
T22	A3B3C2	0,17	0,21	0,19	0,57	0,19
T23	A3B4C1	0,2	0,22	0,21	0,63	0,21
T24	A3B4C2	0,23	0,25	0,25	0,73	0,24
T25	A4B1C1	0,25	0,25	0,27	0,77	0,26
T26	A4B1C2	0,19	0,15	0,15	0,49	0,16
T27	A4B2C1	0,23	0,2	0,18	0,61	0,2
T28	A4B2C2	0,22	0,23	0,21	0,66	0,22
T29	A4B3C1	0,22	0,24	0,22	0,68	0,23
T30	A4B3C2	0,19	0,2	0,16	0,55	0,18
T31	A4B4C1	0,21	0,22	0,18	0,61	0,2
T32	A4B4C2	0,14	0,15	0,17	0,46	0,15
	<b>SUMA REP</b>	6,08	6,26	6,07	18,41	<b>0,19</b>

Al igual que el color, la turbiedad es un parámetro muy importante al medir la calidad del azúcar (García, 1997).

**Tabla 26.** ADEVA de la Turbiedad al inicio del experimento.

<b>ADEVA</b>							
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>Signif.</b>	<b>F.T 5%</b>	<b>F. 1%</b>
<b>Total</b>	<b>95</b>	0,102					
<b>Tratam.</b>	<b>31</b>	0,085	0,003	10,288	<b>**</b>	1,65	2,03
<b>Rep.</b>	<b>2</b>	0,001	0	1,344	<b>NS</b>	3,15	4,98
<b>FA</b>	<b>3</b>	0,011	0,004	14,076	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FB</b>	<b>3</b>	0	0	0,182	<b>NS</b>	2,76	4,13
<b>FC</b>	<b>1</b>	0,008	0,008	29,652	<b>**</b>	4	7,08
<b>I (AX B)</b>	<b>9</b>	0,032	0,004	13,543	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>I (AXC)</b>	<b>3</b>	0,008	0,003	9,626	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>I (BXC)</b>	<b>3</b>	0,002	0,001	3,086	<b>*</b>	2,76	4,13
<b>I (AXBXC)</b>	<b>9</b>	0,023	0,003	9,608	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>ERROR EXP.</b>	<b>62</b>	0,016	0				

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

C.V = 8,500 %

**\*\***: Altamente significativo

**NS**: No significativo

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos es decir, que todas las soluciones son diferentes, para repeticiones no existe significación estadística, todos se han comportaron de la misma manera y para las interacciones A x B y A x C existe alta significación estadística. El valor del C.V. es de 8,500% valor aceptable para una investigación realizada en laboratorio. La media para esta variable fue de 0,19 NTU.

Al existir diferencia significativa, se realizó Tukey para tratamiento.

**Tabla 27.** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable Turbiedad al inicio del experimento.

TRAT.	MEDIAS	RANGOS
T 25	0,257	a
T 21	0,253	a
T 24	0,243	a
T 29	0,227	a
T 3	0,223	a
T 28	0,22	a
T 2	0,21	a
T 23	0,21	a
T 27	0,203	a
T 31	0,203	a
T 4	0,2	b
T 13	0,2	b
T 19	0,2	b
T 17	0,197	c
T 18	0,197	c
T 11	0,193	c
T 22	0,19	c
T 8	0,187	c
T 14	0,187	c
T 7	0,183	d
T 9	0,183	d
T 15	0,183	d
T 30	0,183	d
T 10	0,173	e
T 12	0,17	e
T 16	0,17	e
T 26	0,163	f
T 32	0,153	g
T 1	0,15	g
T 5	0,147	g
T 20	0,14	h
T 6	0,14	<b>h</b>

Según Tukey para tratamientos, se observa que existen ocho rangos, donde los tratamientos que ocupan el rango “h” pertenecen a las mejores medias siendo:

T20: pH 4, 10 minutos, condición de almacenamiento al ambiente.

T6: pH 2, 20 minutos, condición de almacenamiento al ambiente.

Estos tratamientos presentan menor cantidad de sólidos disueltos y transparencia dentro de la sacarosa invertida líquida.

**Tabla 28.** Prueba DMS para el factor A (pH) variable Turbiedad al inicio de experimento turbiedad.

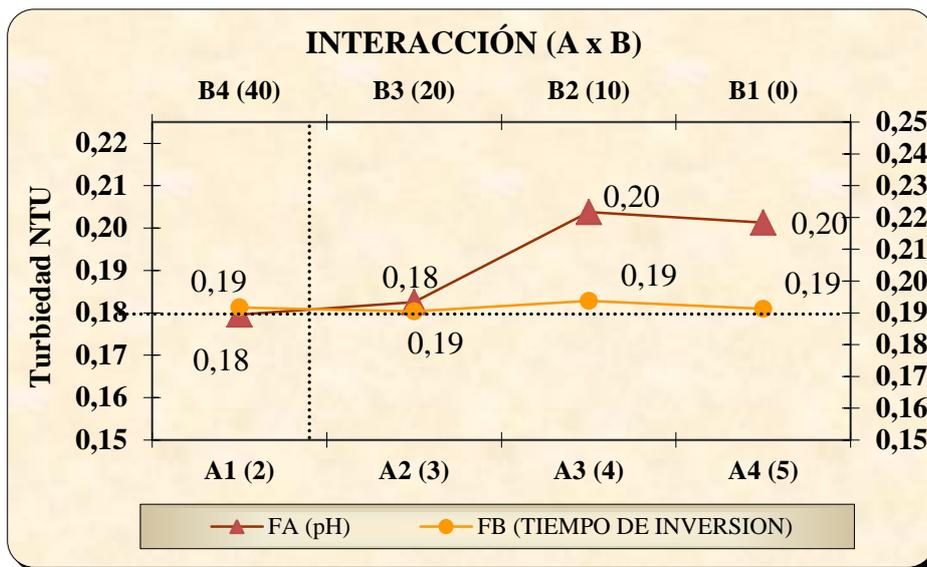
<b>RANGOS</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGO</b>
A3	0,204	a
A4	0,201	a
A2	0,183	b
A1	0,18	c

Al efectuar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para el factor A (pH) se observa que el nivel A1 (pH 2) se encuentra en el rango “c” considerada como la mejor media de 0,180 NTU.

**Tabla 29.** Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable turbiedad al inicio del experimento Turbiedad.

<b>RANGOS</b>		
<b>FACTOR</b>	<b>MEDIAS</b>	<b>RANGO</b>
C1	0,201	a
C2	0,183	a

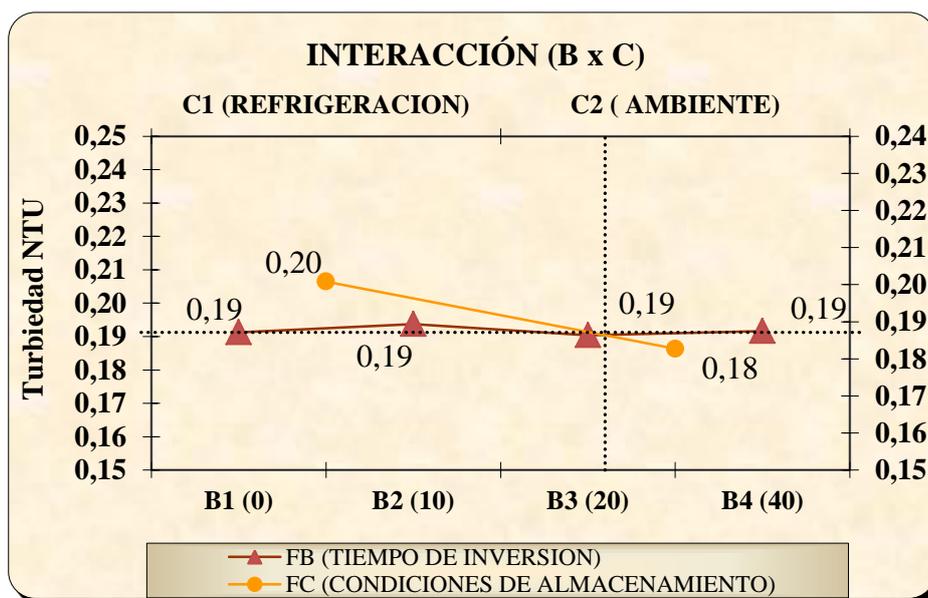
Al determinar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para el factor C (condiciones de almacenamiento) se encuentra que el nivel C2 (condición ambiental) presenta la mejor media ocupando el rango “a”.



**Gráfico 12.** Efecto de la interacción de Turbiedad entre factor A (pH) y factor B (tiempo de inversión) al inicio del experimento.

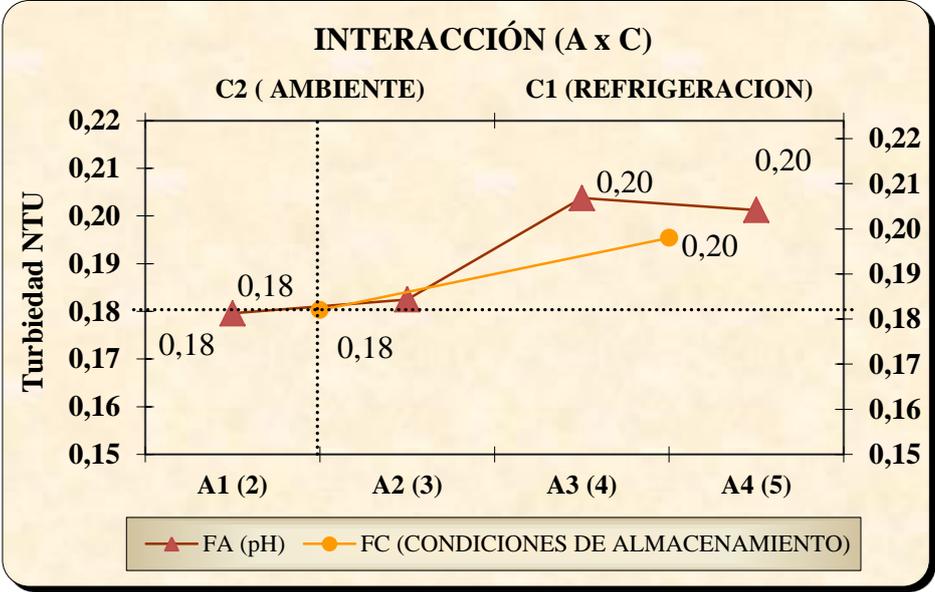
En la interacción  $A \times B$  (gráfico 12) entre los factores en estudio, indica que los puntos óptimos de turbiedad para la sacarosa invertida líquida son A1 (pH 2) y el factor B4 (40 min de reflujos).

La turbiedad de la solución puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varía en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras como cenizas, polvillo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida



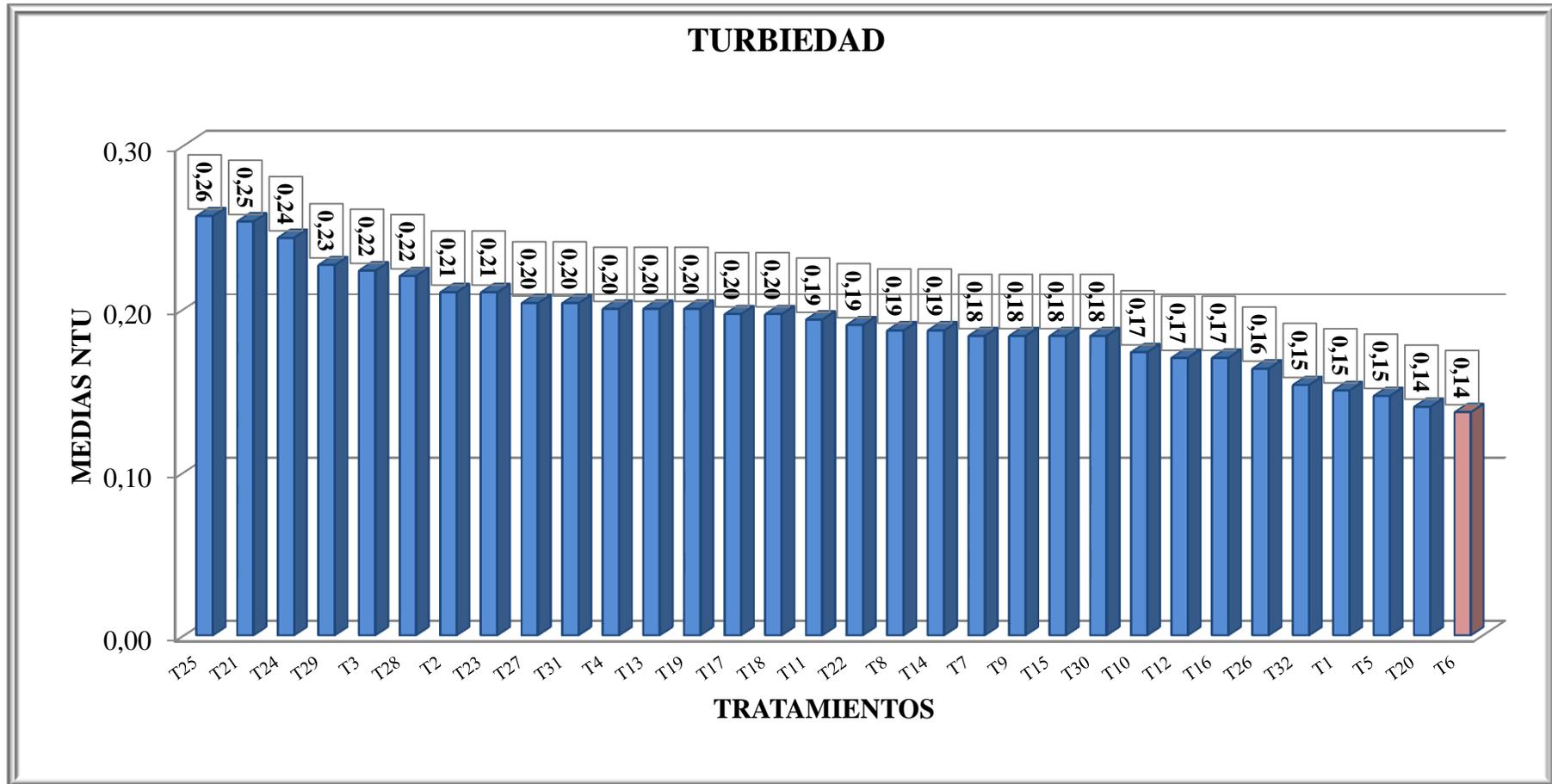
**Gráfico 13.** Efecto de la interacción de Turbiedad entre en factor B (tiempo de inversión) y el factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento.

En la interacción entre los factores B y C (gráfico 13) se puede identificar el valor óptimo de turbiedad para la sacarosa invertida líquida, el factor B3 (20 min de reflujo) y el factor C2 (ambiente).



**Gráfico 14.** Efecto de la interacción de Turbiedad entre factor A (pH) y factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento

El pH es una de los factores que influye notablemente en las diferentes variables siendo este el de pH 2, se observa en la interacción entre el factor A (pH) y el factor B (tiempo de inversión) (gráfico 14) que a condiciones ambientales de almacenado y mayor acidez se puede obtener los valores significativos para la sacarosa invertida líquida.



**Gráfico 15.** Comportamiento de las medias para Turbiedad al inicio de experimento.

En el gráfico 15 se presenta valores promedios del índice de turbiedad correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio. Siendo los mejores: T6; (pH 2, tiempo de inversión 10 min y almacenado al ambiente) y T20; (pH 4, tiempo de inversión 20 min y almacenado al ambiente) con valores bajos de 0,13 y 0,14 NTU respectivamente. Mediante la medición de esta variable fue posible valorar visualmente el efecto clarificante de un tratamiento frente a otro observando la nitidez de las soluciones.

#### 4.1.2.1. Análisis de turbiedad NTU fase final del experimento.

**Tabla 30.** Turbiedad NTU fase final del experimento.

TABLA DE DATOS						
Nº	TRAT/REP.	I	II	III	SUMA TRAT	MEDIA
T1	A1B1C1	0,15	0,17	0,14	0,46	0,153
T2	A1B1C2	0,2	0,22	0,2	0,62	0,207
T3	A1B2C1	0,23	0,22	0,21	0,66	0,22
T4	A1B2C2	0,21	0,2	0,19	0,6	0,2
T5	A1B3C1	0,14	0,14	0,15	0,43	0,143
T6	A1B3C2	0,13	0,15	0,14	0,42	0,14
T7	A1B4C1	0,18	0,18	0,19	0,55	0,183
T8	A1B4C2	0,2	0,19	0,17	0,56	0,187
T9	A2B1C1	0,18	0,17	0,2	0,55	0,183
T10	A2B1C2	0,16	0,19	0,17	0,52	0,173
T11	A2B2C1	0,2	0,18	0,2	0,58	0,193
T12	A2B2C2	0,17	0,15	0,19	0,51	0,17
T13	A2B3C1	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2
T14	A2B3C2	0,16	0,19	0,21	0,56	0,187
T15	A2B4C1	0,19	0,2	0,16	0,55	0,183
T16	A2B4C2	0,15	0,19	0,17	0,51	0,17
T17	A3B1C1	0,17	0,22	0,2	0,59	0,197
T18	A3B1C2	0,2	0,19	0,2	0,59	0,197
T19	A3B2C1	0,19	0,21	0,2	0,6	0,2
T20	A3B2C2	0,15	0,13	0,14	0,42	0,14
T21	A3B3C1	0,27	0,24	0,25	0,76	0,253
T22	A3B3C2	0,17	0,21	0,19	0,57	0,19
T23	A3B4C1	0,2	0,22	0,21	0,63	0,21
T24	A3B4C2	0,23	0,25	0,25	0,73	0,243
T25	A4B1C1	0,25	0,25	0,27	0,77	0,257
T26	A4B1C2	0,19	0,15	0,15	0,49	0,163
T27	A4B2C1	0,23	0,2	0,18	0,61	0,203
T28	A4B2C2	0,22	0,23	0,21	0,66	0,22
T29	A4B3C1	0,22	0,24	0,22	0,68	0,227
T30	A4B3C2	0,19	0,2	0,16	0,55	0,183
T31	A4B4C1	0,21	0,22	0,18	0,61	0,203
T32	A4B4C2	0,14	0,15	0,17	0,46	0,153
	<b>SUMA REP</b>	6,08	6,25	6,07	18,4	<b>0,192</b>

Luego de concluido el tiempo de conservación de las muestras se puede observar que no existió cambio de valores en cuanto a la medición de turbiedad esto demuestra que no puede existir en un futuro el proceso de fermentación, evitando el deterioro del producto final.

**Tabla 31.** ADEVA de la Turbiedad fase final del experimento.

<b>ADEVA</b>							
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>Signif.</b>	<b>F.T 5%</b>	<b>F. 1%</b>
<b>Total</b>	<b>95</b>	0,099					
<b>Tratam.</b>	<b>31</b>	0,083	0,003	11,087	<b>**</b>	1,65	2,03
<b>Rep.</b>	<b>2</b>	0,001	0	1,325	<b>NS</b>	3,15	4,98
<b>FA</b>	<b>3</b>	0,011	0,004	15,852	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FB</b>	<b>3</b>	0	0	0,15	<b>NS</b>	2,76	4,13
<b>FC</b>	<b>1</b>	0,008	0,008	31,928	<b>**</b>	4	7,08
<b>I (AX B)</b>	<b>9</b>	0,032	0,004	14,651	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>I (AXC)</b>	<b>3</b>	0,008	0,003	10,965	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>I (BXC)</b>	<b>3</b>	0,002	0,001	2,792	<b>*</b>	2,76	4,13
<b>I (AXBXC)</b>	<b>9</b>	0,022	0,002	10,071	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>ERROR EXP.</b>	<b>62</b>	0,015	0,0002				

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

C.V = 8,105 %

**\*\***: Altamente significativo

**NS**: No significativo

El análisis de varianza realizado a los dos meses de conservación, indica alta significación estadística para los tratamientos, demostrando que todas las soluciones son diferentes debido a la influencia del pH y el tiempo de inversión.

Para repeticiones no existe significación estadística, todos se comportaron de la misma manera y para las interacciones entre A x B, y A x C existe alta significación estadística. El valor del C.V. es de 8,105%. Los valores son similares al ADEVA del inicio del experimento revelando que no existe prolongación de sólidos disueltos en la muestra durante la conservación.

Al existir diferencia significativa, se realizó Tukey para tratamiento.

**Tabla 32.** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable Turbiedad fase final del experimento.

TRAT.	MEDIAS	RANGOS
T 25	0,257	a
T 21	0,253	a
T 24	0,243	a
T 29	0,227	a
T 3	0,22	a
T 28	0,22	a
T 23	0,21	a
T 2	0,207	a
T 27	0,203	a
T 31	0,203	a
T 4	0,2	b
T 13	0,2	b
T 19	0,2	b
T 17	0,197	c
T 18	0,197	c
T 11	0,193	c
T 22	0,19	c
T 8	0,187	c
T 14	0,187	c
T 7	0,183	d
T 9	0,183	d
T 15	0,183	d
T 30	0,183	d
T 10	0,173	e
T 12	0,17	e
T 16	0,17	e
T 26	0,163	f
T 1	0,153	g
T 32	0,153	g
T 5	0,143	g
T 6	0,14	h
T 20	0,14	<b>h</b>

De acuerdo a Tukey para tratamientos, se observa que existen ocho rangos, donde los tratamientos que ocupan el rango “h” pertenecen a las mejores medias siendo: **T6** y **T20** con 0,14 NTU.

**Tabla 33.** Prueba DMS para el factor A (pH) variable Turbiedad fase final del experimento.

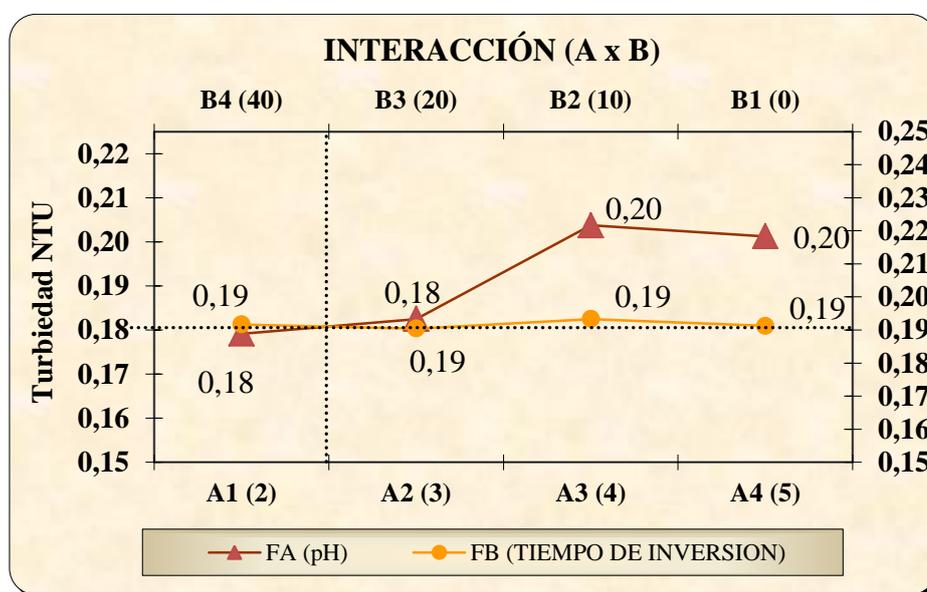
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
A3	0,204	a
A4	0,201	a
A2	0,183	b
A1	0,18	c

Para el factor A (pH) se observa que el factor A1 es el mejor, con una media de turbiedad de 0.18 NTU ubicándose en el rango “c”.

**Tabla 34.** Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable Turbiedad fase final del experimento.

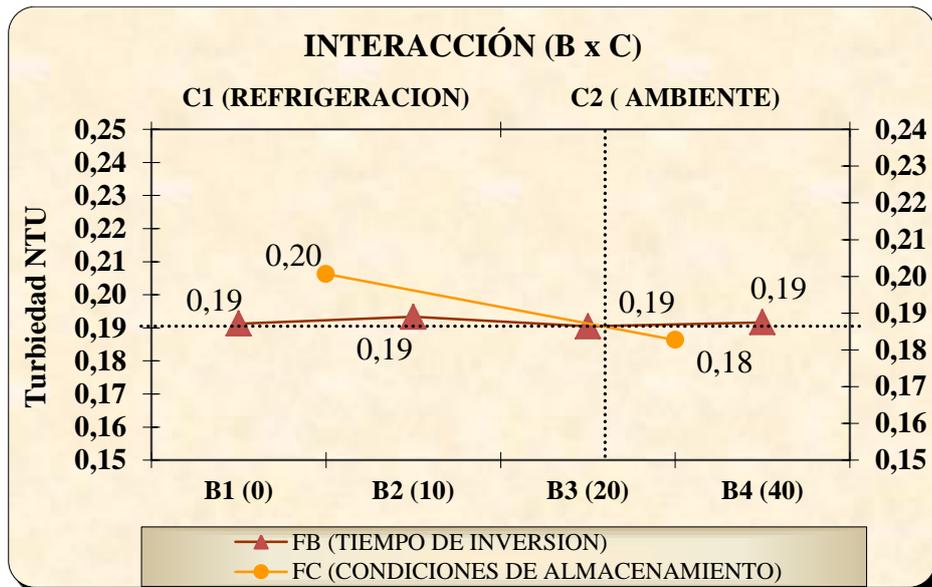
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
C1	0,201	a
C2	0,183	a

Al determinar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS), después de la conservación para el factor C (condiciones de almacenamiento) se considera a la mejor almacenada al ambiente.



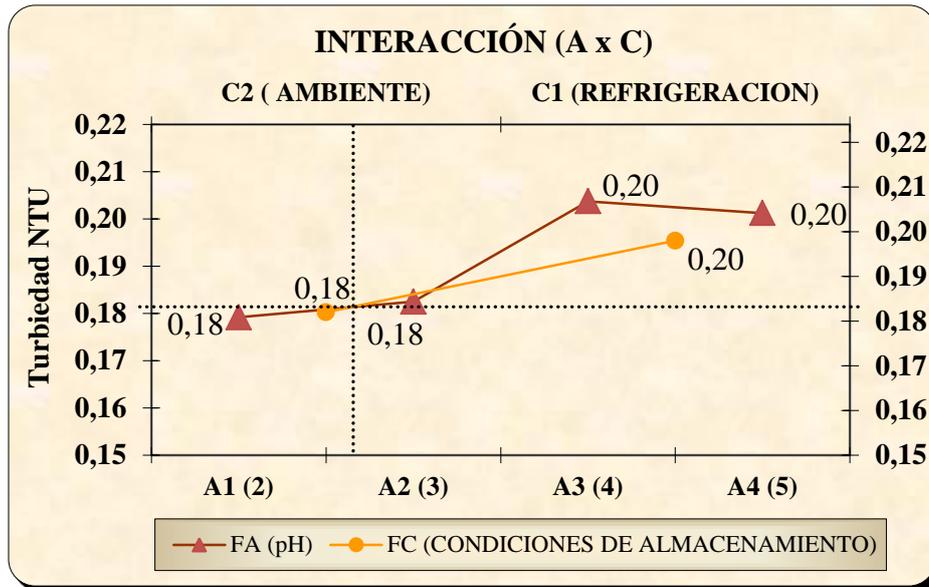
**Gráfico 16.** Efecto de la interacción de Turbiedad entre factor A (pH) y factor B (tiempo de inversión) fase final del experimento.

La interacción (gráfico 16) entre los factores en estudio, factor A (pH) y el factor B (tiempo de inversión) se destaca como los mejores valores óptimos significativos para la sacarosa invertida líquida A1 (pH2) y B4 (40 min de reflujo), el tiempo estimado de conservación no afecto el cambio de tonalidad de la muestra ni la suspensión de sólidos disueltos, estos se mantienen constantes.



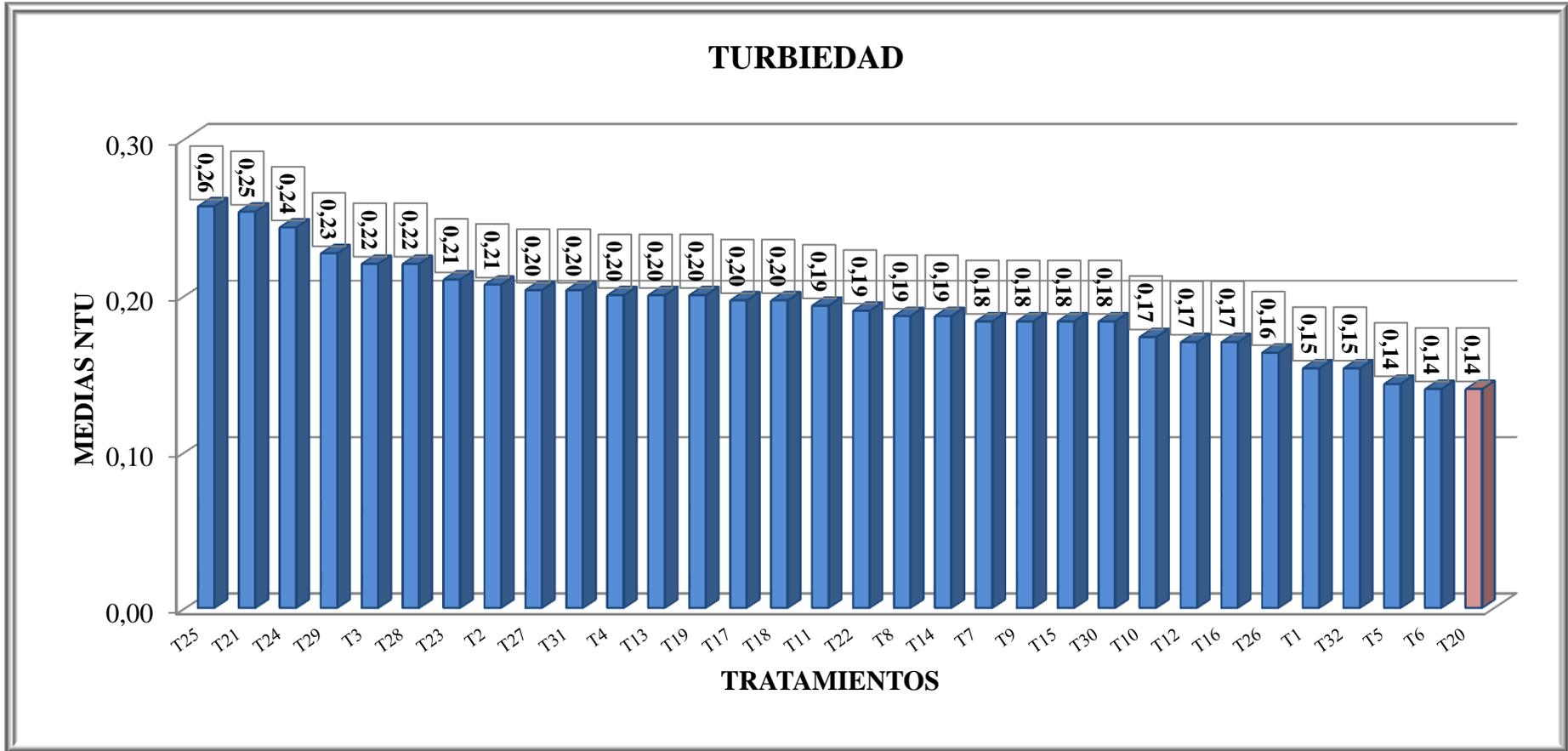
**Gráfico 17.** Efecto de la interacción de Turbiedad entre en factor B (tiempo de inversión) y el factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.

Al igual que la interacción B x C al inicio del experimento en esta interacción fase final del experimento (gráfico 17) presentan los mismos valores, siendo el factor B (tiempo de inversión) B3 (20 min de reflujo) y el factor C (condiciones de almacenamiento) C2 condición ambiental, determinando que no existe cambio de turbiedad durante el tiempo de conservación.



**Gráfico 18.** Efecto de la interacción de Turbiedad entre factor A (pH) y factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.

En la interacción  $A \times C$  (gráfico 18) los mejores valores significativos son; factor A1 (pH 2) y factor C2 (condición ambiental). Los valores se mantienen constantes después de la conservación, esto determina la estabilidad de la sacarosa invertida líquida mediante los factores en estudio.



**Gráfico 19.** Comportamiento de las medias para Turbiedad fase final del experimento.

El comportamiento de las medias para turbiedad (gráfico 19) fase final del experimento se puede identificar el mejor tratamiento T 20 con 0,14 NTU valor aceptable para la sacarosa invertida líquida, durante el tiempo de subsistencia esta no ha variado, existe un control total de sólidos disueltos en la muestra y no existe la presencia de material extraño.

#### **4.1.3. ANÁLISIS DE PESO NETO AL INICIO DEL EXPERIMENTO.**

Mediante esta variable se asegura la cantidad de contenido y a su vez se determina que no existe cambios de peso en el momento de esterilizar.

**Tabla 35.** Peso neto en gramos al inicio del experimento.

TABLA DE DATOS						
Nº	TRAT/REP.	I	II	III	SUMA TRAT	MEDIA
T1	A1B1C1	450,1	450,1	450,8	1351	450,3
T2	A1B1C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T3	A1B2C1	450,7	450	450,1	1350,8	450,3
T4	A1B2C2	450,7	450,8	450,2	1351,7	450,6
T5	A1B3C1	450,2	450	450,2	1350,4	450,1
T6	A1B3C2	451,3	451,2	451,7	1354,2	451,4
T7	A1B4C1	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T8	A1B4C2	450,1	450,1	450,8	1351	450,3
T9	A2B1C1	450,2	450	450,2	1350,4	450,1
T10	A2B1C2	451,3	451,2	451,7	1354,2	451,4
T11	A2B2C1	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T12	A2B2C2	451,6	451,8	450,2	1353,6	451,2
T13	A2B3C1	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T14	A2B3C2	450,1	450,1	450,8	1351	450,3
T15	A2B4C1	452,8	451,8	450,3	1354,9	451,6
T16	A2B4C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T17	A3B1C1	450,2	450	450,2	1350,4	450,1
T18	A3B1C2	451,3	451,2	451,7	1354,2	451,4
T19	A3B2C1	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T20	A3B2C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T21	A3B3C1	450,2	450	450,2	1350,4	450,1
T22	A3B3C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T23	A3B4C1	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T24	A3B4C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T25	A4B1C1	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T26	A4B1C2	451,3	451,2	451,7	1354,2	451,4
T27	A4B2C1	451,1	451,9	451,8	1354,8	451,6
T28	A4B2C2	452,8	451,8	450	1354,6	451,5
T29	A4B3C1	451,1	451,7	451,7	1354,5	451,5
T30	A4B3C2	452	451,2	451,5	1354,7	451,6
T31	A4B4C1	452,2	452	452,1	1356,3	452,1
T32	A4B4C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
	<b>SUMA REP</b>	14435	14439	14437	43310,1	<b>451,1</b>

El peso neto en gramos únicamente se mide para controlar si existe o no pérdida de cantidad de agua estimada en el producto, asegurando los parámetros establecidos al tener un peso constante dentro del producto.

**Tabla 36.** ADEVA de Peso neto al inicio del experimento.

<b>ADEVA</b>							
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>Signif.</b>	<b>F.T 5%</b>	<b>F. 1%</b>
<b>Total</b>	<b>95</b>	45,8					
<b>Tratam.</b>	<b>31</b>	31,5	1	4,48	<b>**</b>	1,65	2,03
<b>Rep.</b>	<b>2</b>	0,3	0,1	0,57	<b>NS</b>	3,15	4,98
<b>FA</b>	<b>3</b>	8,4	2,8	12,3	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FB</b>	<b>3</b>	3,2	1,1	4,73	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FC</b>	<b>1</b>	0,9	0,9	4,15	<b>*</b>	4	7,08
<b>I (AX B)</b>	<b>9</b>	3,3	0,4	1,64	<b>NS</b>	2,04	2,72
<b>I (AXC)</b>	<b>3</b>	2,7	0,9	4,02	<b>*</b>	2,76	4,13
<b>I (BXC)</b>	<b>3</b>	6,2	2,1	9,13	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>I (AXBXC)</b>	<b>9</b>	6,7	0,7	3,28	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>ERROR EXP.</b>	<b>62</b>	14	0,2				

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

C.V = 0.105 %

**\*\***: Altamente significativo

**NS**: No significativo

Existe alta significación en los tratamientos, todas las muestras son diferentes y en las repeticiones no existe significación estadística por lo que los bloques no muestran cambios y se mantienen constantes.

El valor del C.V. es de 0.105% valor aceptable para una investigación realizada en laboratorio.

Al existir diferencia significativa, se realizó Tukey para tratamientos y DMS para factores

**Tabla 37.** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable Peso neto al inicio del experimento.

TRAT.	MEDIAS	RANGOS
T 31	452,1	<b>a</b>
T 15	451,6	<b>a</b>
T 27	451,6	<b>a</b>
T 30	451,6	<b>a</b>
T 28	451,5	<b>a</b>
T 29	451,5	<b>a</b>
T 2	451,5	<b>a</b>
T 7	451,5	<b>a</b>
T 11	451,5	<b>a</b>
T 13	451,5	<b>a</b>
T 16	451,5	<b>a</b>
T 19	451,5	<b>a</b>
T 20	451,5	<b>a</b>
T 22	451,5	<b>a</b>
T 23	451,5	<b>a</b>
T 24	451,5	b
T 25	451,5	b
T 32	451,5	b
T 6	451,4	b
T 10	451,4	b
T 18	451,4	b
T 26	451,4	b
T 12	451,2	c
T 4	450,6	c
T 1	450,3	c
T 8	450,3	c
T 14	450,3	c
T 3	450,3	c
T 5	450,1	d
T 9	450,1	d
T 17	450,1	e
T 21	450,1	e

Según Tukey para tratamientos, se observa que existen cuatro rangos, donde los tratamientos que ocupan el rango “a” pertenecen a las mejores medias los cuales son: T31, T15, T27, T30, T28, T29, T2, T7, T11, T13, T16, T20, T22 y T23.

**Tabla 38.** Prueba DMS para el factor A (pH) variable Peso neto al inicio del experimento.

RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
A4	451,6	a
A2	451,1	a
A1	451,1	a
A1	450,7	b

Al realizar la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) para el factor A (pH) se observa que el nivel A4 (pH 5) se encuentra en el rango “a” con una media de 451,2 g.

**Tabla 39.** Prueba DMS para el factor B (tiempo de inversión) variable Peso neto al inicio del experimento.

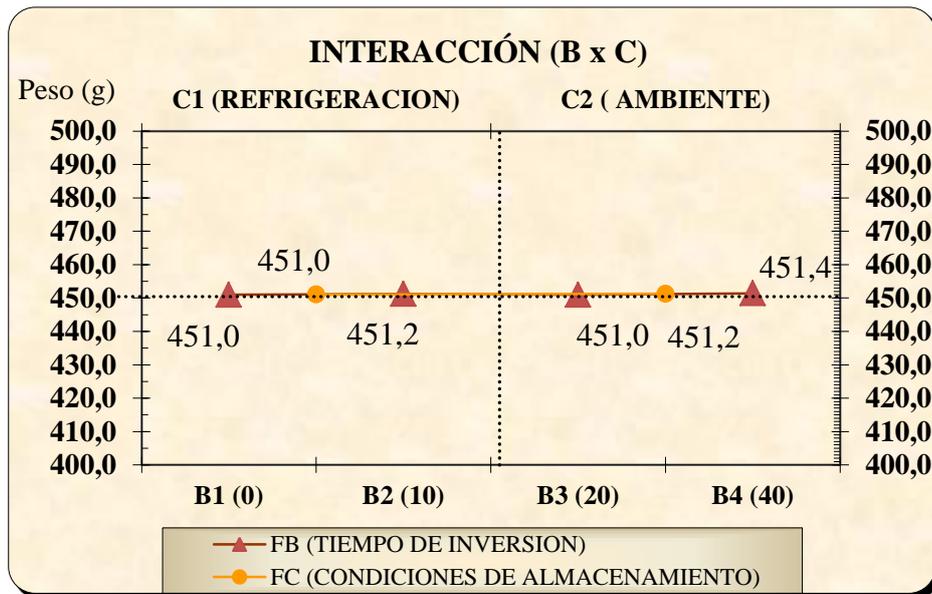
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
B4	451,4	a
B2	451,2	a
B3	451,0	b
B1	451,0	c

Para el factor B (tiempo de inversión) existen cuatro rangos donde se considera “a” como el mejor siendo el factor B4 (40 min de refluj) con una media de 451,2g valor que ha sido tomado como el mejor para su producción y posterior consumo.

**Tabla 40.** Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable Peso neto al inicio del experimento

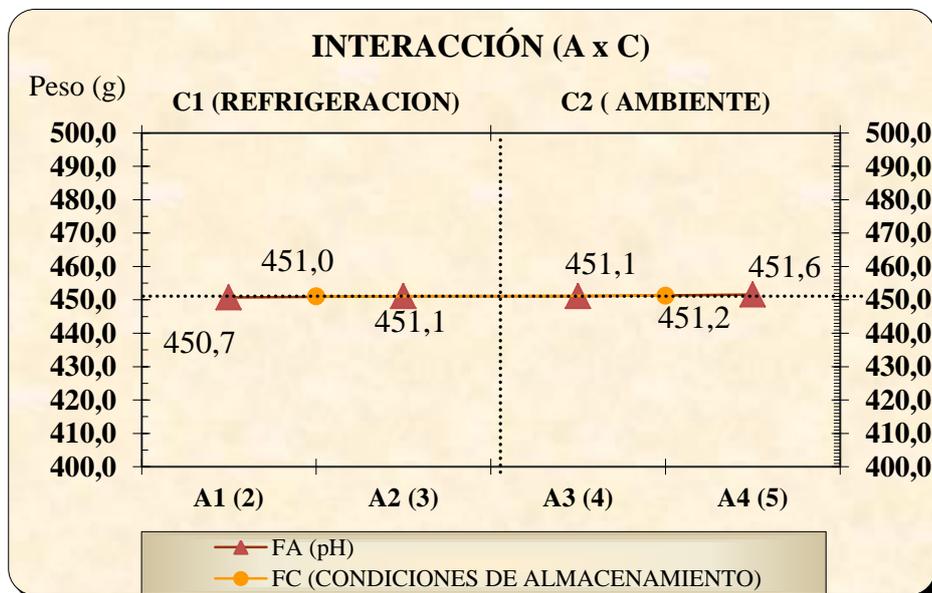
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
C2	451,2	a
C1	451,0	a

Para el factor C (condiciones de almacenamiento) se mantienen en el mismo rango, existe similitud del producto en cuando almacenamiento.



**Gráfico 20.** Efecto de la interacción de Peso neto entre factor B (tiempo de inversión) y el factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento.

El valor óptimo de interacción entre los factores B (tiempo de inversión) y C (condiciones de almacenamiento), para la sacarosa invertida líquida es de B3 (20 min de refluj) y C2 (ambiente), es decir no existe evaporación ni pérdida durante el proceso de elaboración.



**Gráfico 21.** Efecto de la interacción de Peso neto entre el factor A (pH) y el factor C (condiciones de almacenamiento) al inicio del experimento.

En la interacción entre los factores A (pH) y C (condiciones de almacenamiento) (gráfico 21) los valores óptimos para la sacarosa invertida líquida se hallan entre los valores A3 (pH4) y C2 (ambiente), identificando que la mayoría de los tratamientos mantienen un peso equilibrado durante el proceso.

#### 4.1.3.1. Análisis de Peso neto fase final del experimento

**Tabla 41.** Peso neto en gramos fase final del experimento.

TABLA DE DATOS						
Nº	TRAT/REP.	I	II	III	SUMA TRAT	MEDIA
T1	A1B1C1	450,1	450,1	450,9	1351,1	450,4
T2	A1B1C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T3	A1B2C1	450,7	450	450,1	1350,8	450,3
T4	A1B2C2	450,8	450,8	450,2	1351,8	450,6
T5	A1B3C1	450,2	450	450,2	1350,4	450,1
T6	A1B3C2	451,3	451,2	451,7	1354,2	451,4
T7	A1B4C1	451,1	451,7	451,7	1354,5	451,5
T8	A1B4C2	450,1	450,3	450,8	1351,2	450,4
T9	A2B1C1	450,2	450	450,2	1350,4	450,1
T10	A2B1C2	451,4	451,2	451,7	1354,3	451,4
T11	A2B2C1	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T12	A2B2C2	451,6	451,8	450,2	1353,6	451,2
T13	A2B3C1	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T14	A2B3C2	450,2	450,5	450,8	1351,5	450,5
T15	A2B4C1	452,8	451,8	450,3	1354,9	451,6
T16	A2B4C2	451,1	451,8	451,7	1354,6	451,5
T17	A3B1C1	450,2	450	450,1	1350,3	450,1
T18	A3B1C2	451,3	451,2	451,7	1354,2	451,4
T19	A3B2C1	451,1	451,8	451,6	1354,5	451,5
T20	A3B2C2	451,3	451,7	451,6	1354,6	451,5
T21	A3B3C1	450,2	450	450,2	1350,4	450,1
T22	A3B3C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T23	A3B4C1	451,7	451,7	451,6	1355	451,7
T24	A3B4C2	451,1	451,7	451,6	1354,4	451,5
T25	A4B1C1	451,1	451,7	451,9	1354,7	451,6
T26	A4B1C2	451,3	451,2	451,7	1354,2	451,4
T27	A4B2C1	451,1	451,9	451,8	1354,8	451,6
T28	A4B2C2	452,8	451,8	450	1354,6	451,5
T29	A4B3C1	451,3	451,7	451,8	1354,8	451,6
T30	A4B3C2	452	451,2	451,5	1354,7	451,6
T31	A4B4C1	452,2	452	452,1	1356,3	452,1
T32	A4B4C2	451,2	451,8	451,6	1354,6	451,5
	<b>SUMA REP</b>	14436	14439	14438	43313	<b>451,2</b>

Al finalizar el experimento durante el periodo de conservación se llega a identificar que todas las soluciones presentan un mismo peso, es decir que no hubo pérdidas de líquido y por consiguiente mantienen la concentración.

**Tabla 42.** ADEVA del Peso neto fase final del experimento.

<b>ADEVA</b>							
<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>Signif.</b>	<b>F.T 5%</b>	<b>F. 1%</b>
<b>Total</b>	<b>95</b>	45,9					
<b>Tratam.</b>	<b>31</b>	31,9	1	4,59	<b>**</b>	1,65	2,03
<b>Rep.</b>	<b>2</b>	0,2	0,1	0,43	<b>NS</b>	3,15	4,98
<b>FA</b>	<b>3</b>	8,6	2,9	12,81	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FB</b>	<b>3</b>	3,6	1,2	5,39	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>FC</b>	<b>1</b>	1	1	4,29	<b>*</b>	4	7,08
<b>I (AX B)</b>	<b>9</b>	3,6	0,4	1,78	<b>NS</b>	2,04	2,72
<b>I (AXC)</b>	<b>3</b>	2,5	0,8	3,79	<b>*</b>	2,76	4,13
<b>I (BXC)</b>	<b>3</b>	6,1	2	9,13	<b>**</b>	2,76	4,13
<b>I (AXBXC)</b>	<b>9</b>	6,4	0,7	3,19	<b>**</b>	2,04	2,72
<b>ERROR EXP.</b>	<b>62</b>	13,9	0,2				

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

C.V = 0.105 %

**\*\***: Altamente significativo

**NS**: No significativo

Existe alta significación estadística para tratamientos al igual que en el ADEVA al inicio del experimento, en las repeticiones e interacción  $A \times B$  no existe significación por lo que todos los valores son iguales, para los factores A, B y C existe significación estadística y en las interacciones  $A \times C$  y  $B \times C$  existe alta significación. El valor de CV es de 0,105%.

Al existir alta significación se realizó Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Tabla 43.** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable Peso neto fase final del experimento.

TRAT.	MEDIAS	RANGOS
T 31	452,1	a
T 23	451,7	a
T 15	451,6	a
T 29	451,6	a
T 27	451,6	a
T 25	451,6	a
T 30	451,6	a
T 16	451,5	a
T 20	451,5	a
T 28	451,5	a
T 32	451,5	a
T 7	451,5	a
T 19	451,5	a
T 2	451,5	a
T 11	451,5	a
T 13	451,5	b
T 22	451,5	b
T 24	451,5	b
T 10	451,4	b
T 6	451,4	b
T 18	451,4	b
T 26	451,4	b
T 12	451,2	c
T 4	450,6	c
T 14	450,5	c
T 8	450,4	c
T 1	450,4	c
T 3	450,3	c
T 5	450,1	d
T 9	450,1	d
T 21	450,1	e
T 17	450,1	e

Existe cinco rangos de los cuales se considera el rango “a” como la mejor media, en el análisis de esta variable se puede identificar que la mayoría de los tratamientos presentan la misma cantidad de volumen al inicio y final del experimento.

**Tabla 44.** Prueba DMS para el factor A (pH) variable Peso neto fase final del experimento.

RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
A4	451,6	a
A3	451,2	a
A2	451,2	a
A1	450,8	b

Al realizar la prueba mínima de significación estadística para el factor A (pH) los mejores se hallan en el rango “a” con una media de 451,6g valores que indica que no hubo ningún tipo de cambio en peso neto de los diferentes tratamientos en comparación al dato obtenido al inicio del experimento.

**Tabla 45.** Prueba DMS para el factor B (tiempo de inversión) variable Peso neto fase final del experimento.

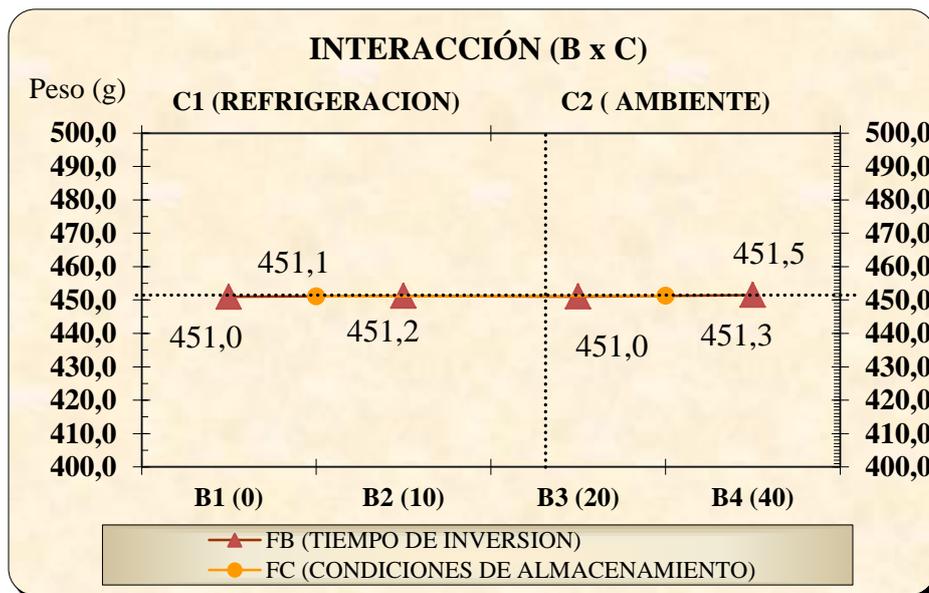
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
B4	451,48	a
B2	451,21	a
B3	451,03	b
B1	450,98	c

Después del tiempo de conservación las soluciones han mantenido su peso neto, en la prueba de significación mínima significativa para el factor B encontramos que existen 3 rangos en los cuales el rango “a” se halla como la mejor media para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con una media de 452,48g.

**Tabla 46.** Prueba DMS para el factor C (condiciones de almacenamiento) variable Peso neto fase final del experimento.

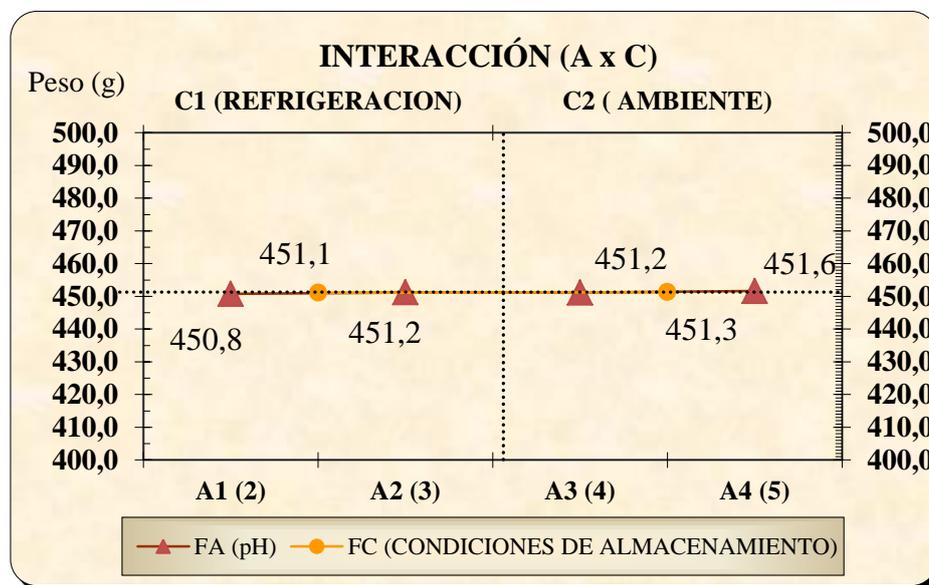
RANGOS		
FACTOR	MEDIAS	RANGO
C2	451,28	a
C1	451,08	a

Al realizar la prueba mínima significativa para el factor C (condiciones de almacenamiento), encontramos que las dos condiciones se hallan con un solo rango, se considera que no existe cambio de cantidad.



**Gráfico 22.** Efecto de la interacción de Peso neto entre factor B (tiempo de inversión) y el factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.

La interacción B x C (gráfico 22) presenta los mejores valores para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida. Los valores son idénticos al inicio del experimento no existe cambios.



**Gráfico 23.** Efecto de la interacción de Peso neto entre el factor A (pH) y el factor C (condiciones de almacenamiento) fase final del experimento.

En la interacción entre los factores A (pH) y C (condiciones de almacenamiento) presentan valores acordes, idénticos donde los valores se han mantenido constantes durante el periodo de conservación determinando la calidez del producto.

Dentro de esta variable aseguramos la cantidad de contenido del producto, comprobando que no hubo cambios al momento de esterilizar evitando aumento o evaporación de agua y esto a su vez afecta el °Brix.

#### **4.1.4. VALOR DE DENSIDAD DE LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA.**

La determinación de densidad de la sacarosa invertida líquida se obtuvo mediante la tabla de gravedades específicas e índice de refracción de soluciones de sacarosa a 20 ° C de (Kirk, Sawyer, & Egan, 2004), las muestras se estandarizo a 65 °Brix.

Porcentaje de sacarosa m/m	Gravedad específica a 20/20 °C	Índice de refracción $n_{20/D}$
65	1,31866	1,45346

La densidad es proporcional a la cantidad de sólidos totales de la muestra de sacarosa invertida líquida, se consideran iguales cuando se habla de peso específico, densidad o gravedad específica se trata de lo mismo, es decir, la relación que existe entre el peso de un material o elemento por unidad de volumen.

#### **4.1.5. CRISTALIZACIÓN**

Esta variable se midió a través de la Cámara de Neubauer obteniendo como resultados negativo la presencia de cristales.

Para que los cristales se desarrollen necesitan la presencia de un sustrato de alta pureza de sacarosa bajo condiciones adecuadas como son temperatura y pH.

Durante la elaboración del producto existió una buena disolución, sin la presencia de cristales ni materia extraña.

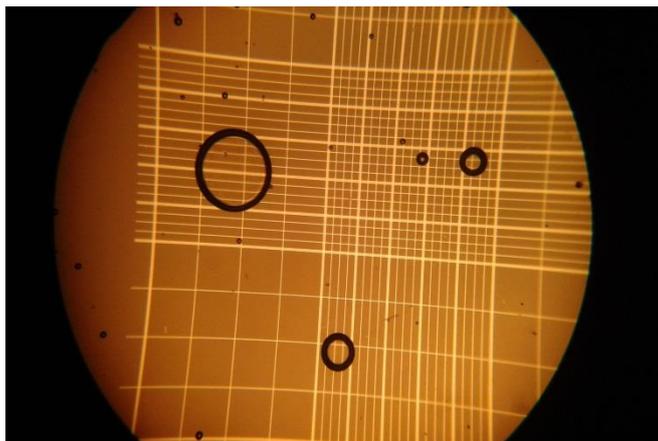
**Tabla 47.** Presencia de cristales desarrollados en la sacarosa invertida líquida.

TRATAMIENTOS	DIA 1	DIA 5	DIA 10	DIA 15	DIA 30
T1	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0
T7	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0
T9	0	0	0	0	0
T10	0	0	0	0	0
T11	0	0	0	0	0
T12	0	0	0	0	0
T13	0	0	0	0	0
T14	0	0	0	0	0
T15	0	0	0	0	0
T16	0	0	0	0	0
T17	0	0	0	0	0
T18	0	0	0	0	0
T19	0	0	0	0	0
T20	0	0	0	0	0
T21	0	0	0	0	0
T22	0	0	0	0	0
T23	0	0	0	0	0
T24	0	0	0	0	0
T25	0	0	0	0	0
T26	0	0	0	0	0
T27	0	0	0	0	0
T28	0	0	0	0	0
T29	0	0	0	0	0
T30	0	0	0	0	0
T31	0	0	0	0	0
T32	0	0	0	0	0

Fórmula empleada a través de la Cámara de Neubauer:

$$\frac{x \text{ cristales}}{y \text{ cuadros}} * \frac{\# \text{ cuadros}}{0.1 \text{ mm}^3} * \frac{1000 \text{ mm}^3}{1 \text{ ml}} = \frac{x \text{ millón de cristales}}{\text{ml}}$$

$$\frac{0}{10} * \frac{400}{0.1 \text{ mm}^3} * \frac{1000 \text{ mm}^3}{1 \text{ ml}} = \boxed{0 \text{ cristales/ml}}$$



**Fotografía 7.** Cristales formados

#### **4.1.6. ° BRIX EN LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA**

Las muestras se estandarizaron a 65 °Brix, esto se obtuvo mediante pruebas preliminares para evitar tener soluciones sobresaturadas.

- Al inicio del experimento se estandarizó a 65 °Brix todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones, donde cada unidad experimental consto de 65% de sacarosa y 35% de agua.
- En la fase final del experimento durante el tiempo de conservación mantienen los 65 °Brix.

#### **4.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.**

Para el análisis organoléptico se toma como referencia a los siguientes caracteres: color, olor, sabor y aceptabilidad que se encuentran descritos en la hoja de Evaluación Sensorial. El formato del test de degustación se encuentra en el anexo 12

El análisis organoléptico se realizó con la colaboración de 10 panelistas a quienes se les explicó cómo deben hacer el análisis de degustación y valoración del producto, se identificó las características organolépticas más relevantes de la sacarosa invertida líquida.

#### 4.2.1. RESUMEN DE VALORACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA.

**Tabla 48.** Resumen de significación para variables organolépticas.

VARIABLE	VALOR CALCULADO $X^2$	VALOR TABULAR $X^2$		TRATAM.
		0.05	0.01	
<b>COLOR</b>	0,18 <sup>NS</sup>	7,815	11,35	T 7, T6,T5,T8
<b>OLOR</b>	1,35 <sup>NS</sup>	7,815	11,35	T8, T7, T6,T5
<b>SABOR</b>	8,52 <sup>*</sup>	7,815	11,35	T7, T5, T6, T8
<b>ACEPTABILIDAD</b>	2,01 <sup>NS</sup>	7,815	11,35	T6, T7, T5,T8

Luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por los panelistas para los diferentes tratamientos se obtuvieron las siguientes significaciones para las variables organolépticas:

**COLOR.**-No existe significación estadística para la variable color, los tratamientos son iguales, por criterio de los degustadores optaron por los cuatro mejores tratamientos siguientes: T7; (pH 2, 40 min de reflujo, almacenado en refrigeración), T6; (pH 2, 30 min de reflujo, almacenado al ambiente), T5; (pH 2, 20 min de reflujo, almacenado en refrigeración) y T8; (pH 2, 40 min de reflujo, almacenado al ambiente)

**OLOR.**- No existe significación estadística para la variable olor, lo que significa que los tratamientos son iguales las muestras se hallan libre de olores extraño, por discernimiento de los panelistas seleccionaron a los cuatro mejores tratamientos siendo estos: T8; (pH 2, 40 min de reflujo, almacenado al ambiente), T7; ( pH 2, 40 min de reflujo, almacenado en refrigeración), T6; (pH 2, 30 min de reflujo, almacenado al ambiente) y T5; (pH 2, 20 min de reflujo, almacenado en refrigeración).

**SABOR.**-Existe significación estadística al 0,05% para la variable sabor, lo que significa que estadísticamente los tratamientos son diferentes por criterio de los panelistas siendo los cuatro mejores tratamientos los siguientes: T7; (pH 2, 40 min de reflujo, almacenado en refrigeración), T5; (pH 2, 20 min de reflujo, almacenado en refrigeración), T6; (pH 2, 30 min de reflujo, almacenado al ambiente) y T8; (pH 2, 40 min de reflujo, almacenado al ambiente).

**ACEPTABILIDAD.**-No existe significación estadística para la variable aceptabilidad es decir, que todos los tratamientos son iguales seleccionando a los siguientes mejores: T6; (pH 2, 30 min de reflujo y almacenado al ambiente), T7; (pH 2, 40 min de reflujo, almacenado en refrigeración), T5; (pH 2, 20 min de reflujo, almacenado en refrigeración) y T8; (pH 2, 40 min de reflujo, almacenado al ambiente).

Realizados los análisis organolépticos se determinó que los cuatro mejores tratamientos obtenidos de acuerdo al análisis de Friedman son los siguientes:

1. **T7 (A1B4C1):** pH 2, 40 min de reflujo, almacenado en refrigeración.
2. **T5 (A1B3C1):** pH 2, 20 min de reflujo, almacenado en refrigeración.
3. **T8 (A1B4C2):** pH 2, 40 min de reflujo, almacenado al ambiente.
4. **T6 (A1B3C2):** pH 2, 30 min de reflujo, almacenado al ambiente.

#### **4.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO.**

Para la realización del análisis microbiológico, se tomó muestras de los cuatro mejores tratamientos.

**Tabla 49.** Resultados del análisis microbiológico a los cuatro mejores tratamientos.

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado				Metodología utilizada
		T7	T5	T8	T6	
Recuento de mohos y levaduras	UPM/ml	0	0	0	0	AOAC 997-02

Los análisis microbiológicos fueron analizados en el Laboratorio de Análisis Físico, Químico y Microbiológico de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales a los cuatro mejores tratamientos. Anexo 4.

No existe contaminación dentro de la sacarosa invertida líquida.

De acuerdo a los resultados obtenidos se considera apta para el consumo humano ya que se encuentra dentro del rango establecido por la norma RMN° 684-2005/MINSA. Anexo 10.

#### **4.4. EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL PARA LOS CUATRO MEJORES TRATAMIENTOS.**

Además para un complemento de la investigación se procedió a realizar la vida útil del producto a los cuatro mejores tratamientos en condiciones de refrigeración, ambiente y condiciones aceleradas.

Se realizaron análisis físicos (sólidos solubles anexo 6, acidez anexo 5, pH anexo 7), análisis microbiológicos (recuento de mohos y levaduras anexo 8) a cada tratamiento con la finalidad de conocer el tiempo de vida útil del producto.

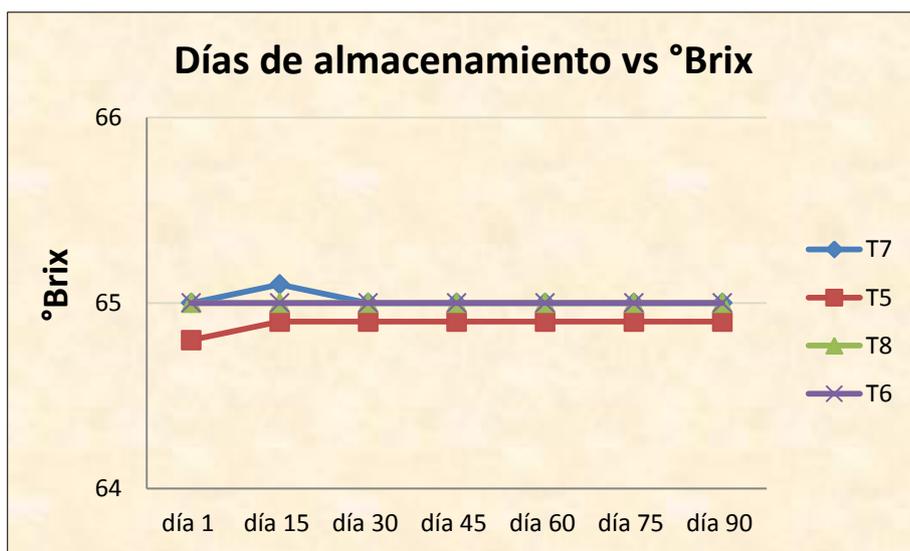
Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Físico, Químico y Microbiológico de la Universidad Técnica del Norte.

#### 4.4.1. EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL A LOS CUATRO MEJORES TRATAMIENTOS ALMACENADOS AL AMBIENTE DURANTE UN PERIODO DE 90 DÍAS.

##### Análisis físicos

**Tabla 50.** Días de almacenamiento al ambiente vs Sólidos solubles °Brix.

Muestras almacenadas al ambiente							
Días almacenados °Brix							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	65	65,1	65	65	65	65	65
T5	64,8	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9
T8	65	65	65	65	65	65	65
T6	65	65	65	65	65	65	65

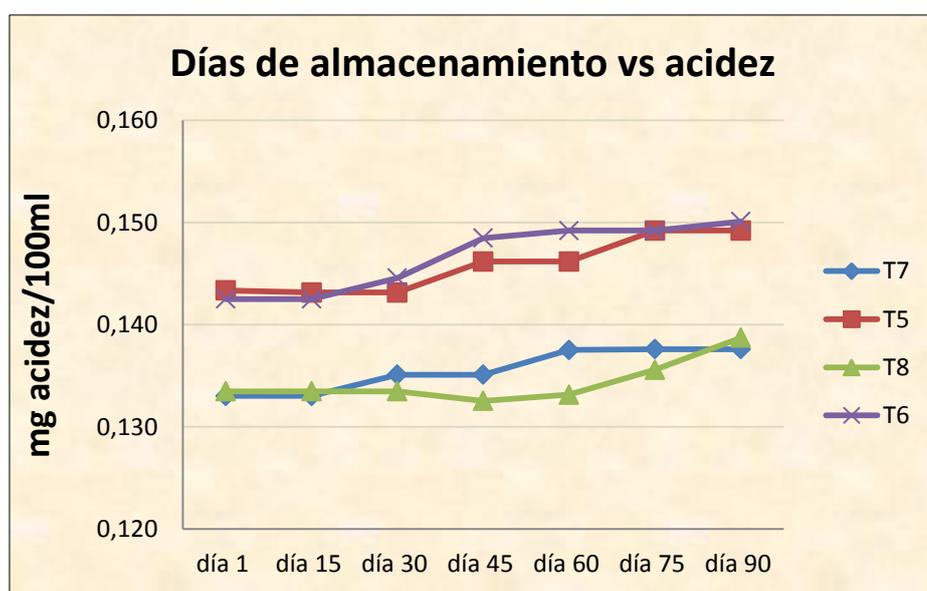


**Gráfico 24.** Días del almacenamiento al ambiente vs sólidos solubles °Brix.

Durante el periodo de evaluación los valores referentes de sólidos solubles (gráfico 24) de los cuatro mejores tratamientos, durante 90 días no muestran cambios bruscos ni alteraciones de °Brix mantienen su concentración en condiciones ambientales.

**Tabla 51.** Días de almacenamiento al ambiente vs acidez.

Muestras almacenadas al ambiente							
Días almacenados mg acidez/100ml							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0,133	0,133	0,135	0,135	0,138	0,138	0,138
T5	0,143	0,143	0,143	0,146	0,146	0,149	0,149
T8	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,136	0,139
T6	0,143	0,143	0,145	0,148	0,149	0,149	0,15

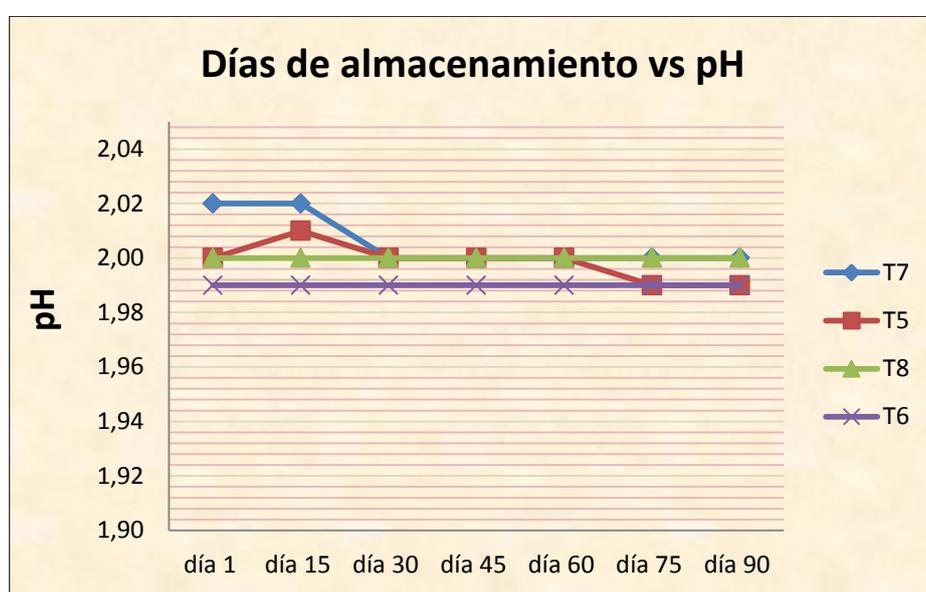


**Gráfico 25.** Días de almacenamiento al ambiente vs acidez.

La acidez presenta diferenciación mínima hasta los 75 días aumentando valores imperceptibles significativos de acidez, lo que significa que no existe crecimiento microbiano y por ende no existe fermentación del producto. (Gráfico 25).

**Tabla 52.** Días de almacenamiento al ambiente vs pH.

Muestras almacenadas al ambiente							
Días almacenados pH							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	2,02	2,02	2	2	2	2	2
T5	2	2,01	2	2	2	1,99	1,99
T8	2	2	2	2	2	2	2
T6	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99



**Gráfico 26 .** Días almacenados al ambiente vs pH.

El pH se estandarizo a 2, valores que fueron obtenidos a través de los resultados a los análisis anteriores donde señala los mejores tratamientos con pH2, el presente gráfico representa las condiciones almacenadas al ambiente y control de pH, durante los 90 días de evaluación no existe cambio de pH desapacible lo que demuestra la estabilidad de pH de la sacarosa invertida líquida en condiciones ambientales.

## Análisis microbiológico.

**Tabla 53.** Días de almacenamiento al ambiente vs mohos y levaduras.

Muestras almacenadas al ambiente							
Días almacenados UPM/ml							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0

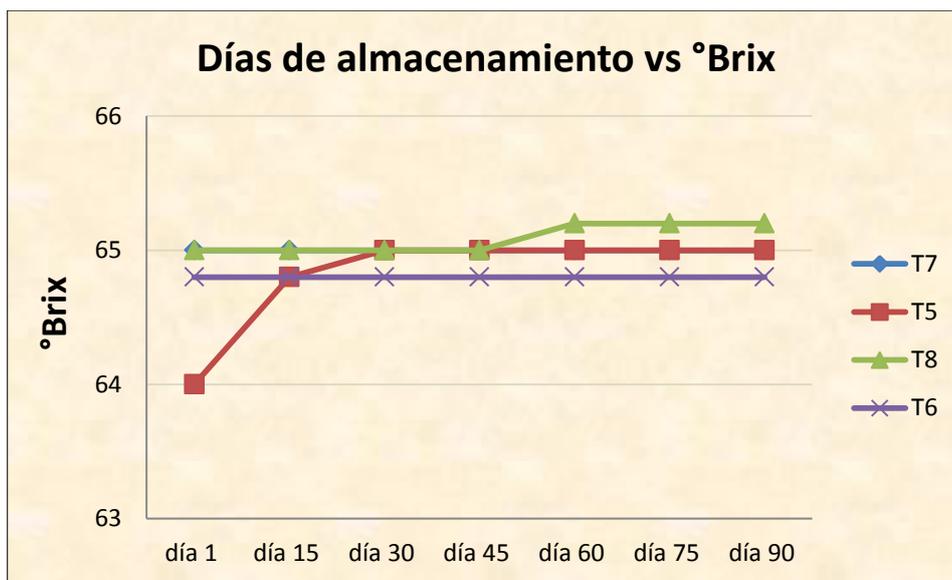
La adición de altas cantidades de azúcar evita el deterioro del alimento y desempeña un papel antiséptico, constatamos en la tabla 53 en donde los días de almacenamiento al ambiente vs mohos y levaduras que no existe una tendencia a desarrollarse microorganismos tales como son los mohos y las levaduras. En las conservas con azúcar si se realizan bien los procesos de elaboración, los microorganismos no se reproducen o lo hacen a una velocidad muy baja. Entre otros motivos, esto sucede porque el azúcar retiene agua y se dificulta la supervivencia de los microbios. El agua se mueve desde el interior de las células hacia fuera (mediante un proceso llamado "ósmosis") y esto genera su deshidratación parcial (plasmólisis), que impide la multiplicación de los microorganismos. Los expertos consideran que ha sucedido una reducción de la "actividad del agua".

#### 4.4.2. EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL A LOS CUATRO MEJORES TRATAMIENTOS ALMACENADOS A REFRIGERACIÓN 2- 5 ° C DURANTE UN PERIODO DE 90 DÍAS.

##### Análisis físicos

**Tabla 54.** Días de almacenamiento a refrigeración vs sólidos solubles °Brix.

Muestras almacenadas a refrigeración 2-5 °C							
Días almacenados °Brix							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	65	65	65	65	65	65	65
T5	64	64,8	65	65	65	65	65
T8	65	65	65	65	65,2	65,2	65,2
T6	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8

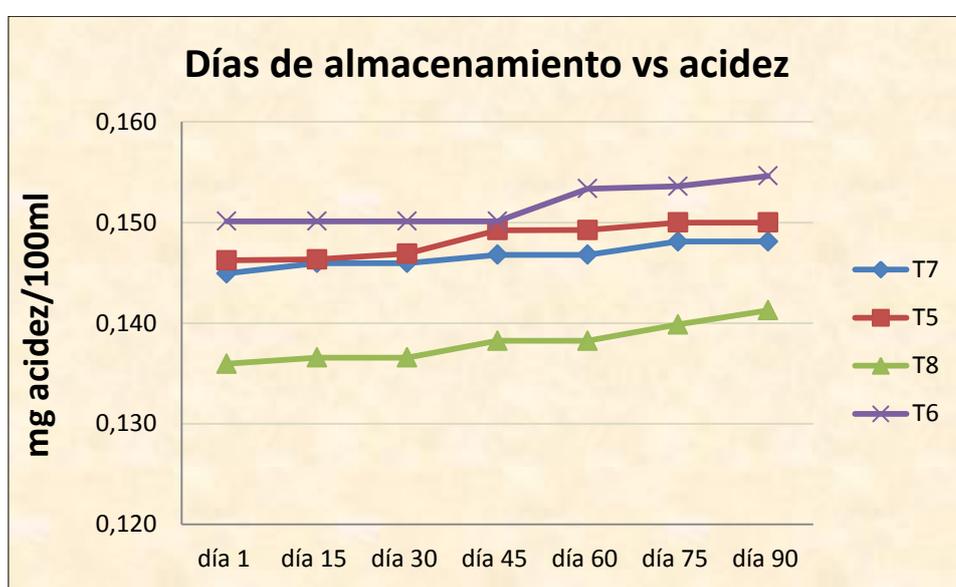


**Gráfico 27.** Días de almacenamiento a refrigeración vs sólidos solubles °Brix.

Los mejores tratamientos conservados en refrigeración durante el tiempo de evaluación muestran similitud de sólidos solubles 65 °Brix indicando que no ha existido degradación de azúcares.

**Tabla 55.** Días de almacenamiento a refrigeración vs acidez.

Muestras almacenadas a refrigeración 2-5 °C							
Días almacenados mg acidez/100ml							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0,145	0,146	0,146	0,147	0,147	0,148	0,148
T5	0,146	0,146	0,147	0,149	0,149	0,15	0,15
T8	0,136	0,137	0,137	0,138	0,138	0,14	0,141
T6	0,15	0,15	0,15	0,15	0,153	0,154	0,155

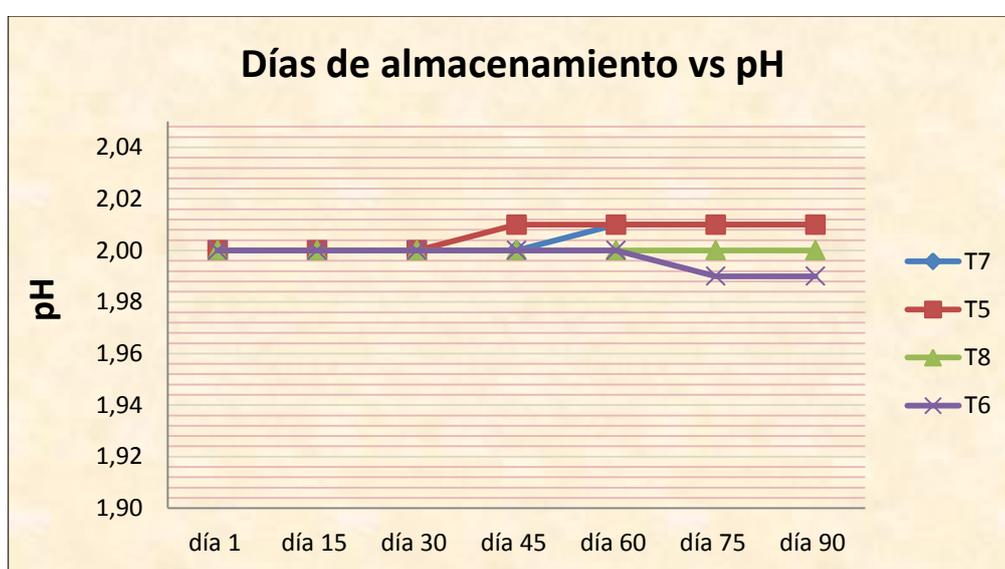


**Gráfico 28.** Días de almacenamiento a refrigeración vs acidez.

En el presente gráfico 28 se puede identificar que existe mínima significación de valores obtenidos de acidez durante el tiempo estimado de evaluación 90 días, donde no existe el proceso de la fermentación aerobia por parte del ácido acético presente en el jugo de caña, no existe crecimiento bacteriano.

**Tabla 56.** Días de almacenamiento a refrigeración vs pH.

Muestras almacenadas a refrigeración 2-5 °C							
Días almacenados pH							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	2	2	2	2	2,01	2,01	2,01
T5	2	2	2	2,01	2,01	2,01	2,01
T8	2	2	2	2	2	2	2
T6	2	2	2	2	2	1,99	1,99



**Gráfico 29.** Días de almacenamiento a refrigeración vs pH.

Existe una variación mínima de acidez, durante los 90 días mantienen los mismos valores, por lo cual se verifica que no existe fermentación en la sacarosa invertida líquida.

## Análisis microbiológicos.

**Tabla 57.** Días almacenados a refrigeración vs mohos y levaduras.

Muestras almacenadas a refrigeración 2-5 °C							
Días almacenados UPM/ml							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0

Al igual que el análisis anterior los cuatro mejores tratamientos almacenados al ambiente, estas presentan las mismas características sin la presencia de microorganismos, debido a que una solución azucarada puede trabajar como una presión osmótica ante los m/o evitando una futura contaminación.

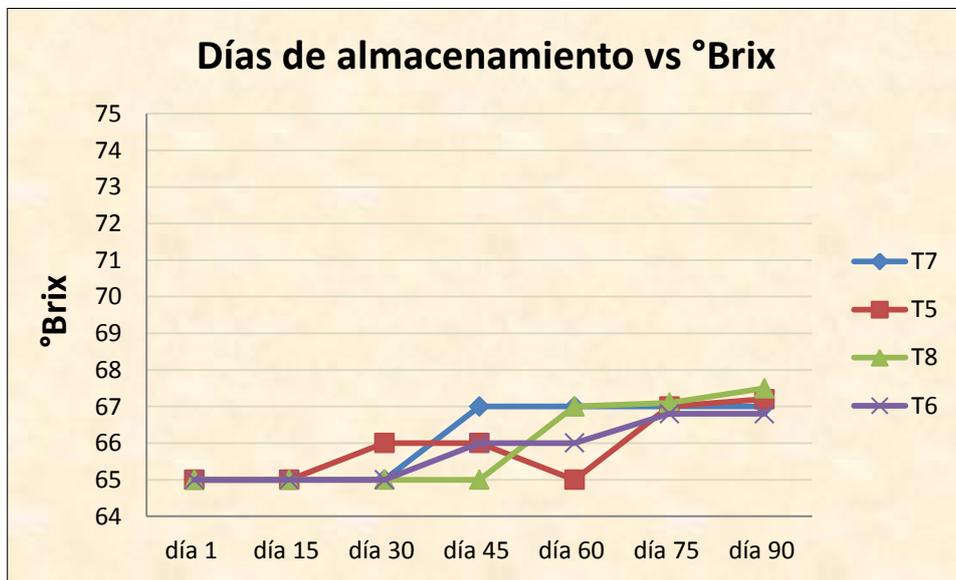
### **4.4.3. EVALUACIÓN DE VIDA ÚTIL A LOS CUATRO MEJORES TRATAMIENTOS ALMACENADOS EN CONDICIONES ACELERADAS 38° C, 65% HUMEDAD DURANTE UN PERIODO DE 90 DÍAS.**

El principal objetivo de esta prueba es obtener datos rápidamente, los cuales modelados adecuadamente y analizados, proporcionan información deseada sobre la vida de un producto bajo condiciones normales de uso. Las pruebas aceleradas, consisten en una variedad de métodos para acordar la vida de un producto o para acelerar su degradación, el valor adquirido para las condiciones de aceleramiento se base ya que a esta temperatura se desarrollan las levaduras

## Análisis físicos

**Tabla 58.** Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs sólidos solubles °Brix.

Muestras almacenadas en condiciones aceleradas 38°C 65% humedad							
Días almacenados °Brix							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	65	65	65	67	67	67	67
T5	65	65	66	66	66	67	67,2
T8	65	65	65	65	67	67,1	67,5
T6	65	65	65	66	66	66,8	66,8

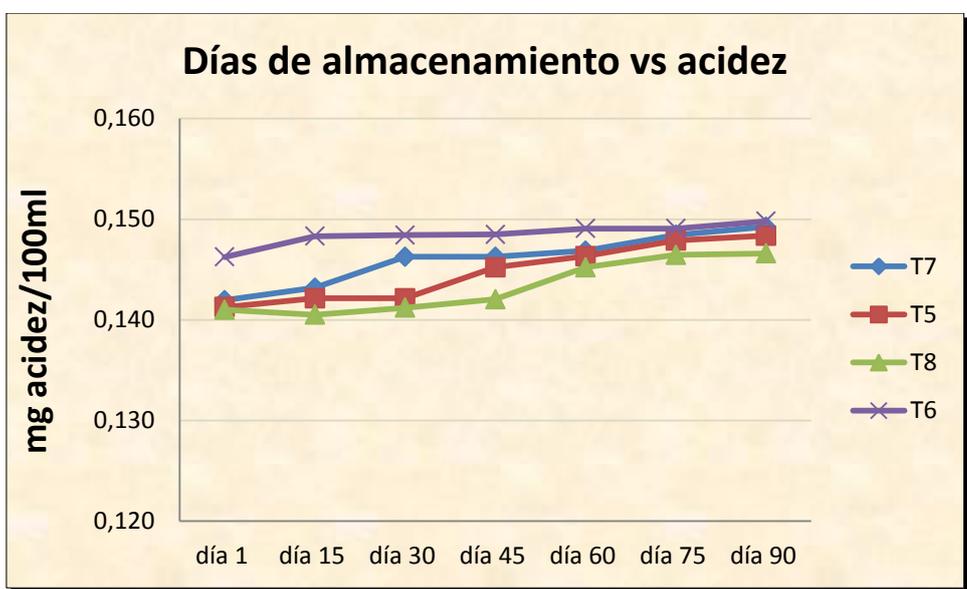


**Gráfico 30.** Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs sólidos solubles °Brix.

En este análisis evaluado durante 90 días existe variación mínima significativa de sólidos solubles dentro de la muestra, esto se debe a las altas temperaturas a las que se sometió el producto.

**Tabla 59.** Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs acidez.

Muestras almacenadas en condiciones aceleradas 38°C 65% humedad							
Días almacenados mg acidez/100ml							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0,142	0,143	0,146	0,146	0,147	0,148	0,149
T5	0,141	0,142	0,142	0,145	0,146	0,148	0,148
T8	0,141	0,141	0,141	0,142	0,145	0,146	0,147
T6	0,146	0,148	0,148	0,148	0,149	0,149	0,15

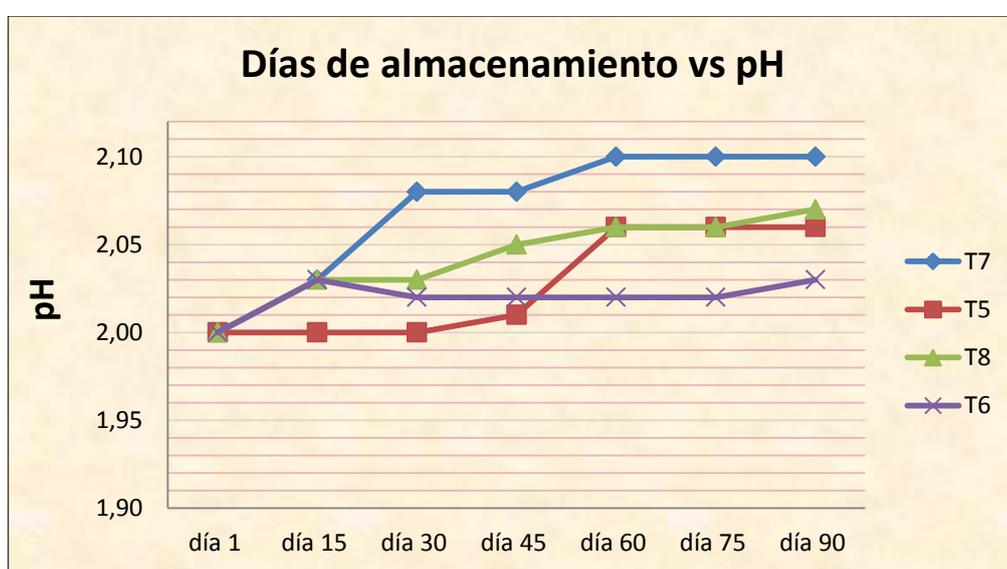


**Gráfico 31.** Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs acidez.

Bajo condiciones aceleradas la acidez muestra valores mínimos significativos durante los 90 días, no llega a un proceso de fermentación ya que el alto porcentaje de sacarosa impide el mencionado proceso.

**Tabla 60.** Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs pH.

Muestras almacenadas en condiciones aceleradas 38°C 65% humedad							
Días almacenados pH							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	2	2,03	2,08	2,08	2,1	2,1	2,1
T5	2	2	2	2,01	2,06	2,06	2,06
T8	2	2,03	2,03	2,05	2,06	2,06	2,07
T6	2	2,03	2,02	2,02	2,02	2,02	2,03



**Gráfico 32.** Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs pH.

El pH es un factor importante en la sacarosa invertida líquida el cual permite establecer la inversión, en el presente grafico se evidencia ascenso significativo del pH de la sacarosa invertida a partir del día 30, pero a partir del día 60 empieza hacer constante dentro del tratamiento 7.

## Análisis microbiológicos

**Tabla 61.** Días de almacenamiento en condiciones aceleradas vs mohos y levaduras.

Muestras almacenadas en condiciones aceleradas 38°C 65% de humedad							
Días almacenados UPM/ml							
Trat	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0

Dentro de estas condiciones de almacenamiento no existió contaminación por parte de recuento de mohos y levaduras.

### **-Determinación de vida útil de la sacarosa invertida líquida**

Se evaluó mediante la ecuación de Arrhenius editada por (Damodaran, Parkin, & Fennema, 2010), donde la ecuación cinética de la vida útil son específicas para el producto estudiado y las condiciones ambientales empleadas. De los factores no composicionales que afecta a las reacciones, tales como la temperatura, humedad relativa, presión parcial de los gases de envasado, luz y tensiones mecánicas, el único normalmente incorporado al modelo de vida útil es la temperatura. Esta afecta intensamente a las velocidades de reacción y es el único factor entre los mencionados que nos afecta por el tipo de material de empaque del alimento. (p. 5). Cuya ecuación aplicada para determinar la vida útil es:

$$K = K_A \exp(-E_A/RT)$$

Dónde:

$K$  = Constante de velocidad de reacción

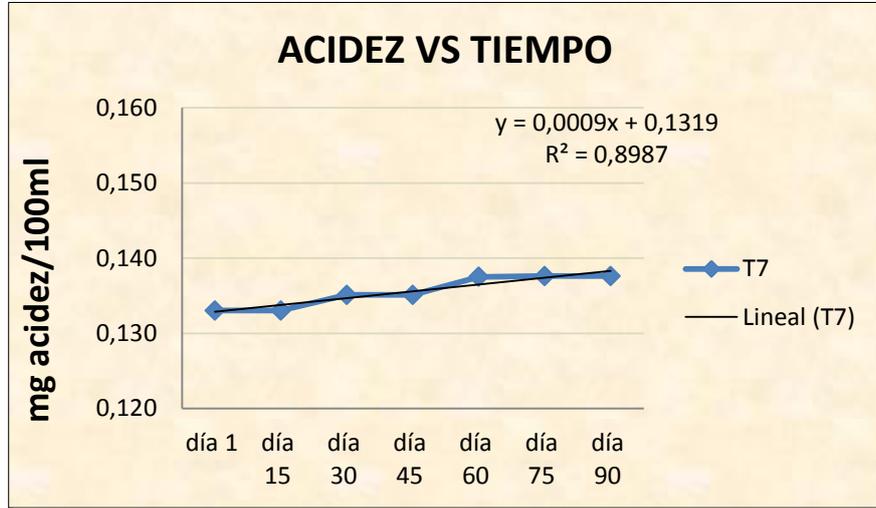
$K_A$  = Constante de la ecuación de Arrhenius

$E_A$  = Energía de activación

$R$  = Constante universal de los gases 1,9872 cal/mol

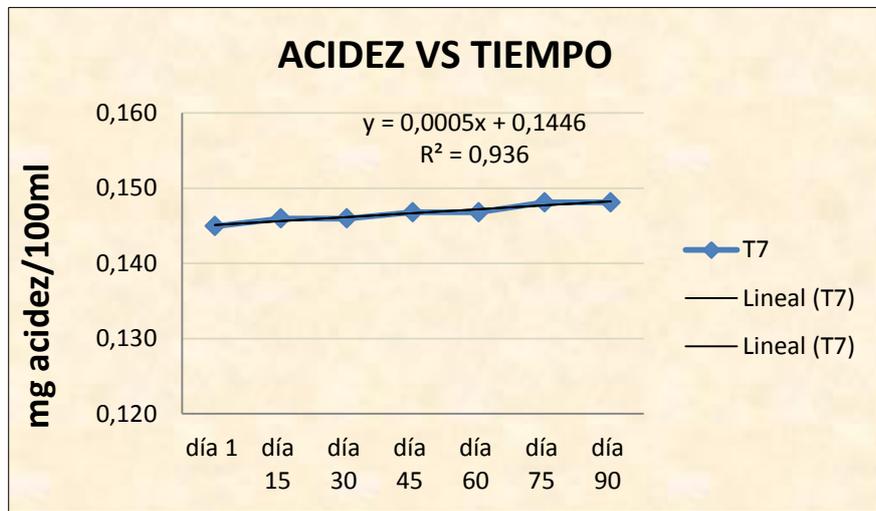
$T$  = Temperatura absoluta °K

Obteniendo así la ecuación de la recta del mejor tratamiento acidez vs tiempo de las tres condiciones almacenadas, se trabaja con acidez por que el análisis físico más relevante para determinar la vida útil dentro de la sacarosa invertida líquida



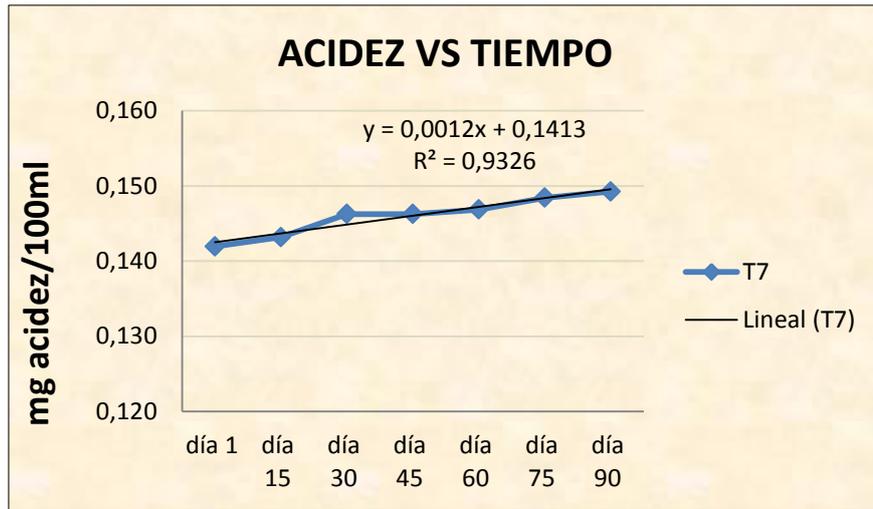
**Gráfico 33.** Ecuación lineal acidez vs tiempo condición ambiental 25°C

Se obtiene mediante la línea recta acidez vs tiempo la constante  $K = 0.0009$  y una temperatura de 298°K.



**Gráfico 34.** Ecuación lineal acidez vs tiempo condición en refrigeración 2°C

A través de la ecuación lineal se obtiene la constante  $K = 0,0005$  y una temperatura de 275°K



**Gráfico 35.** Ecuación lineal vs tiempo condiciones aceleradas 38°C 65% humedad.

En condiciones aceleradas se obtiene una constante  $K = 0,0012$  y una temperatura de 311°K

Damodaran, Parkin & Fennema(2010), en términos prácticos, esto significa que si los valores de  $k$  se obtuvieron a diferentes temperaturas y el  $\ln k$  se representa gráficamente frente a la inversa de la temperatura absoluta  $1/T$ , se obtiene una línea recta con una pendiente e  $-E_A/R$ . (p. 1210).

Entonces:

$k$  ambiente: 0,0009

$k$  refrigeración: 0,0005

$k$  condiciones aceleradas: 0,0012

$\ln k$  vs  $1/T = -2083,8$

$$k = E_A/R \longrightarrow E_A = k * R \longrightarrow E_A = -4140,92 \text{ cal/mol}$$

Con la  $E_A$  aplicamos la ecuación  $K = K_A \exp(-E_A/RT)$  para determinar la constante de la ecuación de Arrhenius a las diferentes temperaturas empleadas.

$$K_A = K_{\exp}(-RT/E_A)$$

$K_A$  ambiente: 0,367

$K_A$  refrigeración: 0,367

$K_A$  condiciones aceleradas: 0,367

Obtenemos una media de la constante de la ecuación de Arrhenius  $\times K_A = 0,367$ .

Aplicando la ecuación:

$$t = Ln ( Af/Ai) / k$$

Obteniendo como resultado 41 semana equivalente a 8, 22 meses de vida útil de la sacarosa invertida líquida.

#### 4.5. COMPARACIÓN SIGNIFICATIVA DE RENDIMIENTOS DE PODER EDULCORANTE FRENTE A LA SACAROSA CRISTALIZADA.

Los rendimientos se basaron mediante prueba con panelistas midiendo su grado de dulzura en una tasa común, obteniendo los siguientes resultados que se detallan en este ejemplo:

Azúcar de cristal 22,3 g utilizados para endulzar su bebida (café).

Azúcar invertida líquido 17,5 g utilizado para endulzar su bebida (café).

Entonces:

$$d=m/v; v=m/d;$$

Sabiendo que la densidad de la sacarosa invertida líquida es de 1.3188 g/ml

$$v= 17,5g / 1.31866g/ml = \boxed{13,27ml}$$

$$Pa = \frac{d * v * \%}{100 \%}$$

Pa= Peso en gramos de soluto

D= Densidad g/ml

%= Concentración o tanto por ciento

V= Volumen en litros o ml.

$$Pa = \frac{d * v * \%}{100 \%}$$

$$Pa= \frac{1.31866g/ml * 13,27ml * 65\%}{100\%}$$

$$Pa= \boxed{11, 37 g}$$

Determinando así la rentabilidad de la sacarosa invertida líquida en comparación al azúcar de cristal con un ahorro de 10, 930 g con un porcentaje de 49,01% en una bebida (café) endulzada con la sacarosa invertida líquida.

**Tabla 62.** Comparación de la cantidad de consumos de la sacarosa de cristal vs la sacarosa invertida líquida.

Panelistas	Sacarosa de cristal (g)	Sacarosa invertida líquida (g)	Volumen de Sacarosa invertida líquida (ml)	Pa=peso en gramos de soluto (g)	% Ahorro
P1	17,8	14,8	11,22	9,62	54,04
P2	26	22,5	17,06	14,63	56,25
P3	18,5	15,1	11,45	9,82	53,05
P4	21,6	17,3	13,12	11,25	52,06
P5	28,8	25,8	19,56	16,77	58,23
				Total	273,64
				Media	54,73

La sacarosa invertida líquida presenta mayor poder edulcorante a través de la relación peso en gramos de soluto de la sacarosa invertida líquida vs la sacarosa de cristal con un porcentaje de ahorro de 54,73%, valores obtenidos a través de la degustación de panelistas en una bebida (café).

Badui (2006) las determinaciones de dulzura provienen de un grupo de jueces o catadores y, por tanto, son netamente subjetivas, los resultados de todo análisis sensorial están sujetos a errores propios de los individuos, e incluso a su estado anímico o al color del producto, capaz de modificar la capacidad de captar la intensidad de los sabores dulces; esta es la razón por la que existen discrepancias en los valores indicados en la literatura. (p. 74).

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

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

- a) Se confirma la hipótesis planteada, los parámetros óptimos como pH, tiempo de inversión y condiciones de almacenamiento influyen en la estabilidad de la sacarosa invertida líquida, obteniendo como resultado al mejor tratamiento T7; (pH 2, 40 min de reflujo, refrigeración).
- b) A los 40 minutos la sacarosa se hidroliza con facilidad en soluciones ácidas a medida que incrementa la temperatura con la liberación de monosacáridos es decir, que ha este tiempo se ha desdoblado completamente la sacarosa en partes iguales de fructosa y glucosa, obteniendo un azúcar invertido con un alto poder edulcorante.
- c) La sacarosa invertida líquida a 65 °Brix se mantiene durante todo el periodo de evaluación, identificando que no existe degradación de azúcares ni pérdida de los sólidos solubles.
- d) Al inicio y parte final de experimento la turbiedad de los tratamientos mantienen las mismas Unidades Nefelométricas, obteniendo como resultado 0,14 NTU valor óptimo para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida, las condiciones de almacenamiento refrigeración, ambiente y bajo condiciones higiénicas del proceso permiten mantener la transparencia de la solución sin la presencia de partículas en suspensión, mientras menos turbia es, mejor es su calidad.
- e) La medida de pH tiene gran importancia en el producto alimenticio ya que es el factor que determina la rigurosidad del proceso térmico (tiempo y tendencia del procesamiento) que debe aplicar, a menor pH existe menos inversión y mayor pH mayor inversión.
- f) Se ha comprobado que tanto la conservación en refrigeración y al ambiente la sacarosa invertida líquida se puede mantener estable sin la pérdida de peso por deterioro o presencia de materia extraña, conservando los parámetros como pH y tiempo de inversión.

- g) Se evidencia que existe estabilidad de la sacarosa invertida líquida, mediante el análisis respectivo de cristalización con la Cámara de Neubauer se determinó que no existe desarrollo de cristales de sacarosa.
- h) Al realizar el análisis organoléptico, con un grupo de panelistas, se determinó los mejores tratamientos para esta investigación son:
  - T7; pH 2, 40 minutos de inversión y almacenado en refrigeración
  - T5; pH 2, 20 minutos de inversión y almacenado en refrigeración
  - T8; pH 2, 40 minutos de inversión y almacenado al ambiente
  - T6; pH 2, 20 minutos de inversión y almacenado al ambiente.
- i) El rendimiento de poder edulcorante es mayor en la sacarosa invertida líquida al consumir menor cantidad de azúcar común utilizadas en la disolución.
- j) La vida útil de la sacarosa invertida líquida estable es de 8,22 meses.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- a) La sacarosa invertida líquida presenta un alto poder edulcorante en relación a la sacarosa cristalizada, este producto debe ser incorporado dentro de la línea de producción agroindustrial, una de las ventajas más importantes de la sacarosa invertida líquida es facilitar la disolución obteniendo una adecuada homogeneidad en el producto terminado y además ayuda a reducir tiempos de procesos.
- b) Para la elaboración de la sacarosa invertida líquida la materia prima no debe presentar materia insoluble (ceniza, bagacillo), y el agua debe tener una temperatura de 80 ° C para una buena disolución y una asepsia en el producto terminado.
- c) La esterilización del producto terminado dentro de un autoclave es de 15 PSI durante 10 minutos, evitar llevar a tiempos largos fuera de lo establecido esto puede provocar cambios físico (pardeamiento) y organolépticos (olores extraños) de la sacarosa invertida líquida.
- d) Durante el tiempo de inversión determinado en el factor B en la hidrolización no pasarse del tiempo señalado ya que puede ocasionar alteraciones en los resultados obteniendo datos no acordes para los análisis de azúcares reductores.
- e) El tipo de envase para la sacarosa invertida líquida debe ser en frascos ámbar.
- f) Se recomienda realizar el estudio de pre factibilidad y factibilidad de la sacarosa invertida líquida para que sea incorporada como una empresa agroindustrial.

## Bibliografía

- Including the Official Methods. South African Sugar Technologists Association. (1985). *Laboratory Manual For South African Sugar Factories, 3*.
- Arca P, M., Esparza, R., Arca E, M., Escobar, R., Fundora, G. F., & Arca A, C. (1988). *EL Consultor. Una Guía Práctica Para Solucionar Problemas En Fabrica de Azúcar de Caña*. Miami: Acra Corporation.
- Aroca, E. (2010). “*Estudio del sorbato de potasio en la vida útil de mermelada de zanahoria (Daucus carota) con adición de coco (Cocos nucifera)*”. Ambato.
- Astiasaran, I., & Martinez, J. (2000). *Alimentos composición y propiedades*. McGraw- Hill Interamericana.
- Avila, N., Rivas, B., Hernández, M., & Chirinos, M. (2012). Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en Agave cocui Trelease. *Multiciencias, 12*.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (Cuarta edición ed.). México.
- Benítez, J., & Guagalango, R. (2011). *EVALUACIÓN DE DOS BIOCIDAS E IMPLICACIONES ECONÓMICAS DEL PROCEDIMIENTO DE SANITIZACIÓN DE JUGOS DE CAÑA EN EL ÁREA DE MOLINOS DEL IANSEM*. Ibarra, Ecuador.
- BIO, D. S. (2010, marzo-mayo). *DSM- Blo*. Retrieved marzo 2010, from dsmbio.wordpress.com: <http://dsmbio.wordpress.com/>
- Buenaventura, C. (1989). *Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera*. Cali, Colombia: Tecnicaña.
- Buschmann, A., & Hajek, E. (1988). Evaluación del método de inversión de la sacarosa como medida de la temperatura efectiva en la zona intermareal de Chile Central. *Medio Ambiente, 38*.

- Carreño, R., Garcés, M., Mosqueda, M., & Rey, J. (1970). *Práctica del Laboratorio de Tecnología de Alimentos*. Venezuela, Venezuela: Universidad de Venezuela.
- Carrilo, L. (2003). *Microbiología Agrícola*.
- Casas, E. (1999). *Microorganismos responsables de alteraciones en alimentos altamente azucarados*. Madrid.
- Castillo, Y., & Andino, F. (2010). Un enfoque práctico para inocuidad alimentaria. *Estelí*.
- Chang, R., & College, W. (2002). *Química*. México: McGraw-Hill Companies.
- Charley, H. (1997). *Tecnología de alimentos*. Mexico: LIMUSA.
- Chavarro, E. (2008). Estabilidad de soluciones volumétricas. *Revista de química útil. Mol Labs Ltda, 11*.
- Chen, J. (1991). *Manual de Azúcar de Caña*. España: Noriega.
- CINCAE. (2008). Centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador. *La Industria Azucarera en el Ecuador*.
- Cuellar, A. (2011). Cinética de la reacción de la sacarosa. *Dirección Nacional de Innovación Académica*.
- Damodaran, S., Parkin, k., & Fennema, O. (2010). *QUIMICA DE LOS ALIMENTOS*. ACRIBIA, S.A.
- FAO. (2006). Seguridad Alimentaria. *Seguridad Alimentaria. Cumbre Mundial sobre la Alimentación*.
- Fleet, G. (1992). *Spoilage years*. Rev. Biotech.
- Flores, J., Caballero, C., & Moreira, M. (2008). Una interpretación aproximativa del concepto de Hidrólisis en estructuras peptídicas en un curso de Bioquímica del IPC en el contexto de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud. *Revista de Investigación*.

- García, M. (1997). *Análisis comparativo de cinco métodos de tratamiento de azúcar para su uso en la industria de refrescos*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Geankoplis, C. (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. México D.F: Continental S.A.
- Gonzales, J. (2006). DENSIDAD RELATIVA=SPECIFIC GRAVITY, para instrumentistas y lingüistas. *Tiempo Real S.A*, 5.
- Herrero, V., & Silva, E. (1991). *Manual Práctico de Fabricación de Azúcar de Caña*. Habana- Cuba: Pueblo y Educación.
- Huerta, S. (2011). *Planta Piloto de Fermentaciones- Departamento de Biotecnología*. Iztapalata- Mexico.
- IANCEM. (2014). *Certificado de analisis*.
- INEN. (2006). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.
- Juárez, M., & Valencia, G. (n.d.). *Manual para laboratorio de fisicoquímica de alimentos*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA.
- Kirk, R. S., Sawyer, R., & Egan, H. (2004). *COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS DE PEARSON*. MÉXICO: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL.
- Linden, G., & Lorient, D. (1994). *Bioquímica Agroindustrial. Revalorización alimentaria de la producción agrícola*. Zaragoza- España: Acribia S.A.
- Mejia, W., & Serrano, J. (2011). *Obtención de 5-Hidroximetifurfural a partir de la fructosa*. Cuenca.
- Meza, M., & Freire, V. (2011). *“OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA ISOTÓNICA NUTRITIVA*. Ambato.
- Montville, T., & Matthews, K. (2009). *Microbiología de los Alimentos*. Zaragoza, España: Acribia S.A.

- Moreno, J. (2014, 02 3). Hidrolisis de la sacarosa. (R. Monteros, Interviewer)
- Morill, M., & Puma, M. (2009). *Determinacion de parametros optimos para la elaboraci3n de gomas utilizando pulpa de sabila (Aloe Vera)*. Ibarra.
- Norman, A. (1984). *Química Orgánica* (Vol. 1). Reverté.
- Orozco, N. (2009). Inventan alimentos y bebidas. *Tendencias innovadoras en la industria de la confitería*.
- Quezada, W. (2011). *Manual de Industria Azucarera*. Ibarra. Ecuador.
- Rojas, O. (2011). *Microbiología*. Curso Propedeudico, Fes Zaragoza.
- Sarmiento, J., & Díaz, G. (2005). *Análisis Económico del Sector Azucarero Ecuatoriano: Relaci3n de la Producci3n con el Capital y el Trabajo*. Guayaquil: ESPOL.
- Serrano, L. (2006). *Determinaci3n de las Poblaciones Microbiol3gicas en el Proceso de Extracci3n de Jugo de Caña de Azucar en el ingenio Manuelita S.A.* Trabajo de grado Microbiólogo Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Spencer, M. (1967). *Manual del Azúcar de Caña. Para Fabricantes de Azúcar de Caña y Químicos Especializados*. Barcelona- España: Montaner y Sim3n S.A.
- Tenelanda, F., & Muyulema, J. (2013). *“OPTIMIZACI3N DE LA UNIDAD DE FLOCULACI3N Y CALIDAD, MICROBIOL3GICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DEL SISTEMA DE CUENCA*. Cuenca.
- Vega, J. (2014). *COMPOSICI3N BIOQUÍMICA DE PRODUCTOS AGROINDUTRIALES*. Nuevo Chimbote- Perú: EAP AGROINDUTRIAL.
- Zamora, A. (2011). *Scientific Psychic. Carbohidratos o Glúcidos- Estructura Quimica*. Retrieved 2008, from [www.scientificpsychic.com](http://www.scientificpsychic.com)
- Zumbado, H. (2004). *Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clásicos*. La Habana.

## ANEXOS

### ANEXO 1

Caracterización de la materia prima (azúcar cristalizada), los análisis se realizaron en el Ingenio Azucarero del Norte IANCEM.



 <b>CERTIFICADO DE ANÁLISIS</b>				
AZÚCAR PARA LA VENTA				
LOTE :	241/242/243/245/247/248-50P		FECHA:	07/09/2014
Material	Polipropileno		N° Sacos	Tamaño del lote
R. Sanitario	012916INHQAN0311			1000
ANÁLISIS	UNIDAD	MÉTODO	RANGO	MUESTRA
POL	° Z	ICUMSA GS2/3-1(1994)	99,4 mín	99,6
HUMEDAD	%	ICUMSA GS2/1/3-15 (1994)	0,075 máx	0,036
COLOR	UI	ICUMSA GS2/3-10 (2004)	350 máx	169
INSOLUBLES	mg/Kg	ICUMSA GS2/3-19 (2002)	150 máx	95
CENIZAS	µS/cm	ICUMSA GS2/3-17 (2002)	0,100 máx	0,086
DIOXIDO DE AZUFRE	mg/Kg	CENICANA	50 máx	0,47
COBRE	mg/Kg	ABSORCIÓN ATÓMICA	2,0 máx	< 0,1
PLOMO	mg/Kg	ABSORCIÓN ATÓMICA	0,5 máx	< 0,2
ARSÉNICO	mg/Kg	ABSORCIÓN ATÓMICA	1,0 máx	< 0,1
MICROBIOLÓGICO				
Mesófilos Aerobios	UFC/g	AOAC989-10	2 x 10 <sup>2</sup>	140
Coliformes Totales	NMP/g	AOAC991.14	< 3	< 3
Levaduras	UFC/g	AOAC997.01	0 x 10 <sup>2</sup>	25
Mohos	UFC/g	AOAC997.02	1 x 10 <sup>2</sup>	50
OBSERVACIONES: Metales pesados es análisis externo se actualiza cada 4 meses				
				

www.tabauela.com  
Panamericana Norte Km. 25 Vía Tulcán  
Conmutador: (06) 2648309/310  
Teléfax: (06) 2648314  
info@tabauela.com  
Ibarra - Ecuador



## ANEXO 2

Resultado de análisis de Azúcares Reductores Libres y turbiedad al inicio del experimento, realizados en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica Del Norte.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 0172 - 2014  
Análisis solicitado por:  
Número de muestras :  
Fecha de recepción de las muestras:

Sra. Renata Monteros  
Noventa y seis  
10 de febrero de 2014

Ibarra, 24 de julio de 2014

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado											Metodo de ensayo	
		T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2		T4R3
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	14,51	14,51	13,87	20,80	15,60	17,83	41,60	44,57	48,00	56,73	69,33	69,33	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,15	0,17	0,13	0,20	0,23	0,20	0,24	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado											Metodo de ensayo	
		T5R1	T5R2	T5R3	T6R1	T6R2	T6R3	T7R1	T7R2	T7R3	T8R1	T8R2		T8R3
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	96,00	94,55	94,55	93,13	93,13	89,14	96,00	93,13	96,00	91,76	94,55	94,55	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,14	0,15	0,13	0,12	0,15	0,14	0,18	0,17	0,20	0,20	0,19	0,17	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado											Metodo de ensayo	
		T9R1	T9R2	T9R3	T10R1	T10R2	T10R3	T11R1	T11R2	T11R3	T12R1	T12R2		T12R3
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	0,89	1,36	0,75	0,75	0,64	0,67	11,35	15,60	16,00	20,80	23,11	17,33	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,18	0,17	0,20	0,16	0,19	0,17	0,20	0,18	0,20	0,17	0,15	0,19	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado											Metodo de ensayo	
		T13R1	T13R2	T13R3	T14R1	T14R2	T14R3	T15R1	T15R2	T15R3	T16R1	T16R2		T16R3
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	21,52	23,11	21,52	21,52	20,80	24,96	52,00	47,27	52,00	39,00	41,60	39,00	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,20	0,20	0,20	0,16	0,19	0,21	0,19	0,20	0,16	0,15	0,19	0,17	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado											Metodo de ensayo	
		T17R1	T17R2	T17R3	T18R1	T18R2	T18R3	T19R1	T19R2	T19R3	T20R1	T20R2		T20R3
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	0,64	0,57	0,62	0,54	0,56	0,55	2,40	2,51	2,15	2,05	2,23	2,66	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,17	0,22	0,20	0,20	0,19	0,20	0,19	0,21	0,20	0,15	0,13	0,14	Fotometría

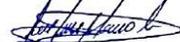
Parámetro Analizado	Unidad	Resultado											Metodo de ensayo	
		T21R1	T21R2	T21R3	T22R1	T22R2	T22R3	T23R1	T23R2	T23R3	T24R1	T24R2		T24R3
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	4,03	4,39	3,80	3,47	6,86	5,94	6,50	5,24	5,20	4,66	5,29	4,88	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,27	0,24	0,25	0,17	0,21	0,19	0,20	0,22	0,21	0,23	0,25	0,25	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado											Metodo de ensayo	
		T25R1	T25R2	T25R3	T26R1	T26R2	T26R3	T27R1	T27R2	T27R3	T28R1	T28R2		T28R3
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	0,42	0,38	0,38	0,43	0,39	0,42	0,40	0,39	0,38	0,39	0,38	0,37	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,25	0,25	0,27	0,19	0,15	0,15	0,23	0,20	0,18	0,22	0,23	0,21	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado											Metodo de ensayo	
		T29R1	T29R2	T29R3	T30R1	T30R2	T30R3	T31R1	T31R2	T31R3	T32R1	T32R2		T32R3
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	0,74	0,74	0,78	1,06	0,95	0,63	1,63	1,36	1,41	1,06	1,49	1,26	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,22	0,24	0,22	0,19	0,20	0,16	0,21	0,22	0,18	0,14	0,15	0,17	Fotometría

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

  
Blaq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



**Visión Institucional**  
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barro El Olivo  
Teléfono: (06)2997800  
Fax Ext: 7711  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

## ANEXO 3

Resultado de análisis de Azúcares Reductores Libres, Turbiedad al final del experimento, realizados en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica Del Norte.



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 0173 - 2014  
Análisis solicitado por:  
Número de muestras :  
Fecha de recepción de las muestras:

Sita, Renata Monteros  
Noventa y seis  
10 de abril de 2014

Ibarra, 24 de julio de 2014

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado												Metodo de ensayo
		T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	16,00	13,60	15,60	22,29	20,80	19,50	52,00	52,00	48,00	52,00	48,00	52,00	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,15	0,17	0,14	0,20	0,22	0,20	0,23	0,22	0,21	0,21	0,20	0,19	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado												Metodo de ensayo
		T5R1	T5R2	T5R3	T6R1	T6R2	T6R3	T7R1	T7R2	T7R3	T8R1	T8R2	T8R3	
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	89,14	89,14	89,14	89,14	89,14	89,14	96,00	93,13	96,00	94,55	94,55	94,55	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,14	0,14	0,15	0,13	0,15	0,14	0,18	0,18	0,19	0,20	0,19	0,17	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado												Metodo de ensayo
		T9R1	T9R2	T9R3	T10R1	T10R2	T10R3	T11R1	T11R2	T11R3	T12R1	T12R2	T12R3	
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	0,87	1,33	0,78	0,77	0,65	0,69	10,95	14,86	16,42	20,13	26,00	20,13	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,18	0,17	0,20	0,16	0,19	0,17	0,20	0,18	0,20	0,17	0,15	0,19	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado												Metodo de ensayo
		T13R1	T13R2	T13R3	T14R1	T14R2	T14R3	T15R1	T15R2	T15R3	T16R1	T16R2	T16R3	
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	26,00	24,96	24,96	21,52	20,80	23,11	34,67	32,84	32,84	39,00	41,60	39,00	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,20	0,20	0,20	0,16	0,19	0,21	0,19	0,20	0,16	0,15	0,19	0,17	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado												Metodo de ensayo
		T17R1	T17R2	T17R3	T18R1	T18R2	T18R3	T19R1	T19R2	T19R3	T20R1	T20R2	T20R3	
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	0,65	0,58	0,62	0,53	0,55	0,54	2,50	2,51	2,55	2,47	2,23	2,66	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,17	0,22	0,20	0,20	0,19	0,20	0,19	0,21	0,20	0,15	0,13	0,14	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado												Metodo de ensayo
		T21R1	T21R2	T21R3	T22R1	T22R2	T22R3	T23R1	T23R2	T23R3	T24R1	T24R2	T24R3	
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	4,33	4,03	4,05	5,67	5,89	5,94	6,78	6,86	6,50	5,20	5,62	5,24	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,27	0,24	0,25	0,17	0,21	0,19	0,20	0,22	0,21	0,23	0,25	0,25	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado												Metodo de ensayo
		T25R1	T25R2	T25R3	T26R1	T26R2	T26R3	T27R1	T27R2	T27R3	T28R1	T28R2	T28R3	
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	0,42	0,38	0,38	0,43	0,39	0,42	0,39	0,39	0,38	0,40	0,38	0,37	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,25	0,25	0,27	0,19	0,15	0,15	0,23	0,20	0,18	0,22	0,23	0,21	Fotometría

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado												Metodo de ensayo
		T29R1	T29R2	T29R3	T30R1	T30R2	T30R3	T31R1	T31R2	T31R3	T32R1	T32R2	T32R3	
Azúcares Reductores Libres	g/ 100 g	0,76	0,74	0,77	1,06	1,22	0,64	1,65	1,58	1,56	1,44	1,38	1,26	AOAC 906.03
Turbidez	NTU	0,22	0,24	0,22	0,19	0,20	0,16	0,21	0,22	0,18	0,14	0,15	0,17	Fotometría

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

*[Firma]*  
Blas José Moreno  
Técnico de Laboratorio



**Visión Institucional**  
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barro El Olivo  
Teléfono (06)2997800  
Fax Ext 7711  
Email utn@utm.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

## ANEXO 4

Resultados de análisis microbiológicos de mohos y levaduras a los cuatro mejores tratamientos, realizados en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica Del Norte.

12



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe N°: 0174 - 2014 Ibarra, 02 de Junio de 2014  
Análisis solicitado por: Srta. Renata monteros  
Número de muestras : Cuatro, sacarosa invertida líquida  
Fecha de recepción de las muestras: 26 de mayo de 2014

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado				Metodo de ensayo
		T5	T6	T7	T8	
Recuento de Mohos	UPM/ ml	0	0	0	0	AOAC 997.02
Recuento de Levaduras	UFL/ ml	0	0	0	0	

*Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas*

Atentamente:  
  
B10q. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barro El Olivo  
Teléfono (06)2997800  
Fax Ext 7711  
Email: [utr@utn.edu.ec](mailto:utr@utn.edu.ec)  
[www.utn.edu.ec](http://www.utn.edu.ec)  
Ibarra - Ecuador

**Visión Institucional**  
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales

## ANEXO 5

Resultados de análisis de acidez, como acético para determinar la vida útil de la sacarosa invertida líquida a los cuatro mejores tratamientos, realizados en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica Del Norte.



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

15

*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe N°: 0186- 2014

Ibarra, 08 de octubre de 2014

Análisis solicitado por: Srta. Renata Monteros

Número de muestras : Ciento cuarenta y siete

Fecha de recepción de las muestras: 08 de julio de 2014

Parámetro Analizado: acidez, como acético (mg/100 g)

**Muestras almacenadas al ambiente**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1	día 15	día 30	día 45	día 60	día 75	día 90
	(08-07-14)	(22-07-14)	(04-08-14)	(26-08-14)	(09-09-14)	(23-09-14)	(07-10-14)
T7	0,133	0,133	0,135	0,135	0,138	0,138	0,138
T5	0,143	0,143	0,143	0,146	0,146	0,149	0,149
T8	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,136	0,139
T6	0,143	0,143	0,145	0,148	0,149	0,149	0,15

**Muestras almacenadas a refrigeración 2-5 °C**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1	día 15	día 30	día 45	día 60	día 75	día 90
	(08-07-14)	(22-07-14)	(04-08-14)	(26-08-14)	(09-09-14)	(23-09-14)	(07-10-14)
T7	0,145	0,146	0,146	0,147	0,147	0,148	0,148
T5	0,146	0,146	0,147	0,149	0,149	0,15	0,15
T8	0,136	0,137	0,137	0,138	0,138	0,14	0,141
T6	0,15	0,15	0,15	0,15	0,153	0,154	0,155

**Muestras almacenadas en condiciones aceleradas 38°C y 65% humedad**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1	día 15	día 30	día 45	día 60	día 75	día 90
	(08-07-14)	(22-07-14)	(04-08-14)	(26-08-14)	(09-09-14)	(23-09-14)	(07-10-14)
T7	0,142	0,143	0,146	0,146	0,147	0,148	0,149
T5	0,141	0,142	0,142	0,145	0,146	0,148	0,148
T8	0,141	0,141	0,141	0,142	0,145	0,146	0,147
T6	0,146	0,148	0,148	0,148	0,149	0,149	0,15

Atentamente:

*[Firma manuscrita]*

Bloq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



**Visión Institucional**

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barrio El Olivo  
Teléfono (08)2997800  
Fax Ext. 7711  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

## ANEXO 6

Resultados de análisis de ° BRIX para determinar la vida útil de la sacarosa invertida líquida a los cuatro mejores tratamientos, realizados en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica Del Norte.



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe Nº: 0186- 2014

Ibarra, 08 de octubre de 2014

Análisis solicitado por: Srta. Renata Monteros

Número de muestras : Ciento cuarenta y siete

Fecha de recepción de las muestras: 08 de Julio de 2014

Parámetro Analizado: ° Brix

**Muestras almacenadas al ambiente**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	65,0	65,1	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
T5	64,8	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9	64,9
T8	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
T6	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0

**Muestras almacenadas a refrigeración 2-5 °C**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	65	65	65	65	65	65	65
T5	64	64,8	65	65	65	65	65
T8	65	65	65	65	65,2	65,2	65,2
T6	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8

**Muestras almacenadas en condiciones aceleradas 38°C y 65% humedad**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	65	65	65	67	67	67	67
T5	65	65	65	66	66	67	67,2
T8	65	65	65	65	67	67,1	67,5
T6	65	65	65	66	66	66,8	66,8

Atentamente:

Bloq. José Ebis Moreno  
Técnico de Laboratorio



**Visión Institucional**

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barro El Olivo.  
Teléfono (06)2997800  
Fax Ext. 7711.  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

## ANEXO 7

Resultados de pH para determinar la vida útil de la sacarosa invertida líquida a los cuatro mejores tratamientos, realizados en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica Del Norte.



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe N°: 0186- 2014

Ibarra, 08 de octubre de 2014

Análisis solicitado por: Srta. Renata Monteros

Número de muestras : Ciento cuarenta y siete

Fecha de recepción de las muestras: 08 de julio de 2014

Parámetro Analizado: pH

**Muestras almacenadas al ambiente**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1	día 15	día 30	día 45	día 60	día 75	día 90
	(08-07-14)	(22-07-14)	(04-08-14)	(26-08-14)	(09-09-14)	(23-09-14)	(07-10-14)
T7	2,02	2,02	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
T5	2,00	2,01	2,00	2,00	2,00	1,99	1,99
T8	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
T6	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99

**Muestras almacenadas a refrigeración 2-5 °C**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1	día 15	día 30	día 45	día 60	día 75	día 90
	(08-07-14)	(22-07-14)	(04-08-14)	(26-08-14)	(09-09-14)	(23-09-14)	(07-10-14)
T7	2,00	2,00	2,00	2,00	2,01	2,01	2,01
T5	2,00	2,00	2,00	2,01	2,01	2,01	2,01
T8	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
T6	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,99	1,99

**Muestras almacenadas en condiciones aceleradas 38°C y 65% humedad**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1	día 15	día 30	día 45	día 60	día 75	día 90
	(08-07-14)	(22-07-14)	(04-08-14)	(26-08-14)	(09-09-14)	(23-09-14)	(07-10-14)
T7	2,00	2,03	2,08	2,08	2,10	2,10	2,10
T5	2,00	2,00	2,00	2,01	2,06	2,06	2,06
T8	2,00	2,03	2,03	2,05	2,06	2,06	2,07
T6	2,00	2,03	2,02	2,02	2,02	2,02	2,03

Atentamente:

Bloq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



**Visión Institucional**

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barrio El Olivo  
Teléfono: (06)2697800  
Fax: Ext. 7711  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

## ANEXO 8

Resultados de mohos y levaduras para determinar la vida útil de la sacarosa invertida líquida a los cuatro mejores tratamientos, realizados en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica Del Norte.



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.  
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe N°: 0186- 2014 Ibarra, 08 de octubre de 2014  
 Análisis solicitado por: Srta. Renata Monteros  
 Número de muestras : Ciento cuarenta y siete  
 Fecha de recepción de las muestras: 08 de julio de 2014  
 Parámetro Analizado: mohos y levaduras (UFC/g)

**Muestras almacenadas al ambiente**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0

**Muestras almacenadas a refrigeración 2-5 °C**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0

**Muestras almacenadas en condiciones aceleradas 38°C y 65% humedad**

Tratamiento	Días almacenados						
	día 1 (08-07-14)	día 15 (22-07-14)	día 30 (04-08-14)	día 45 (26-08-14)	día 60 (09-09-14)	día 75 (23-09-14)	día 90 (07-10-14)
T7	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0

Atentamente:

Bloq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



**Visión Institucional**

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barro El Olivo  
Teléfono (06)2997800  
Fax Ext. 7711  
Email utn@utm.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador

## ANEXO 9

Caracterización de POL a los cuatro mejores tratamientos los análisis se realizaron en el Ingenio Azucarero del Norte IANCEM.

◆ Ingenio  
◆ Azucarero  
◆ del Norte

Análisis solicitado por: **Renata Monteros**

Número de muestra: **cuatro, sacarosa invertida líquida**

Parámetro analizado: **POL**

Análisis	Unidad	Método	Resultados			
			T7	T5	T8	T6
POL	° Z	ICUMSA GS2/3-1 (1994)	0	0	0	0



Ing. Rubén Guzmán

JEFE DE LABORATORIO

www.tababucla.com  
Panamericana Norte Km. 25 Vía Tulcán  
Consultador: (06) 2648309/310  
Telefax: (06) 2648314  
info@tababucla.com  
Ibarra - Ecuador



## ANEXO 10

Norma Sanitaria aplicable a los azúcares y jarabes destinados al consumo humano  
(Republicada mediante RMN °684-2005/ MINSA el 14 de septiembre de 2005 Perú).



MINISTERIO DE SALUD  
Dirección General de Salud Ambiental  
"DIGESA"  
Las Amapolas N° 350 Lince Telf: 442.8353 - 442.8356  
Fax: 422.6404 e-mail: digesa@digesa.minsa.gob.pe

### NORMA SANITARIA APLICABLE A LOS AZÚCARES Y JARABES DESTINADOS AL CONSUMO HUMANO

(PREPUBLICADA MEDIANTE RMN° 684-2005/MINSA EL 14 DE SETIEMBRE DE 2005)

#### CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES

##### Artículo 1°.- Base legal y técnica

La presente norma sanitaria aplicable a los Azúcares y Jarabes destinados al consumo humano tiene como base legal el Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas aprobado por Decreto Supremo N° 007-98-SA, que dispone en su Cuarta Disposición Complementaria, Transitoria y Final, la expedición de normas sanitarias aplicables a la fabricación de productos alimenticios y tiene como referencia técnica la norma internacional del *Codex Alimentarius* CODEX STAN 212-1999(Enmienda 1-2001) para Azúcares.

##### Artículo 2°.- Objeto

Establecer las condiciones y requisitos sanitarios a los que deben sujetarse la fabricación, almacenamiento, fraccionamiento y comercialización de los azúcares y jarabes, para garantizar su calidad sanitaria e inocuidad en protección de la salud de los consumidores.

##### Artículo 3°.- Alcance

Todas las personas naturales o jurídicas que participan o intervienen en cualquiera de los procesos u operaciones que involucra el desarrollo de las actividades y servicios relacionados con la fabricación, almacenamiento, fraccionamiento y comercialización de azúcares y jarabes, están comprendidas dentro de los alcances de la presente Norma Sanitaria.

##### Artículo 4°.- Ámbito de aplicación

La presente norma sanitaria se aplica a los azúcares y jarabes sin ser sometidos a procesos adicionales, e incluye aquellos productos vendidos directamente al consumidor final y aquellos utilizados como ingredientes en productos alimenticios, que se comercializan y consumen en todo el territorio nacional.

#### CAPITULO II DE LOS ORGANISMOS DE VIGILANCIA SANITARIA

##### Artículo 5°.- Ministerio de Salud

El Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) es responsable de la vigilancia sanitaria de los establecimientos de fabricación de los azúcares y jarabes, de la calidad sanitaria e inocuidad y de la vigilancia sanitaria de los azúcares



MINISTERIO DE SALUD  
Dirección General de Salud Ambiental

“DIGESA”

Las Amapolas N° 350 Lince Telf : 442-8353 - 442-8356  
Fax: 422-6404 e-mail: digesa@digesa.minsa.gob.pe

importados. Cuando corresponda, dicha vigilancia se hará a través de las dependencias desconcentradas del Ministerio de Salud.

Asimismo, según lo establece el “Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas”, DS 007-98-SA, la DIGESA es responsable de inscribir, reinscribir, modificar, suspender y cancelar los Registros Sanitarios de los azúcares y jarabes de fabricación nacional e importados, de otorgar la Habilitación Sanitaria de fábrica, expedir la Certificación Sanitaria Oficial y de realizar la vigilancia sanitaria posterior al registro y a la habilitación sanitaria.

#### Artículo 6°.- Municipalidades

Las Municipalidades son responsables de la aplicación de la presente norma en lo correspondiente a la vigilancia y control sanitario de la comercialización y expendio de los azúcares y jarabes que llegan al consumidor final, conforme lo establece el Artículo 6° del Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, aprobado por Decreto Supremo 007-98 SA.

### CAPITULO III DEL PRODUCTO

#### Artículo 7°.- Nombres y Características de composición

Para fines de la presente norma aplican los siguientes nombres, descripciones y características de composición y calidad, así como otras complementarias expresadas en el Anexo I.

#### AZUCARES

Nombre	Descripciones
Azúcar refinada	Sacarosa purificada y cristalizada con una polarización no menor de 99,8°Z Humedad máxima de 0,04% y cenizas totales máximo 0,04%.Color máximo 45 unidades ICUMSA
Azúcar blanca	Sacarosa purificada y cristalizada (sucrosa) con una polarización no menor de 99,7°Z. Color máximo 60 unidades ICUMSA
Azúcar blanca de plantación	Sucrosa (sacarosa) purificada y cristalizada con una polarización no menor de 99,5°Z. Color máximo 150 unidades ICUMSA
Azúcar blanco directo	Producto sólido cristalizado, obtenido directamente del jugo de caña o del jarabe, mediante procedimientos industriales apropiados de remoción de color e impurezas, desprovisto de melaza madre. Con polarización mínima de 99,5°Z y color máximo de 250 unidades ICUMSA
Azúcar rubia (de uso doméstico)	Producto sólido cristalizado, obtenido del jugo de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales de sacarosa cubiertos por una película de melaza madre. Con polarización mínima de 98,5°Z y con un mínimo de color de 400 Unidades ICUMSA



**MINISTERIO DE SALUD**  
 Dirección General de Salud Ambiental  
**“DIGESA”**  
 Las Amapolas N° 350 Lince Telf : 442-8353 - 442-8356  
 Fax: 422-6404 e-mail: digesa@digesa.minsa.gob.pe

Azúcar en polvo (azúcar glacé)	Azúcar blando finamente pulverizado, con o sin la adición de un agente antiaglutinante.
Azúcar blanda blanca	Azúcar húmedo purificado, de grano fino, de color blanco, con un contenido de sucrosa más contenido de azúcar invertido no menor de 97,0% m/m.
Azúcar blanda morena	Azúcar húmedo purificado, de grano fino, de color marrón claro a marrón oscuro, con un contenido de sucrosa más contenido de azúcar invertido no menor de 88,0% m/m.
Dextrosa anhidra	D-glucosa purificada y cristalizada sin agua de cristalización, con un contenido de D-glucosa de no menor de 99,5% m/m sobre peso seco y un contenido total de sólidos no menor del 98,0% m/m.
Dextrosa monohidrato	D-glucosa purificada y cristalizada que contiene una molécula de agua de cristalización, con un contenido de D-glucosa no menor de 99,5% m/m sobre peso seco y un contenido total de sólidos no menor de 90,0% m/m.
Dextrosa en polvo(dextrosa glacé)	Dextrosa anhidra finamente pulverizada o dextrosa monohidrato o mezclas de ambas, con o sin adición de un agente antiaglutinante.
Lactosa	Materia normalmente presente en la leche que se obtiene usualmente del suero, con un contenido de lactosa anhidra no menor del 99,0% m/m. Puede ser anhidra o contener una molécula de agua de cristalización o consistir en una mezcla de ambas formas.
Fructosa (levulosa)	D-fructosa purificada y cristalizada con un contenido de fructosa no menor del 98,0% m/m, y un contenido de glucosa no mayor del 0,5% m/m
Azúcar de caña sin refinar (uso industrial alimentario)	Sucrosa parcialmente purificada, cristalizada a partir de jugo de caña parcialmente purificado sin más purificación, pero que no excluye centrifugación o deshidratación, que se caracteriza por cristales de sucrosa cubiertos con una película de melaza de caña.

#### JARABES

Nombres	Descripciones
Azúcar líquido invertido	Solución acuosa de sacarosa parcialmente invertida por hidrólisis en la que la proporción de azúcar invertido no es preponderante y que responde a las características de materia seca no menos del 62% en peso; contenido de azúcar invertido (cociente de fructosa por dextrosa $1.0 \pm 0.1$ ), más del 3% en peso de la materia seca; cenizas conductimétricas, no más del 0.1% en peso de la materia seca; coloración de la solución no más de 45 unidades ICUMSA.



MINISTERIO DE SALUD  
 Dirección General de Salud Ambiental  
 "DIGESA"  
 Las Amapolas N° 350 Lince Telf : 442-8353 - 442-8356  
 Fax: 422-6404 e-mail: digesa@digesa.minsa.gob.pe

Jarabe de glucosa (*)	Solución acuosa purificada y concentrada de sacáridos nutritivos , obtenidos a partir del almidón o de la fécula o de la inulina, responde a las siguientes características: materia seca, no menos del 70% en peso; equivalente de dextrosa, no menos del 20% en peso de la materia seca, expresada en D-glucosa; ceniza sulfatada, no más del 1,0% en peso de la materia seca.
Jarabe de glucosa deshidratado (*)	Jarabe de glucosa parcialmente desecado cuya materia seca constituye al menos el 93% en peso y que responde a un equivalente de dextrosa, no menos del 20% en peso de la materia seca, expresada en D-glucosa; ceniza sulfatada, no más del 1,0% en peso de la materia seca.
Jarabe de azúcar	Es una mezcla de azúcar y agua en una proporción hasta un máximo del 38%. Si la proporción de azúcar es mayor se trata de un azúcar líquido.
Azúcar líquido	Solución de sacarosa que responde a una proporción de materia seca no menor del 62%, no más de 0.1% de cenizas conductimétricas en peso de la materia seca y no más de 45 unidades ICUMSA de color.
Jarabes naturales	Son los jugos naturales azucararlos de productos vegetales (caña, maíz, frutas y otros), concentrados hasta la consistencia de jarabe, con un mínimo 62° Brix y sin sustancias aromáticas artificiales, ni sustancias colorantes.
Chancaca	Es el producto obtenido al concentrar y cristalizar el jugo purificado de caña. Debe contener como mínimo 80% de sacarosa y como máximo 1% de sustancias insolubles en agua, 1,2% de cenizas y 6% de humedad.

(\*) Cuando los productos indicados contengan fructosa en un porcentaje superior al 5% en peso de materia seca, irán acompañados, con respecto a su denominación de venta y sus ingredientes de las palabras "jarabe de glucosa y fructosa" o "jarabe de fructosa y glucosa" y "jarabe de glucosa y fructosa deshidratado" o jarabe de fructosa y glucosa deshidratado", respectivamente, para destacar si la proporción de glucosa es superior a la de fructosa o viceversa.

#### Artículo 8°.- Características organolépticas

	COLOR/ASPECTO	OLOR
AZUCARES GRANULADOS Y EN POLVO	Color característico según tipo de azúcar (definición), granulación fluida no compacta, libre de impurezas objetables que constituyan peligros físicos	Característico, libre de olores indeseables (plaguicidas, metales, otros)
JARABES	Fluido viscoso, cristalino, color característico de la materia prima de origen , libre de impurezas que constituyan peligros físicos	Característico según origen (caña, maíz, frutas, etc)

**Artículo 10°.- Criterios Microbiológicos**

Los azúcares además de los siguientes criterios, deberán cumplir con aquellos que exija el Ministerio de Salud con fines epidemiológicos, de rastreabilidad y ante emergencias sanitarias.

<b>AZUCARES REFINADOS Y BLANCO</b>							
Agente microbiano	Categoría	clase	n	c	Limite ufc por gr/ml		
Aerobios mesófilos	1	3	5	3	10 <sup>2</sup>	2X10 <sup>2</sup>	
Mohos	2	3	5	3	<10	10	
Levaduras osmófilas	2	3	5	2	<50	50	

<b>AZUCARES RUBIA DE USO DOMESTICO E INDUSTRIAL</b>							
Agente microbiano	Categoría	clase	n	c	Limite ufc por gr/ml		
Aerobios mesófilos	1	3	5	2	4x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>3</sup>	
Enterobacterias	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
Mohos	2	3	5	2	10	20	
Levaduras	2	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>	

<b>JARABES</b>							
Agente microbiano	Categoría	clase	n	c	Limite ufc por gr/ml		
Aerobios mesófilos	1	3	5	3	10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>2</sup>	
Mohos	2	3	5	2	<10	10	
Levaduras osmófilas	2	3	5	2	<50	50	

## ANEXO 11

### Reglamentación técnico-sanitaria sobre determinados azúcares destinados a la alimentación humana España.

BOE núm. 184

Sábado 2 agosto 2003

29975

En su virtud, a iniciativa del Ministro de Defensa, a propuesta de los Ministros de Administraciones Públicas y de Hacienda, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 1 de agosto de 2003,

#### DISPONGO:

**Artículo único.** *Modificación del Real Decreto 991/2000, de 2 de junio, por el que se desarrolla la Ley 26/1999, de 9 de julio, de medidas de apoyo a la movilidad geográfica de los miembros de las Fuerzas Armadas.*

Se añade una disposición adicional tercera al Real Decreto 991/2000, de 2 de junio, por el que se desarrolla la Ley 26/1999, de 9 de julio, de medidas de apoyo a la movilidad geográfica de los miembros de las Fuerzas Armadas, conforme al siguiente tenor:

«Disposición adicional tercera. *Alojamientos militares.*

1. Además de las funciones principales que al Instituto para la Vivienda de las Fuerzas Armadas atribuyen los párrafos a) y f) del artículo 14 de la Ley 26/1999, de 9 de julio, corresponde también a dicho instituto, en el marco del proceso de profesionalización y modernización de las Fuerzas Armadas, la función de contribuir a la mejora de las condiciones de vida del personal militar en materia de alojamiento, mediante la realización y ejecución de programas y proyectos para la construcción, rehabilitación o mejora de alojamientos militares en coordinación con los Cuarteles Generales de los Ejércitos y previa aprobación de la Dirección General de Infraestructura, en virtud de las competencias que a ésta otorga el Real Decreto 1883/1996, de 2 de agosto, de estructura orgánica básica del Ministerio de Defensa.

2. A efectos de lo dispuesto en el apartado anterior, tendrán la consideración de alojamientos militares las edificaciones y espacios, distintos de las viviendas militares y a los pabellones de cargo, que se hallen destinados a satisfacer las necesidades de habitación, hospedaje y otros servicios complementarios, cualquiera que sea el nombre que reciban según las tradiciones y usos de cada Ejército.»

Dado en Palma de Mallorca, a 1 de agosto de 2003.

JUAN CARLOS R.

El Vicepresidente Primero del Gobierno  
y Ministro de la Presidencia,  
MARIANO RAJOY BREY

**15481 REAL DECRETO 1052/2003, de 1 de agosto, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria sobre determinados azúcares destinados a la alimentación humana.**

La Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización de los azúcares destinados al consumo humano fue aprobada por el Real Decreto 1261/1987, de 11 de septiembre, e incorporaba a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva 73/437/CEE del Consejo, de 11 de diciem-

bre de 1973, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre ciertos azúcares destinados al consumo humano.

La citada Directiva 73/437/CEE se justificaba por el hecho de que las diferencias existentes entre las legislaciones nacionales respecto a determinadas categorías de azúcares podían crear condiciones de competencia desleal, lo que podía inducir a engaño a los consumidores, y repercutían por ello de forma directa en la realización y funcionamiento del mercado común.

La Directiva 73/437/CEE tenía, pues, por objeto establecer definiciones y normas comunes sobre las características de elaboración, envasado y etiquetado de dichos productos, a fin de garantizar su libre circulación dentro de la Comunidad Europea.

Desde 1989 la legislación horizontal alimentaria aplicable a todos los productos alimenticios que circulan en el comercio intracomunitario se ha desarrollado para conseguir un alto grado de protección de la salud de los consumidores, especialmente en las materias relativas a la higiene, materiales en contacto con los alimentos, aditivos, contaminantes y etiquetado.

En este sentido, se han revisado las directivas verticales que afectan a determinados productos alimenticios para simplificarlas, y se han suprimido en ellas todos aquellos aspectos, que están cubiertos por la mencionada legislación comunitaria, relacionados con la salud, mediante la adaptación de los requisitos de etiquetado a los establecidos en la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de marzo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros en materia de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, y a determinados requisitos específicos.

La Directiva 73/437/CEE se ha simplificado y ha sido sustituida por la Directiva 2001/111/CE del Consejo, de 20 de diciembre de 2001, relativa a determinados azúcares destinados a la alimentación humana.

Este real decreto tiene por objeto incorporar al ordenamiento jurídico la citada Directiva 2001/111/CE, y para ello se simplifica la legislación actual, que se limita a establecer definiciones y denominaciones, así como el etiquetado específico de los azúcares cubiertos por aquella. Además, dichos azúcares deberán cumplir todas las disposiciones generales aplicables y, en particular, las relativas a la seguridad alimentaria y al control oficial de los productos alimenticios.

Por otra parte, se deroga el citado Real Decreto 1261/1987, a excepción de lo establecido en los párrafos a) y b) de su artículo 2, relativos al azúcar terciado (amarillo) y al azúcar moreno de caña, respectivamente, así como lo establecido en sus artículos 2 y 3 sobre límites de arsénico, cobre y plomo, siempre que los productos en cuestión aún no tuvieran fijados dichos límites en la legislación de la Unión Europea, y excepto los apartados 1.2 y 2.2 de su artículo 10 sobre coadyuvantes tecnológicos. No obstante, en el caso de que la industria vaya a utilizar otros coadyuvantes tecnológicos que se estén usando en otros Estados miembros, serán objeto de evaluación previa a su uso por parte del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria.

En su tramitación han sido consultadas las comunidades autónomas, así como los sectores afectados, y ha emitido informe la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Agricultura, Pesca y Alimentación y de la Ministra de Sanidad y Consumo, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 1 de agosto de 2003,

## DISPONGO:

Artículo único. *Aprobación de la Reglamentación técnico-sanitaria sobre determinados azúcares destinados a la alimentación humana.*

Se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria sobre determinados azúcares destinados a la alimentación humana, que se inserta a continuación de este real decreto.

Disposición transitoria única. *Régimen transitorio.*

1. Los productos regulados en este real decreto que no cumplan lo establecido en él podrán seguir siendo comercializados hasta el 12 de julio de 2004, siempre que cumplan con lo dispuesto por las disposiciones vigentes con anterioridad a la entrada en vigor de este real decreto.

2. No obstante, se admitirá la comercialización de productos elaborados, aunque no se ajusten a lo dispuesto en este real decreto, que hayan sido etiquetados antes del 12 de julio de 2004 de conformidad con el Real Decreto 1261/1987, de 11 de septiembre, hasta la extinción de su vida comercial.

Disposición derogatoria única. *Derogación normativa.*

1. A partir de la entrada en vigor de este real decreto, quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en éste y, en particular, el Real Decreto 1261/1987, de 11 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización de los azúcares destinados al consumo humano, excepto lo establecido en los párrafos a) y b) de su artículo 2, relativos al azúcar terciado (amarillo) y al azúcar moreno de caña, respectivamente, así como lo establecido en sus artículos 2 y 3 sobre límites de arsénico, cobre y plomo, siempre que los productos en cuestión aún no tuvieran fijados dichos límites en la legislación de la Unión Europea, y excepto los apartados 1.2 y 2.2 de su artículo 10 sobre coadyuvantes tecnológicos.

2. Las referencias al real decreto parcialmente derogado se entenderán hechas a este real decreto.

Disposición final primera. *Título competencial.*

Este real decreto se dicta al amparo de las competencias que el artículo 149.1.13.<sup>a</sup> y 16.<sup>a</sup> de la Constitución española reserva al Estado en materia de bases y coordinación de la planificación general de la actividad económica, y sanidad exterior, bases y coordinación general de la sanidad, respectivamente.

Disposición final segunda. *Facultad de desarrollo.*

Los Ministros de Agricultura, Pesca y Alimentación y de Sanidad y Consumo podrán dictar, en el ámbito de sus competencias, las disposiciones necesarias para el desarrollo de lo establecido en este real decreto, cuando ello sea necesario.

Disposición final tercera. *Entrada en vigor.*

El presente real decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Palma de Mallorca, a 1 de agosto de 2003.

JUAN CARLOS R.

El Vicepresidente Primero del Gobierno  
y Ministro de la Presidencia,  
MARIANO RAJOY BREY

## REGLAMENTACIÓN TÉCNICO-SANITARIA SOBRE DETERMINADOS AZÚCARES DESTINADOS A LA ALIMENTACIÓN HUMANA

### 1. Objeto y ámbito de aplicación

Esta reglamentación tiene por objeto definir, a efectos legales, lo que se entiende por azúcares, y fijar con carácter obligatorio las normas de elaboración y comercialización y, en general, la ordenación jurídica de tales productos.

Sus regulaciones son de aplicación a todas las elaboraciones que respondan a las definiciones comprendidas en el apartado 2 de esta reglamentación.

### 2. Definiciones y denominaciones de venta

Por lo que se refiere al azúcar (sacarosa), con ese nombre específico se designa exclusivamente el producto obtenido industrialmente de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*, L. y var. rapa) o de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L.).

A efectos de esta disposición, se distinguen los siguientes tipos de azúcares:

2.1 Azúcar semiblanco: la sacarosa purificada y cristalizada, de calidad sana, limpia y comercial, y que responde a las características siguientes:

- a) Polarización, no menos de 99,5° Z.
- b) Contenido de azúcar invertido, no más del 0,1 por cien en peso.
- c) Pérdida en el secado, no más del 0,1 por cien en peso.

2.2 Azúcar o azúcar blanco: la sacarosa purificada y cristalizada, de calidad sana, limpia y comercial, que responde a las características siguientes:

- a) Polarización, no menos de 99,7° Z.
- b) Contenido de azúcar invertido, no más del 0,04 por cien en peso.
- c) Pérdida en el secado, no más del 0,06 por cien en peso.
- d) Tipo de color, no más de 9 puntos, determinados de acuerdo con el apartado 3.a).

2.3 Azúcar blanco refinado o azúcar extrablanco: el producto que responde a las características señaladas para el azúcar blanco en el apartado 2.2.a), b) y c) y con un número de puntos determinado de acuerdo con las disposiciones del apartado 3, que no sobrepase 8 en total ni:

- 4 para el tipo de color.
- 6 para el contenido de cenizas.
- 3 para la coloración de la solución.

Todos los tipos de azúcar indicados en los apartados 2.1, 2.2 y 2.3 podrán tener distintas presentaciones, entre otras: en polvo, glacé, candi, panes, pilé, granulado y cuadrado.

2.4 Azúcar líquido: la solución acuosa de sacarosa que responde a las características siguientes:

- a) Materia seca, no menos de 62 por cien en peso.
- b) Contenido de azúcar invertido (cociente de fructosa por dextrosa: 1,0 + 0,2): no más de 3 por cien en peso de la materia seca.
- c) Cenizas conductimétricas, no más de 0,1 por cien en peso de la materia seca, determinadas de acuerdo con el apartado 3.b).
- d) Coloración de la solución, no más de 45 unidades ICUMSA.

El calificativo «blanco» se reserva para el azúcar líquido en el que la coloración no supere las 25 unidades

des ICUMSA, determinada con arreglo al método que se describe en el apartado 3.c).

2.5 Azúcar líquido invertido: la solución acuosa de sacarosa parcialmente invertida por hidrólisis, en la cual la proporción de azúcar invertido no es preponderante y que responde a las características siguientes:

- a) Materia seca, no menos de 62 por cien en peso.
- b) Contenido en azúcar invertido (cociente de fructosa por dextrosa:  $1,0 + 0,1$ ), más de 3 por cien pero no más del 50 por cien en peso de la materia seca.
- c) Cenizas conductimétricas: no más de 0,4 por cien en peso de la materia seca, determinadas de acuerdo con el apartado 3.b).

El calificativo «blanco» se reserva para el azúcar líquido invertido, con un contenido de cenizas conductimétricas que no supere el 0,1 por cien, en una solución cuya coloración no supere las 25 unidades ICUMSA, con arreglo al método que se describe en el apartado 3.c).

2.6 Jarabe de azúcar invertido: la solución acuosa, eventualmente cristalizada, de sacarosa parcialmente invertida por hidrólisis, en la que el contenido de azúcar invertido (cociente de fructosa por dextrosa:  $1,0 \pm 0,1$ ) debe ser superior al 50 por cien en peso de la materia seca y que responde, además, a los requisitos establecidos en el apartado 2.5. a) y c).

El calificativo «blanco» se reserva para el jarabe de azúcar invertido, con un contenido de cenizas conductimétricas que no supere el 0,1 por cien, en una solución cuya coloración no supere las 25 unidades ICUMSA, con arreglo al método que se describe en el apartado 3.c).

2.7 Jarabe de glucosa: la solución acuosa purificada y concentrada de sacáridos nutritivos, obtenida a partir del almidón o de la fécula y/o de la inulina, que responde a las siguientes características:

- a) Materia seca, no menos del 70 por cien en peso.
- b) Equivalente en dextrosa, no menos del 20 por cien en peso de la materia seca, expresado en D-glucosa.
- c) Cenizas sulfatadas, no más de 1,0 por cien en peso de la materia seca.

2.8 Jarabe de glucosa deshidratado: el jarabe de glucosa parcialmente desecado cuya materia seca constituye al menos el 93 por cien en peso y que responde, además, a los requisitos establecidos en el apartado 2.7.b) y c).

2.9 Dextrosa o dextrosa monohidratada: la D-glucosa purificada y cristalizada que contiene una molécula de agua de cristalización y que responde a las características siguientes:

- a) Dextrosa (D-glucosa), no menos del 99,5 por cien en peso de la materia seca.
- b) Materia seca, no menos del 90 por cien en peso.
- c) Cenizas sulfatadas, no más del 0,25 por cien en peso de la materia seca.

2.10 Dextrosa o dextrosa anhidra: la D-glucosa purificada y cristalizada que no contiene agua de cristalización, cuya materia seca constituye al menos el 98 por cien en peso y que responde, además, a los requisitos establecidos en el apartado 2.9.a) y c).

2.11 Fructosa: la D-fructosa purificada y cristalizada, que responde a las siguientes características:

- a) Contenido de fructosa, 98 por cien como mínimo.
- b) Contenido de glucosa, 0,5 por cien como máximo.
- c) Pérdida en el secado, no más del 0,5 por cien en peso.
- d) Cenizas conductimétricas, no más del 0,1 por cien en peso determinado con arreglo al apartado 3.b).

3. Método de determinación del tipo de color, el contenido de cenizas conductimétricas y la coloración de la solución del azúcar (blanco) y el azúcar blanco refinado (extrablancos) definidos en los apartados 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 2.11

Un «punto» corresponde:

a) En lo que se refiere al tipo de color, a 0,5 unidades, determinadas según el método del Instituto de Tecnología Agrícola e Industria Azucarera de Brunswick, al que se refiere el apartado 2 del capítulo A del anexo del Reglamento (CEE) n.º 1265/69 de la Comisión, de 1 de julio de 1969, relativo a los métodos de determinación de calidad aplicables al azúcar comprado por los organismos de intervención.

b) En lo que se refiere al contenido en cenizas, al 0,0018 por cien determinado según el método de la International Commission for Uniform Methods of Sugar Analyses (ICUMSA), al que se refiere el apartado 1 del capítulo A del anexo del Reglamento (CEE) n.º 1265/69.

c) En lo que se refiere a la coloración de la solución, a 7,5 unidades determinadas según el método de ICUMSA a que se refiere el apartado 3 del capítulo A del anexo del Reglamento (CEE) n.º 1265/69.

#### 4. Etiquetado

La Norma general de etiquetado presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, será aplicable a los productos definidos en el apartado 2, con arreglo a las condiciones y excepciones que figuran a continuación:

4.1 Sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado 4.5, las denominaciones de venta previstas en el apartado 2 se reservarán a los productos que en él figuran y se deberán utilizar en el comercio para designarlos.

La denominación de venta contemplada en el apartado 2.2 podrá utilizarse también para designar el producto contemplado en el apartado 2.3.

No obstante:

a) Los productos definidos en el apartado 2 podrán llevar junto con la denominación de venta obligatoria otros calificativos habituales en función de su presentación,

b) Estas denominaciones de venta podrán ser utilizadas también en denominaciones de venta compuestas para designar estos productos de acuerdo con los usos.

Siempre y cuando tales denominaciones no puedan inducir a error al consumidor.

4.2 Para los productos envasados de peso inferior a 20 g, no es necesario indicar el peso neto en el etiquetado.

4.3 El etiquetado deberá indicar el contenido de materia seca y de azúcar invertido cuando se trate de azúcar líquido, azúcar líquido invertido o jarabe de azúcar invertido.

4.4 El etiquetado deberá indicar el calificativo «cristalizado» en el caso del jarabe de azúcar invertido que contenga cristales en la solución.

4.5 Cuando los productos definidos en los apartados 2.7 y 2.8 contengan fructosa en un porcentaje superior al 5 por cien en peso de materia seca, deberán ser etiquetados, en lo que respecta a su denominación de venta y cuando sean ingredientes, como «jarabe de glucosa y fructosa» o «jarabe de fructosa y glucosa» y «jarabe de glucosa y fructosa deshidratado» o «jarabe de fructosa y glucosa deshidratado», respectivamente, para destacar si la proporción de glucosa es superior a la de fructosa, o viceversa.

## ANEXO 12

### *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*

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

#### *PRUEBAS DE DEGUSTACION, EVALUACIÓN SENSORIAL DE CALIDAD Y ACEPTABILIDAD DE LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA.*

Nombre:

Fecha:

#### **INTRODUCCIÓN:**

- Señor (a) (Srta.) para degustar el producto, tómese el tiempo necesario y analice detenidamente cada una de las características que se detallan en el siguiente instructivo.
- Evalué cada una de las muestras y marque con una x la alternativa de su preferencia, de acuerdo a la escala presentada para las características de cada muestra.
- Antes de empezar la degustación y luego de evaluar cada muestra, realizar un enjuague del paladar con agua.

#### **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**

- **COLOR:** Se evaluará conforme a la impresión visual, considerando el color característico de la sacarosa invertida líquida amarillo pálido transparente.
- **OLOR:** Ausencia de olores extraños, sin olor desagradable (fermentación).
- **SABOR:** Libre de sabores extraños, agradable al paladar.
- **ACEPTABILIDAD:** En esta característica interviene el sentido del gusto acorde a su preferencia, es la aceptación o rechazo en la escala establecida.

**EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA ESTABILIDAD DE SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA.**

Parámetros	Alternativas				
		T5	T6	T7	T8
Color	Excelente				
	Atractivo				
	Poco atractivo				
	Malo				
Olor	Muy Agradable				
	Agradable				
	Poco agradable				
	Desagradable				
Sabor	Muy agradable				
	Agradable				
	Poco agradable				
	Desagradable				
Aceptabilidad	Gusta mucho				
	Gusta				
	Ni gusta ni disgusta				
	Disgusta				

Elaborado por: Renata Monteros

Observaciones.....  
 .....  
 .....

## ANEXO 13

### FICHA TÉCNICA DEL ACIDO FOSFÓRICO



#### FICHA TÉCNICA

#### ÁCIDO FOSFÓRICO 85% GRADO ALIMENTICIO

##### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Ácido Fosfórico.
Formula Química	$H_3PO_4$
Peso molecular	98
Sinónimos	Ácido ortofosfórico

##### 2. DESCRIPCIÓN

Líquido incoloro claro, inodoro o sólido cristalino transparente, depende de la concentración y la temperatura.

A temperatura de 20°C los ácidos de concentración 60 y 75% son líquidos móviles, el de 85% es de consistencia sirupsosa y el de 100% se presenta en forma de cristales.

Soluble en agua y en alcohol.

Corrosivo para los metales férricos y aleaciones.

##### 3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Concentración ( $H_3PO_4$ )	85% min.
Arsénico (As) ppm	1.0 máx.
Fluoruros (F) ppm	5.0 máx.
Cloruros (Cl) ppm	2 máx.
Sulfatos ( $SO_4$ ) ppm	50 máx.
Metales pesados (como Pb) ppm	10 máx.
( $H_3PO_3$ ) ppm	120 máx.
Color (Hazen)	15 máx.
Hierro ppm	10 máx.

##### 4. PROPIEDADES

Aspecto físico	Líquido incoloro claro
Olor	inodoro
Peso Específico (agua=1)	1.66- 1.74
Presión de vapor (a 25° C)	2.2 hPa

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2007/08/03	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Doris María Naranjo	I.Q. Iván Darío Ospina	Junio 08/09 I.Q. Iván Darío Ospina

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74  
Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@epm.net.co Medellín - Colombia.



DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS  
INDUSTRIALES S.A.

Punto de ebullición	158° C
Punto de fusión	21°C
pH	<1.0
Solubilidad en agua (% en peso)	100%
Reacciona con agua	Sí

## 5. APLICACIONES

Fertilizantes, jabones y detergentes, fosfatos inorgánicos, productos farmacéuticos, refinación de azúcar, manufactura de gelatina, tratamiento de agua, piensos para animales, electropulimentador, aditivo de gasolina, revestimiento de conversión para metales, catalizador para manufactura de etanol, lacas en colorantes de algodón, levadura, estabilizador del suelo, ceras y pulimentadores, ligante para cerámicas, carbón activado, en alimentos como un ácido y secuestrante reactivo de laboratorio.

## 6. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

### Efectos potenciales sobre la salud

Peligroso en caso de contacto con los ojos (irritante), puede llegar a ser fatal si se producen espasmos de la laringe

### Efectos agudos sobre exposición

Puede producir daños al hígado y los riñones

### Efectos sobre exposición

Ojos:

Causa quemaduras químicas

Piel:

Causa quemaduras químicas

Ingestión:

Ataca las mucosas, llegando a producir espasmos y vómitos

Inhalación:

la inhalación destruye las mucosas del sistema respiratorio

## 7. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Contacto ojos:** Lavar inmediatamente con abundante agua, durante 15 minutos, consultar al oftalmólogo

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2007/08/03	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Doria Maria Naranjo	I.Q. Iván Darío Ospina	Junio 08/09 I.Q. Iván Darío Ospina

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74  
Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@epm.net.co Medellín - Colombia.

**Contacto con la piel:** Lavar inmediatamente con abundante agua, en caso de reacciones cutáneas consultar con el médico

**Inhalación:** Traslade a la víctima al aire fresco, si es necesario aplicar respiración artificial.

**Ingestión:** No inducir al vómito si la víctima está inconsciente, enjuagar la boca con abundante agua, consultar a médico

## 8. EXPLOSIVIDAD E INCENDIO

El producto en sí no arde, se deben tomar las medidas necesarias según el incendio del entorno, enfriar los envases y depósitos lindantes con agua pulverizada. Para atacar el incendio se puede utilizar agua, polvo químico seco, dióxido de carbono

**Equipo de protección especial:** En caso de incendio, llevar aparato respiratorio autónomo y traje de protección química adecuado

## 9. MEDIDAS PARA ATENDER DERRAMES

### Medidas de precaución de las personas

Despejar la zona afectada, ventilar el recinto y limpiar los objetos y el suelo sucios. No permitir el vertido al alcantarillado, el agua potable se pone en peligro solo al ponerse en contacto grandísimas cantidades en el subsuelo

En caso de derrame o fuga rodearlo con diques, neutralizar con Carbonato de sodio Liviano

## 10. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

**Almacenamiento:** Almacene en un lugar fresco, bien ventilado y seco, , protegerlo del calor y frío excesivo , así como del contacto de la humedad, debe almacenarse lejos de álcalis y agentes oxidantes.

**Manipulación:** Lave todo el lugar luego de la manipulación, no lo ingiera, no lo inhale, evite el contacto con los ojos y la ropa.

## 11. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2007/08/03	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Doria Maria Naranjo	I.Q. Iván Darío Ospina	Junio 08/09 I.Q. Iván Darío Ospina

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74  
Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@epm.net.co Medellín - Colombia.

<b>Protección Respiratoria</b>	Usar máscara de protección con filtro apropiado, cuando hay exposición prolongada y formación de nieblas.
<b>Protección de la piel</b>	Es estrictamente necesario el uso de guantes, ya que es corrosivo.
<b>Protección de los Ojos</b>	Debe usarse gafas

## 12. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales de almacenamiento, no se descompone bajo el uso adecuado, reacciona con medios de oxidación fuertes, evitar el contacto con la humedad para no alterar la calidad de este

<b>Peligro de polimerización:</b>	No ocurre
<b>Propiedades corrosivas:</b>	Si
<b>Propiedades Oxidantes:</b>	No es oxidante

## 13. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

En los ojos produce severa irritación causando daño permanente o ceguera. La exposición prolongada o repetida puede causar irritación, resecaimiento y escamación de la piel.

En caso de ingestión es moderadamente tóxico. Causa dolor de cabeza, náuseas, mareos, vómito, diarrea y debilidad.

LD <sub>50</sub> Oral	1530 mg/kg
LD <sub>50</sub> contacto	2740 mg/kg
TClo inhalación	100 mg

## 14. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

El producto en si es estable, pero es absorbido por los organismos que lo necesitan para su desarrollo, es degradable a largo plazo, no se produce bio-acumulación, por naturaleza acida, ocasiona la muerte cuando entra en contacto con los seres vivos de las fuentes de agua

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2007/08/03	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Doria María Naranjo	I.Q. Iván Darío Ospina	Junio 08/09 I.Q. Iván Darío Ospina

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74  
Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@epm.net.co Medellín - Colombia.

## 15. DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final debe realizarse de acuerdo a la normatividad de los organismos de control del distrito, no descargar en drenajes

## 16. INFORMACIÓN DEL TRANSPORTE

Controles especiales no aplica ya que no es material controlado por ningún ente territorial, no se requieren recomendaciones especiales al transportador de acuerdo a la NFPA

Peligro para la salud	3
Peligro de inflamabilidad	0
Peligro de reactividad	0
Disposiciones especiales de reactividad	Ninguna
U.N.	1805

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada, DISTRIBUIDORA DE QUIMICOS INDUSTRIALES no asume responsabilidad alguna por reclamos, perdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida. El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares

## BIBLIOGRAFIA

- <http://www.quimicadelsur.cl/H3PO4%20COMPLETA.pdf>  
Diccionario de Química y de Productos Químicos. Gessner G. Hawley
- [http://www.segulab.com/acido\\_fosforico.htm](http://www.segulab.com/acido_fosforico.htm)
- [http://www.corquiven.com.ve/esp/MSDS%5CMSDS-ACIDO\\_FOSFORICO.pdf](http://www.corquiven.com.ve/esp/MSDS%5CMSDS-ACIDO_FOSFORICO.pdf)
- <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/P3973.htm>

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2007/08/03	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Doria María Naranjo	I.Q. Iván Darío Ospina	Junio 08/09 I.Q. Iván Darío Ospina

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74  
Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@epm.net.co Medellín - Colombia.

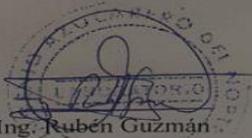
## ANEXO 14

Resultados de los análisis de POL para identificar la constante de velocidad de inversión de la sacarosa invertida líquida.

 **Ingenio  
Azucarero  
del Norte**

Análisis solicitado por: Renata Monteros  
Número de muestras: una  
Parámetro solicitado: POL

t (min)	POL °Z
0	65
5	25,5
10	10
15	4,01
20	0



Ing. Rubén Guzmán

Jefe de Laboratorio

Ingenio Azucarero del Norte

www.tababuella.com  
Panamericana Norte Km. 25 Vía Tulcán  
Conmutador: (06) 2648309/310  
Telefax: (06) 2648314  
info@tababuella.com  
Ibarrá - Ecuador

## ANEXO 15

### FICHA TÉCNICA DE LA SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA

NOMBRE DEL PRODUCTO	SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA																				
DESCRIBCIÓN DEL PRODUCTO	Es una alternativa de edulcorante constituido por la mezcla de glucosa y fructosa, presentando en forma líquida es una disolución translúcida y ligeramente amarilla, con sabor y olor característicos del jugo de caña, además de poseer un alto poder edulcorante. Obtenido por la rotura de las moléculas de sacarosa de una solución de azúcar en agua, por hidrólisis ácida, el producto es suministrado en la concentración de 65% de azúcar sólido (°Brix).																				
CARACTERÍSTICAS ORGANILEPTICAS	<p>Olor: Ausencia de olores extraños</p> <p>Sabor: Sin sabores extraños</p> <p>Color: ligeramente amarillo sin presencia de sólidos en suspensión.</p>																				
INFORMACION NUTRICIONAL	<p style="text-align: center;">Información Nutricional</p> <p>Tamaño por porción 7g (1 cucharada)</p> <p>Porción por envase Aprox 71</p> <p>Cantidad por porción</p> <p>Energía (calóricas)      18,2 KJ</p> <p>Energía de la grasa      0,00 KJ (0 cal)</p> <p style="text-align: center;">Valores diarios</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Grasa total 0g</td><td style="background-color: #d9e1f2;">0%</td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Grasa saturada 0mg</td><td style="background-color: #d9e1f2;">0%</td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Colesterol 0mg</td><td style="background-color: #d9e1f2;">0%</td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Sodio 0mg</td><td style="background-color: #d9e1f2;">0%</td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Carbohidratos totales 4,55g</td><td style="background-color: #d9e1f2;">2%</td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Fibra dietética 0g</td><td style="background-color: #d9e1f2;">0%</td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Azúcares 7g</td><td style="background-color: #d9e1f2;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Proteína 0g</td><td style="background-color: #d9e1f2;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Vitamina A 0%</td><td style="background-color: #d9e1f2;">Vitamina C 0%</td></tr> <tr><td style="background-color: #f2d9e1;">Calcio 0%</td><td style="background-color: #d9e1f2;">Hierro 0%</td></tr> </table>	Grasa total 0g	0%	Grasa saturada 0mg	0%	Colesterol 0mg	0%	Sodio 0mg	0%	Carbohidratos totales 4,55g	2%	Fibra dietética 0g	0%	Azúcares 7g		Proteína 0g		Vitamina A 0%	Vitamina C 0%	Calcio 0%	Hierro 0%
Grasa total 0g	0%																				
Grasa saturada 0mg	0%																				
Colesterol 0mg	0%																				
Sodio 0mg	0%																				
Carbohidratos totales 4,55g	2%																				
Fibra dietética 0g	0%																				
Azúcares 7g																					
Proteína 0g																					
Vitamina A 0%	Vitamina C 0%																				
Calcio 0%	Hierro 0%																				
PARAMETROS ESTABLECIDOS PARA LA ESTABILIDAD DE LA SACAROSA LÍQUIDA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH 2 para la hidrolización.</li> <li>Tiempo de inversión 20 min de reflujo</li> </ul> <p>Tipo de conservación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Medio Ambiente: 20°C. ± 2.</li> <li>Refrigeración: Temperatura de 2 - 5°C.</li> </ul>																				

	<p>Requisitos específicos:</p> <table border="1" data-bbox="634 445 1349 921"> <tr> <td>Solidos solubles</td> <td>65</td> <td>° BRIX</td> </tr> <tr> <td>Color</td> <td>521</td> <td>ICUMSA</td> </tr> <tr> <td>Cenizas</td> <td>0,07</td> <td>g/100g</td> </tr> <tr> <td>Actividad de agua</td> <td>0,83</td> <td>-----</td> </tr> <tr> <td>Pol</td> <td>0</td> <td>° Z</td> </tr> <tr> <td>Azucares Reductores</td> <td>95,04</td> <td>g/100g</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>1,31866</td> <td>g/ cm<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,4</td> <td>//</td> </tr> <tr> <td>Turbiedad</td> <td>0,14</td> <td>NTU</td> </tr> <tr> <td>Olor</td> <td colspan="2">Ausencia de olores extraños</td> </tr> <tr> <td>Sabor</td> <td colspan="2">Libre de sabores extraños</td> </tr> </table>			Solidos solubles	65	° BRIX	Color	521	ICUMSA	Cenizas	0,07	g/100g	Actividad de agua	0,83	-----	Pol	0	° Z	Azucares Reductores	95,04	g/100g	Densidad	1,31866	g/ cm <sup>3</sup>	pH	6,4	//	Turbiedad	0,14	NTU	Olor	Ausencia de olores extraños		Sabor	Libre de sabores extraños	
Solidos solubles	65	° BRIX																																		
Color	521	ICUMSA																																		
Cenizas	0,07	g/100g																																		
Actividad de agua	0,83	-----																																		
Pol	0	° Z																																		
Azucares Reductores	95,04	g/100g																																		
Densidad	1,31866	g/ cm <sup>3</sup>																																		
pH	6,4	//																																		
Turbiedad	0,14	NTU																																		
Olor	Ausencia de olores extraños																																			
Sabor	Libre de sabores extraños																																			
VIDA UTIL ESTIMADA	8 Meses a partir de su elaboración.																																			



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA ESTABILIDAD DE  
SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA CON FINES INDUSTRIALES**

**Autor:**

**Monteros Pillajo Jennyfer Renata**

**Director:**

**Ing. Oscar Yépez**

**Asesores:**

Dr. Marcelo Dávalos

Ing. Iván Vaca

Ing. Ernesto Terán

**Ibarra-Ecuador**

**2015**

**Lugar de investigación:**

Laboratorio de análisis físico químico y microbiológico de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias Y ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

## Hoja de vida del investigador



<b>NOMBRE</b>	Monteros Pillajo Jennyfer Renata
<b>DOCUMENTO DE IDENTIDAD</b>	100370950-6
<b>FECHA DE NACIMIENTO</b>	17 de Noviembre de 1990
<b>ESTADO CIVIL</b>	Soltera
<b>DIRECCIÓN</b>	Carlos Barahona Mena 13-24
<b>TELÉFONO</b>	593 992557126
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:renamonteros@ymail.com">renamonteros@ymail.com</a>

## FORMATO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**MONTEROS PILLAJO JENNYFER RENATA.**

Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales/ TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra 23 de Febrero de 2015

**DIRECTOR: Yépez, Oscar**

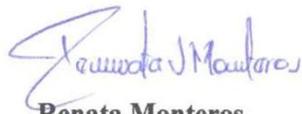
La presente investigación tuvo como objetivo determinar los parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida, logrando la estabilidad del producto bajo parámetros técnicos, obteniendo un tipo de edulcorante que mejore, facilite y reduzca tiempos de procesos dentro de las líneas de producción agroindustrial.

**Ibarra 23 de Febrero de 2015**



**Ing. Oscar Yépez**

**Director de tesis**



**Renata Monteros**

**Autor**

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

**TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA ESTABILIDAD DE SACAROSA INVERTIDA LÍQUIDA CON FINES INDUSTRIALES”**

**AUTOR:**

Monteros Pillajo Jennyfer Renata

**DIRECTOR:**

Dr. Oscar Yépez

**RESUMEN**

La presente investigación se realizó en el laboratorio de análisis físico, químico y microbiológico de la Universidad Técnica del Norte; el objetivo principal de la investigación fue determinar los parámetros óptimos para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida. Entre los objetivos específicos se determinó establecer el pH óptimo que facilite la inversión total de la sacarosa, evaluar el tiempo de inversión mediante hidrolisis acida e identificar las mejores condiciones de almacenamiento. El diseño experimental aplicado en la investigación fue un diseño de Bloques Completamente al Azar (D.B.C.A) con arreglo factorial  $A \times B \times C$ . Las variables

analizadas fueron azúcares reductores, turbiedad, densidad, peso neto, cristalización y concentración de sólidos solubles.

Posteriormente se determinó el mejor tratamiento: T7 (pH 2, tiempo de inversión 40 minutos, almacenado en refrigeración) mediante el análisis físicos, estadísticos de cada una de las variables planteadas y a través de las pruebas de degustaciones de las variables no paramétricas. Además se valoró 8 meses de vida útil de la sacarosa invertida líquida. Determinando que, la sacarosa invertida líquida con pH 2 y un tiempo de inversión prolongado de 20- 40 minutos se mantiene estable con un alto porcentaje de invertidos y sin presencia de materia extraña ni contaminación del producto terminado.

## **ABSTRACT**

This research was conducted in the laboratory of chemical, physical and microbiological analysis at Técnica del Norte University, the main objective of this research was to determine the optimal parameters for the stability of the liquid invert sucrose. Specific objectives were determined to establish the optimum pH to facilitate the investment of sucrose, evaluate the time investment by acid hydrolysis and identify the best storage conditions. The experimental design was applied in research design randomly picked complete block (RCBD) with factorial arrangement A x B x C. The variables analyzed were reducing sugars, turbidity, density, net weight, crystallization and concentration of soluble solids (°Brix). Later, the best treatment was determined: T7 (pH 2, inversion time 40 minutes, stored in cooling), through physical analysis, statistics of each of the variables proposed and through tests tastings nonparametric variables, further 8 months fixed lifetime best treatment. Determining that the liquid invert sucrose with pH 2 and a prolonged investment of 20- 40

minutes is stable with a high percentage of invested and free odd material neither contamination of the finished product.

## **PALABRAS CLAVE**

Reacción, cristalización, hidrolisis, reductores, vida útil, turbiedad.

## **INTRODUCCIÓN**

En el mercado ecuatoriano se comercializa y consume distintos tipos de edulcorantes, ya sean en forma líquida o sólida. Sin embargo, el consumo y utilización de sacarosa cristalizada por pequeñas y grandes industrias del sector alimentario, ha dado lugar a un fortalecimiento e innovación de productos nuevos derivados del azúcar. La falta de investigación y por consecuencia la utilización de sacarosa invertida líquida se puede considerar como un limitante al desarrollo agroindustrial. La actual investigación busca estabilizar la sacarosa invertida líquida, sin la utilización de conservantes ni pereservantes manteniendo parámetros de calidad físicos y microbiológicos que faciliten su consumo, para lo cual se planteó los siguientes objetivos:

-Establecer el pH óptimo para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida.

-Evaluar el tiempo de inversión, mediante hidrólisis ácida.

-Identificar las mejores condiciones de almacenamiento.

-Determinar las características organolépticas del producto final.

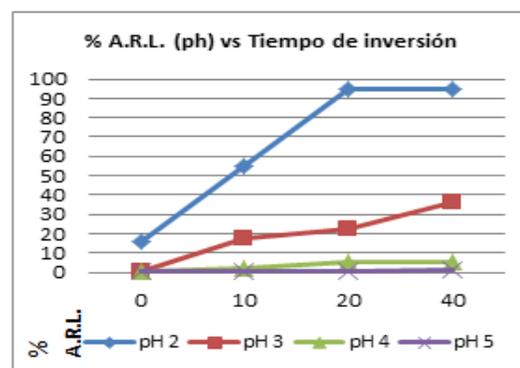
## MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental se llevó a cabo desde el 08 de Febrero de 2014 hasta el 07 de Octubre de 2014. La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la Universidad Técnica Del Norte. Se utilizó como materia prima el azúcar cristalizado, agua purificada y ácido fosfórico con 82% de concentración. Se trabajó con un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial A x B x C, donde el Factor A pH (2, 3, 4, 5), factor B tiempo de inversión (0, 10, 20, 40 min) y factor C condiciones de almacenamiento (ambiente y refrigeración). Las muestras se estandarizaron a 65° °Brix, las variables evaluadas fueron azúcares

reductores, turbiedad, peso, densidad y cristalización al inicio y final del experimento (dos meses de conservación) para determinar la estabilidad de la sacarosa invertida líquida.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

**Gráfico 1.** Inversión de la sacarosa identificada a través de azúcares reductores.



**Fuente:** Monteros, P.J.R. Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales. Ibarra-Universidad técnica del Norte- Ecuador, 2014-2015.

Según Monteros, (2015) la tendencia de estabilidad se puede observar en el gráfico 1 donde el tiempo de inversión presenta un punto isotónico a partir de 20 y 40 minutos con una media de azúcares reductores de 95,04 %, esto indica que existe un tiempo óptimo para la estabilidad del producto donde llega a ser constante. Se logra la estabilidad de la

sacarosa invertida líquida con un pH 2, 40 minutos de inversión mediante hidrólisis ácida, almacenada en refrigeración, 0,14 NTU de turbiedad, densidad de 1,31866 g/ml, sin la presencia de cristales y una concentración de 65 °Brix obteniendo una vida útil de 8 meses.

En el 2015 Monteros menciona que en presencia del H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> y en caliente la sacarosa se hidroliza, es decir, incorpora una molécula de agua y se descomponen los monosacáridos que lo forman, glucosa y fructosa, que si son reductores. La prueba de que se ha verificado la hidrólisis se realiza con el licor de Fehling y si el resultado es positivo, aparecerá un precipitado rojo, si el resultado es negativo, la hidrólisis no se ha realizado correctamente y si el resultado es final aparece una coloración verde en el tubo del ensayo, se debe a una hidrólisis parcial de la sacarosa. Se lleva a cabo alta temperatura tras ajustar el pH en una zona muy ácida.

#### **-Velocidad de reacción**

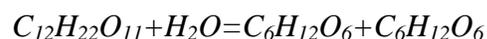
Determinan Chang & College (2002) que, la cinética química es el área de la química que tiene relación con la rapidez o velocidad con que ocurre una reacción

química. La palabra cinética sugiere movimiento o cambio. En este caso, cinética se refiere a la velocidad de reacción que es el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto al tiempo.

Jaramillo, Tobio & Escamilla (2012) en la hidrólisis de la sacarosa:

Para la cinética de la hidrólisis de sacarosa se utilizó el modelo de Michaelis-Menten, que relaciona la velocidad inicial de una reacción catalizada por una enzima, la concentración del sustrato y ciertas características de la enzima, como lo son la constante de saturación y la velocidad máxima de reacción. La velocidad de consumo de sustrato se representa por el cambio en la concentración de sacarosa con respecto al tiempo, dS/dt,

Cuellar (2011) detalla el proceso de hidrólisis de la sacarosa origina glucosa y fructosa según la reacción:



La velocidad de inversión de la sacarosa: para este estudio debemos conocer uno de los métodos ópticos de estudio de la cinética de reacciones y determinar analítica y gráficamente la constante de

velocidad. El proceso de inversión del azúcar es la descomposición hidrolítica de la sacarosa  $C_{12}H_{22}O_{11}$  en la glucosa y fructosa y se acompaña con la variación de la dirección del ángulo de rotación del plano de polarización. La velocidad de reacción se obtuvo a partir de la ecuación:

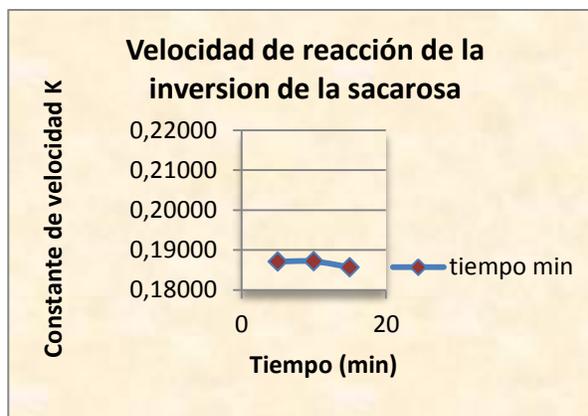
$$K=1/t \ln C_o/C_f$$

**Tabla 1.** Polarización de la sacarosa a diferentes tiempos.

t (min)	C <sub>o</sub>	C <sub>f</sub>	k (min)
0	65	65	0
5	65	25,1	0,184041
10	65	10	0,18563
15	65	4,01	0,184673
20	65	0	--

**Fuente:** Monteros, P.J.R. Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales. Ibarra-Universidad técnica del Norte- Ecuador, 2014-2015.

**Gráfico 2.** Velocidad de reacción de la inversión de la sacarosa para el mejor tratamiento T 7.



**Fuente:** Monteros, P.J.R. Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales. Ibarra-Universidad técnica del Norte- Ecuador, 2014-2015.

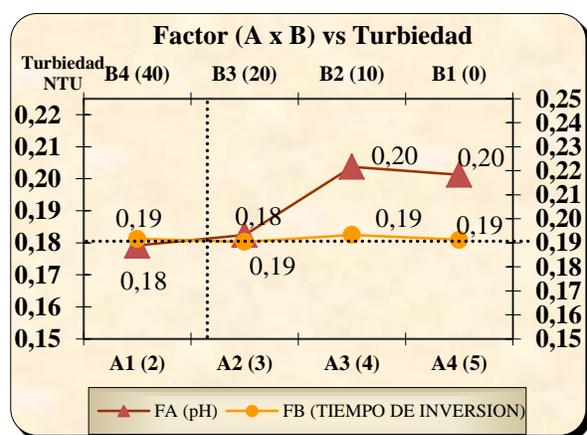
Existe una velocidad de reacción constante de la inversión de la sacarosa hasta el minuto 15, posterior a este tiempo mediante el método de polarimetría no registra lecturas de medición, ya que este equipo determina la cantidad de sacarosa en una muestra es decir, que al minuto 20 la muestra se ha desdoblado o invertido en su totalidad.

Zumbado (2004) señala que, los alimentos no son compuestos estáticos, sino dinámicos y consecuentemente las ciencias alimentarias deben estudiar la composición de los alimentos y los efectos que sus componentes provocan en el curso de los diferentes procesos a que están sujetos los alimentos, investigando y descubriendo las conexiones que

existen entre la estructura de los diferentes compuestos y sus propiedades organolépticas así como su capacidad de deterioro en función de su composición química. La caracterización de los alimentos proviene de los resultados de los diferentes ensayos a que puede someterseles utilizando diferentes métodos de evaluación, los cuales pueden agruparse en función de los objetivos que persigan y los principios en que se fundamentan. Así, la evaluación de los alimentos involucra tres tipos de análisis: análisis físico-químico, análisis microbiológico y análisis sensorial.

### -Turbiedad

**Gráfico 3.** Interacción Ax B en la variable turbiedad.



**Fuente:** Monteros, P.J.R. Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales. Ibarra-Universidad técnica del Norte- Ecuador, 2014-2015.

La interacción entre los factores en estudio, factor A (pH) y el factor B (tiempo de inversión) gráfico 3, destaca como los mejores valores óptimos significativos para la sacarosa invertida líquida A1 (pH2) y B4 (40 min de reflujo), el tiempo estimado de conservación no afectó el cambio de tonalidad de la muestra ni la suspensión de sólidos disueltos en la muestra, se mantienen constantes evitando el proceso de fermentación.

Según Tenelanda & Muyulema (2013), los valores de turbiedad sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y consecuentemente la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua.

### -Valor de densidad de la sacarosa invertida líquida.

La determinación de densidad de la sacarosa invertida líquida se obtuvo mediante la tabla de gravedades específicas e índice de refracción de soluciones de sacarosa a 20 ° C de (Kirk, Sawyer, & Egan, 2004), se estandarizo a

65 °Brix, con una densidad de 1,31866 g/ml. La densidad es proporcional a la cantidad de sólidos totales de la muestra de sacarosa invertida líquida, se consideran iguales cuando se habla de peso específico, densidad o gravedad específica se trata de lo mismo, es decir, la relación que existe entre el peso de un material o elemento por unidad de volumen.

**Tabla 2.** Tabla de gravedades específicas e índice de refracción de soluciones de sacarosa a 20 ° C (Kirk, Sawyer, & Egan, 2004),

Porcentaje de sacarosa m/m	Gravedad específica a 20/20 °C	Índice de refracción $n_{20/D}$
65	1,31866	1,45346

**Fuente:** Kirk, R. S., Sawyer, R., & Egan, H. (2004). *COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS DE PEARSON*. MÉXICO: COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL.

### -Cristalización

Monteros (2015), la presencia de cristales se midió a través de la Cámara de Neubauer obteniendo como resultados negativo, los cristales no pueden desarrollarse en la sacarosa invertida líquida. Para que los cristales se desarrollen necesitan la presencia de un sustrato de alta pureza de sacarosa bajo

condiciones adecuadas como son temperatura y pH. Durante la elaboración del producto existió una buena disolución, sin la presencia de cristales ni materia extraña.

Fórmula empleada a través de la Cámara de Neubauer:

$$\frac{x \text{ cristales} * \# \text{cuadros} * 1000 \text{mm}^3}{y \text{cuadros} \quad 0.1 \text{ml} \quad 1 \text{ml} \quad \text{ml}} = x \text{ millón de cristales}$$

$$\frac{0}{10} * \frac{400}{0.1 \text{mm}^3} * \frac{1000 \text{mm}^3}{\text{ml}} = 0 \text{ cristales /ml}$$

De acuerdo a Huerta (2011), la operación de cristalización consiste en separar un soluto de una solución mediante la formación de cristales de éste en el seno de la solución. Una vez formados los cristales se separan de la solución obteniéndose el soluto con un alto grado de pureza. Durante el proceso de cristalización los cristales deben formarse primero y luego crecer. El fenómeno de formación de pequeños cristales se le llama nucleación y a la formación capa por capa del cristal se le llama crecimiento.

### -Evaluación de vida útil para los cuatro mejores tratamientos.

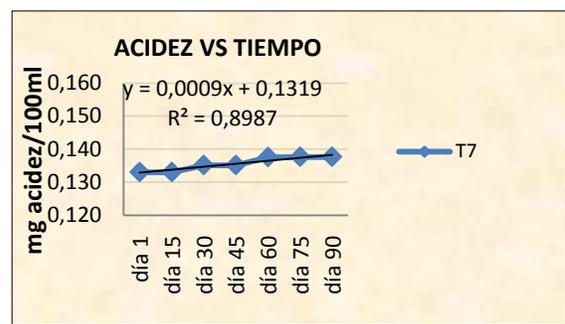
Además para un complemento de la investigación se procedió a realizar la vida útil del producto a los cuatro mejores

tratamientos en condiciones de refrigeración, ambiente y condiciones aceleradas. Monteros (2015) se realizaron análisis físicos (sólidos solubles, acidez, pH), análisis microbiológicos (recuento de mohos y levaduras) a cada tratamiento con la finalidad de conocer el tiempo de vida útil del producto. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de análisis físico, químico y microbiológico de la Universidad Técnica del Norte. La vida útil de la sacarosa invertida líquidas se evaluó mediante la ecuación de Arrhenius editada por (Damodaran, Parkin, & Fennema, 2010), donde la ecuación cinética de la vida útil son específicas para el producto estudiado y las condiciones ambientales empleadas. De los factores no composicionales que afecta a las reacciones, tales como la temperatura, humedad relativa, presión parcial de los gases de envasado, luz y tensiones mecánicas, el único normalmente incorporado al modelo de vida útil es la temperatura. Esta afecta intensamente a las velocidades de reacción y es el único factor entre los mencionados que nos afecta por el tipo de material de empaque del alimento. Cuya

ecuación aplicada para determinar la vida útil es:

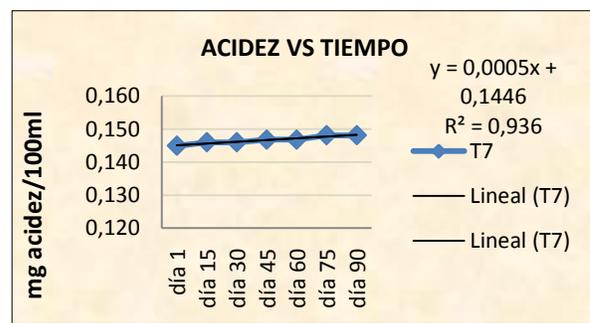
$$K = K_{A \text{ exp}} (E_A/RT)$$

**Gráfico 4. Ecuación lineal acidez vs tiempo condición ambiental 25°C.**



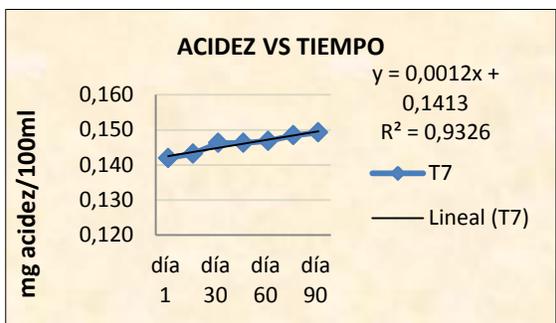
**Fuente:** Monteros, P.J.R. Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales. Ibarra-Universidad técnica del Norte- Ecuador, 2014-2015.

**Gráfico 5. Ecuación lineal acidez vs tiempo condición en refrigeración 2°C**



**Fuente:** Monteros, P.J.R. Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales. Ibarra-Universidad técnica del Norte- Ecuador, 2014-2015.

**Gráfico 6. Ecuación lineal vs tiempo condiciones aceleradas 38°C 65% humedad.**



**Fuente:** Monteros, P.J.R. Determinación de parámetros óptimos para la estabilidad de sacarosa invertida líquida con fines industriales. Ibarra-Universidad técnica del Norte- Ecuador, 2014-2015.

Se obtuvo la ecuación de la recta del mejor tratamiento acidez vs tiempo de las tres condiciones almacenadas, se trabaja con acidez por ser el análisis físico más relevante para determinar la vida útil. En el gráfico 4 se obtiene mediante la línea recta acidez vs tiempo la constante  $K = 0.0009$  y una temperatura de  $298^{\circ}\text{K}$ . A través de la ecuación lineal que muestra el gráfico 5, se obtiene la constante  $K = 0,0005$  y una temperatura de  $275^{\circ}\text{K}$ . En condiciones aceleradas en el gráfico 6 se obtiene una constante  $K = 0,0012$  y una temperatura de  $311^{\circ}\text{K}$ . Una vez obtenidos los valores de la constante de velocidad a diferentes temperaturas se obtiene la ecuación lineal en el gráfico  $\ln K$  vs  $1/T$ ,

con el que se determinó la  $-E_A/R$ . Aplicando la ecuación se obtiene como resultado 41 semana equivalente a 8 meses de vida útil de la sacarosa invertida líquida.

**-Comparación significativa de rendimientos de poder edulcorante frente a la sacarosa cristalizada.**

Monteros (2015) los rendimientos se basaron mediante prueba con panelistas midiendo su grado de dulzura en una tasa común, obteniendo los siguientes resultados que se detallan en este ejemplo:

Azúcar de cristal 22,3 g utilizados para endulzar su bebida (café).

Azúcar invertida líquido 17,5 g utilizado para endulzar su bebida (café).

Entonces:

$$d=m/v; v=m/d;$$

Sabiendo que la densidad de la sacarosa invertida líquida es de 1.3188 g/ml

$$v= 17,5\text{g} / 1.31866\text{g/ml} = \boxed{13,27\text{ml}}$$

$$Pa = \frac{d * v * \%}{100 \%}$$

Pa= Peso en gramos de soluto

D= Densidad g/ml

%= Concentración o tanto por ciento

V= Volumen en litros o ml.

$$Pa = \frac{d * v * \%}{100 \%}$$

$$Pa = \frac{1.31866\text{g/ml} * 13,27\text{ml} * 65\%}{100\%}$$

$$Pa = \boxed{11,37 \text{ g}}$$

Determinando así la rentabilidad de la sacarosa invertida líquida en comparación al azúcar de cristal con un ahorro de 10,930 g con un porcentaje de 49,01% en una bebida (café) endulzada con la sacarosa invertida líquida.

Badui (2006) las determinaciones de dulzura provienen de un grupo de jueces o catadores y, por tanto, son netamente subjetivas, los resultados de todo análisis sensorial están sujetos a errores propios de los individuos, e incluso a su estado anímico o al color del producto, capaz de modificar la capacidad de captar la intensidad de los sabores dulces; esta es la razón por la que existen discrepancias en los valores indicados en la literatura.

## CONCLUSIONES

Monteros (2015) una vez analizados los resultados de la presente investigación se concluye lo siguiente:

-Se confirma la hipótesis planteada, los parámetros óptimos como pH, tiempo de

inversión y condiciones de almacenamiento influyen en la estabilidad de la sacarosa invertida líquida, obteniendo como mejor resultado a; pH 2, 40 minutos de reflujo y almacenada en refrigeración.

-A los 40 minutos la sacarosa se hidroliza con facilidad en soluciones ácidas a medida que incrementa la temperatura con la liberación de monosacáridos es decir, que ha este tiempo se ha desdoblado completamente la sacarosa en partes iguales de fructosa y glucosa, obteniendo un azúcar invertido con un alto poder edulcorante.

-Al inicio y parte final de experimento la turbiedad de los tratamientos mantienen las mismas unidades nefelométricas, obteniendo como resultado 0,14 NTU valor óptimo para la estabilidad de la sacarosa invertida líquida, las condiciones de almacenamiento refrigeración, ambiente y bajo condiciones higiénicas del proceso permiten mantener la transparencia de la solución sin la presencia de partículas en suspensión, mientras menos turbia es, mejor es su calidad.

-La medida de pH tiene gran importancia en el producto alimenticio ya que es el

factor que determina la rigurosidad del proceso térmico (tiempo y tendencia del procesamiento) que debe aplicar, a menor pH existe menos inversión y mayor pH mayor inversión.

-Se ha comprobado que tanto la conservación en refrigeración y al ambiente la sacarosa invertida líquida se puede mantener estable sin la pérdida de peso por deterioro o presencia de materia extraña, conservando los parámetros como pH y tiempo de inversión.

-Se evidencia que existe estabilidad de la sacarosa invertida líquida, mediante el análisis respectivo de cristalización con la Cámara de Neubauer se determinó que no existe desarrollo de cristales de sacarosa.

-Al realizar el análisis organoléptico, con un grupo de panelistas, se determinó los mejores tratamientos para esta investigación son:

- T 7; pH 2, 40 minutos de inversión y almacenado en refrigeración
- T 5; pH 2, 20 minutos de inversión y almacenado en refrigeración
- T 8; pH 2, 40 minutos de inversión y almacenado al ambiente
- T 6; pH 2, 20 minutos de inversión y almacenado al ambiente.

-El rendimiento de poder edulcorante es mayor en la sacarosa invertida líquida al consumir menor cantidad de azúcar común utilizadas en la disolución.

-La vida útil de la sacarosa invertida líquida estable es de 8,22 meses.

## **RECOMENDACIONES**

-La sacarosa invertida líquida presenta un alto poder edulcorante en relación a la sacarosa cristalizada, este producto debe ser incorporado dentro de la línea de producción agroindustrial, una de las ventajas más importantes de la sacarosa invertida líquida es facilitar la disolución obteniendo una adecuada homogeneidad en el producto terminado y además ayuda a reducir tiempos de procesos.

-Para la elaboración de la sacarosa invertida líquida la materia prima no debe presentar materia insoluble (ceniza, bagacillo), y el agua debe tener una temperatura de 80 ° C para una buena disolución y una asepsia en el producto terminado.

-La esterilización del producto terminado dentro de un autoclave es de 15 PSI durante 10 minutos, evitar llevar a tiempos largos fuera de lo establecido

esto puede provocar cambios físico (pardeamiento) y organolépticos (olores extraños) de la sacarosa invertida líquida.

-Durante el tiempo de inversión determinado en el factor B en la hidrolización, no pasarse del tiempo señalado ya que puede ocasionar alteraciones en los resultados obteniendo datos no acordes para los análisis de azúcares reductores.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (Cuarta edición ed.). México.
- Chang, R., & College, W. (2002). *Química*. México: McGraw-Hill Companies.
- Cuellar, A. (2011). Cinética de la reacción de la sacarosa. *Dirección Nacional de Innovación Académica*.
- Damodaran, S., Parkin, k., & Fennema, O. (2010). *QUIMICA DE LOS ALIMENTOS*. ACRIBIA, S.A.
- Huerta, S. (2011). *Planta Piloto de Fermentaciones- Departamento de Biotecnología*. Iztapalata-Mexico.
- Jaramillo, R., Tobio, W., & Escamilla, J. (2012). Efecto de la sacarosa en la producción de celulosa por *Gluconace tobacter xylinus* en cultivo estático. *Revista MZV Córdoba*, 9.
- Kirk, R. S., Sawyer, R., & Egan, H. (2004). *COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS DE PEARSON*. MÉXICO: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL.
- Tenelanda, F., & Muyulema, J. (2013). *“OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE FLOCULACIÓN Y CALIDAD, MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DEL SISTEMA DE CUENCA*. Cuenca.
- Zumbado, H. (2004). *Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clásicos*. La Habana.

