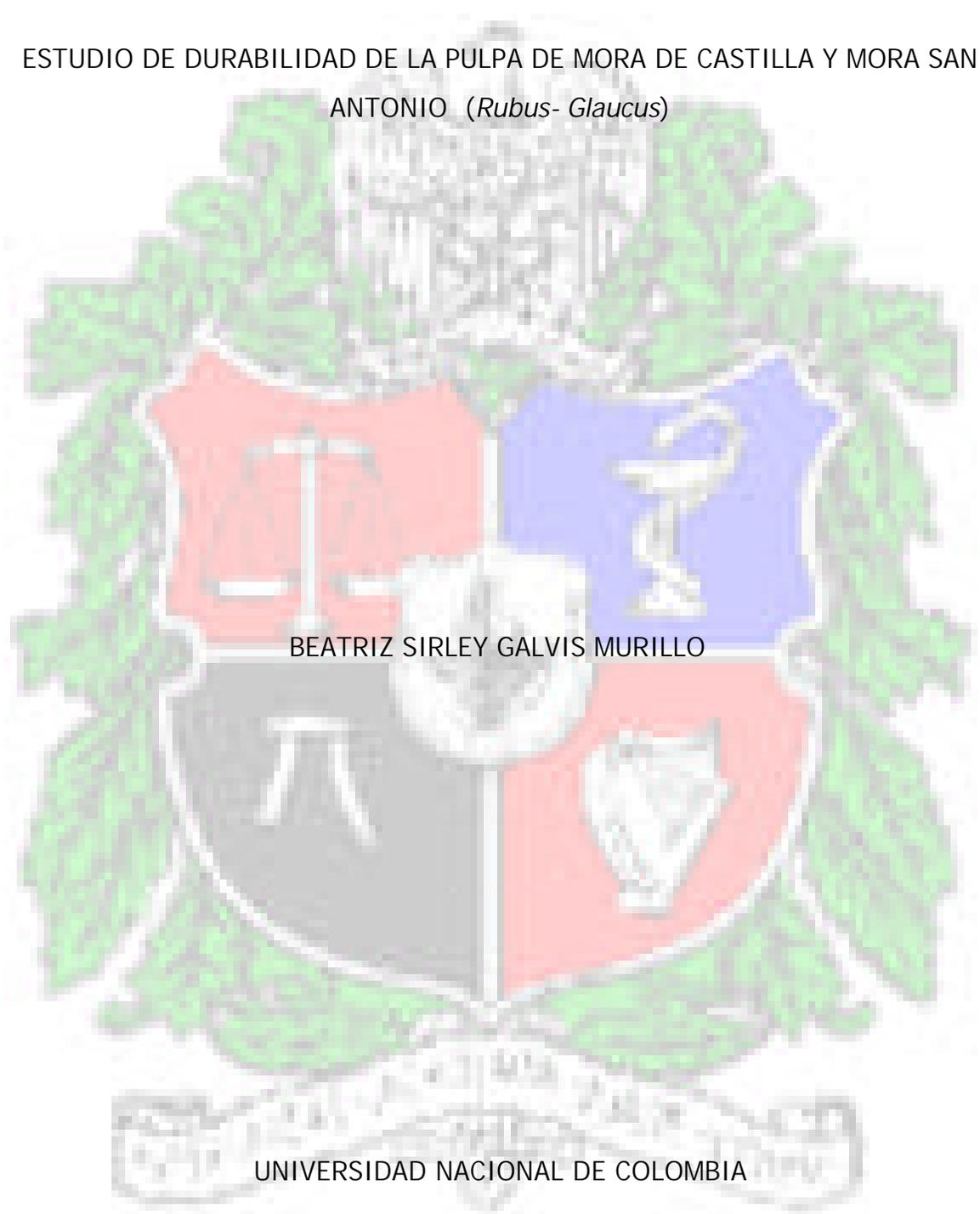


ESTUDIO DE DURABILIDAD DE LA PULPA DE MORA DE CASTILLA Y MORA SAN  
ANTONIO (*Rubus- Glaucus*)



BEATRIZ SIRLEY GALVIS MURILLO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MANIZALES FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

INGENIERÍA QUÍMICA

2003

ESTUDIO DE DURABILIDAD DE LA PULPA DE MORA DE CASTILLA Y MORA SAN  
ANTONIO (*Rubus-Glaucus*)

BEATRIZ SIRLEY GALVIS MURILLO

Código 397019

LINEA DE PROFUNDIZACIÓN EN ALIMENTOS

INFORME FINAL

DIRECTOR(A): GLORIA INÉS GIRALDO

Especialista en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MANIZALES FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

INGENIERÍA QUÍMICA

2003

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	13
Objetivos generales	13
Objetivos específicos	13
1. JUSTIFICACIÓN	14
2. ANTECEDENTES	15
2.1. GENERALIDADES DE LA MORA	15
2.1.1. Origen	15
2.1.2. Taxonomía	16
2.1.3. Descripción botánica	16
2.1.4. Ecología	17
2.1.5. Variedades	18
2.1.6. Composición físico-química de la mora	19
2.1.7. Aspectos de Fisiología Post-cosecha	20
2.2. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN	21
2.2.1. Refrigeración	21
2.2.2. Congelación	22
2.2.3. Tratamiento térmico (Pasterización)	23
2.3. CAMBIOS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL ALMACENAMIENTO	24
2.3.1. Fermentación	25
2.3.2. Vitamina C (Acido ascórbico)	25
2.3.3. Acidez	26

	<b>Página</b>
2.4. MÉTODOS DE PROCEDIMIENTO Y PREDICCIÓN DE LA VIDA MEDIA PARA ALIMENTOS REFRIGERADOS Y CONGELADOS	26
2.4.1. Modelando las características de deterioro	26
2.4.2. Dependencia de la temperatura en la velocidad de deterioro de alimentos Congelados	28
3. MATERIALES Y METODOS	30
3.1. LOCALIZACIÓN	30
3.2. MATERIALES	30
3.2.1. Materia Prima	30
3.2.2. Equipos	31
3.2.3. Descripción del proceso	31
3.2.3.1. Recolección	31
3.2.3.2. Selección – Clasificación	32
3.2.3.3. Lavado – Desinfectado	32
3.2.3.4. Despulpado – Refinado	32
3.2.3.5. Tratamiento térmico	32
3.2.3.6. Envasado	32
3.2.3.7. Cierre	32
3.2.3.8. Almacenamiento	33
3.2.4. Análisis físico-químico	33
3.3. METODOS DE ANÁLISIS	34
3.3.1. Contenido de etanol	34
3.3.2. °Brix	35
3.3.3. Acidez	35
3.3.4. Vitamina C	35
3.3.5. pH	35
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	36

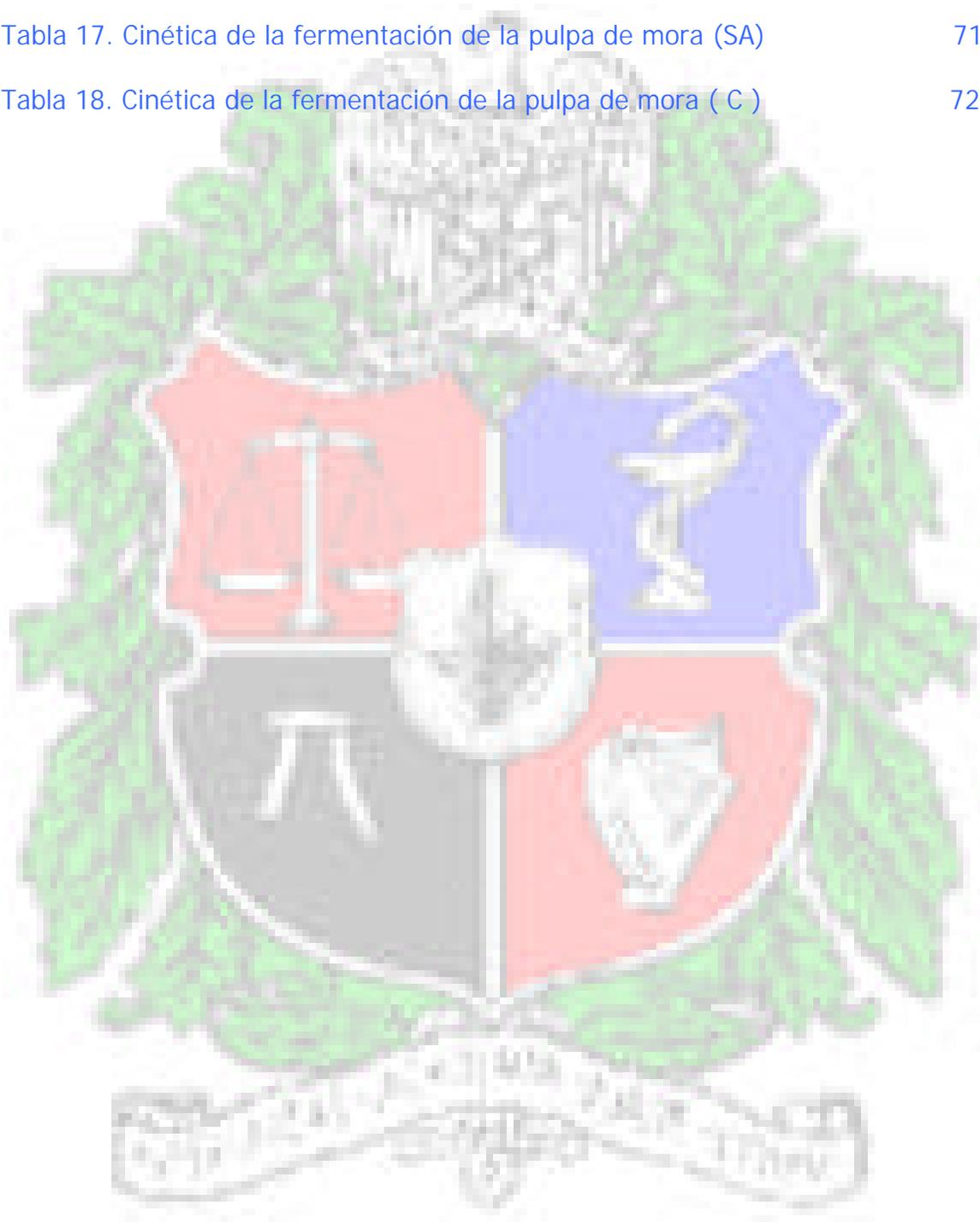
	<b>Página</b>
3.4.1. Estudio de durabilidad de la pulpa de mora	37
4. RESULTADOS	38
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MORA	38
4.2. COMPORTAMIENTO FÍSICO - QUÍMICO DE LA PULPA DE MORA DURANTE EL ALMACENAMIENTO	38
4.2.1. pH	38
4.2.2. Acidez	40
4.2.3. °Brix	42
4.2.4. Vitamina C (mg/100g)	43
4.2.5. Etanol	45
4.3. CINÉTICAS DE LA DEGRADACIÓN DE LA VITAMINA C Y LA FERMENTACIÓN DE LA PULPA DE MORA	48
4.3.1. Cinética de la degradación de la Vitamina C	49
4.3.2. Cinética de la fermentación de la pulpa de mora	50
4.4. DETERMINACIÓN DE LA VIDA MEDIA DE LAS PULPAS DE MORA	53
5. CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	63

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Composición general de la mora de castilla en 100 gramos de pulpa	20
Tabla 2. Tabla de color de la mora de castilla	35
Tabla 3. Características de la materia prima	38
Tabla 4. Cinética de la degradación de la vitamina C ( C )	49
Tabla 5. Cinética de la degradación de la vitamina C de la pulpa de mora	50
Tabla 6. Cinética de la fermentación (CT)	51
Tabla 7. Cinética de la fermentación de la pulpa de mora	52
Tabla 8. Valores de Vida media $\theta$ a diferentes condiciones de Almacenamiento	54
Tabla 9. Valores de $Q_{10}$	54
Tabla 10. Datos de temperaturas de almacenamiento	64
Tabla 11. Anova de un factor. Descriptivo	65
Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas	66
Tabla 13. Cinética de la vitamina C (SAT)	67
Tabla 14. Cinética de la degradación de la vitamina C (SA)	68
Tabla 15. Cinética de la degradación de la vitamina C (CT)	69
Tabla 16. Cinética de la fermentación de la pulpa de mora (SAT)	70

Tabla 17. Cinética de la fermentación de la pulpa de mora (SA) 71

Tabla 18. Cinética de la fermentación de la pulpa de mora ( C ) 72



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Mora de Castilla	30
Figura 2. San Antonio	31
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso	34
Figura 4. Comportamiento del pH durante el almacenamiento a 4°C	39
Figura 5. Comportamiento del pH durante el almacenamiento a -7°C	39
Figura 6. Comportamiento del pH durante el almacenamiento a -15°C	39
Figura 7. Comportamiento de la acidez (%Ac. Málico) durante el almacenamiento a 4°C	40
Figura 8. Comportamiento de la acidez (%Ac. Málico) durante el almacenamiento a -7°C	41
Figura 9. Comportamiento de la acidez (%Ac. Málico) durante el almacenamiento a -15°C	41
Figura 10. Comportamiento de °Brix durante el almacenamiento a 4°C	42
Figura 11. Comportamiento de °Brix durante el almacenamiento a -7°C	42
Figura 12. Comportamiento de °Brix durante el almacenamiento a -15°C	43
Figura 13. Comportamiento de la vitamina C durante el almacenamiento a 4°C	44
Figura 14. Comportamiento de la vitamina C durante el almacenamiento a -7°C	44
Figura 15. Comportamiento de la vitamina C durante el almacenamiento a -15°C	45

Figura 16. Comportamiento en la formación de etanol (SAT) durante el Almacenamiento	46
Figura 17. Comportamiento en la formación de etanol (SA) durante el Almacenamiento	46
Figura 18. Comportamiento en la formación de etanol (CT) durante el Almacenamiento	46
Figura 19. Comportamiento en la formación de etanol (C) durante el Almacenamiento	47
Figura 20. Efecto de la temperatura en la degradación de la vitamina C la Mora de Castilla sin tratamiento térmico (C)	48
Figura 21. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para el etanol CT	51
Figura 22. Efecto de la temperatura en la degradación de la vitamina C para San Antonio con tratamiento térmico ( SAT)	73
Figura 23. Efecto de la temperatura en la degradación de la vitamina C para San Antonio sin tratamiento térmico ( SA)	73
Figura 24. Efecto de la temperatura en la degradación de la vitamina C Para la Mora de Castilla sin tratamiento térmico (C)	74
Figura 25. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para el Etanol SAT	75
Figura 26. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para el Etanol SA	75
Figura 27. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para el Etanol C	76

## ANEXOS

	Página
ANEXO A. TABLA DE RESULTADOS. TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO	64
ANEXO B. TABLAS DE RESULTADOS. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	65
ANEXO C. TABLA DE RESULTADOS. CINÉTICAS DE LA VITAMINA C	67
ANEXO D. TABLAS DE RESULTADOS. CINÉTICAS DE LA FERMENTACIÓN DE LA PULPA DE MORA	70
ANEXO E. FIGURAS DE LAS CINÉTICAS DE LA DEGRADACIÓN DE LA VITAMINA C.	73
ANEXO F. FIGURAS DE LAS CINÉTICAS DE LA FERMENTACIÓN DE LA PULPA DE MORA	75
ANEXO G. CROMATOGRAFÍAS	77



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
COLOMBIA  
SEDE MANIZALES**

**BIBLIOTECA ALFONSO CALVAJAL ESCOBAR**

### Resumen de Trabajo de Grado

CARRERA		INGENIERÍA INDUSTRIAL	
1 <sup>er</sup> Apellido: GALVIS	2 <sup>do</sup> Apellido: MURILLO	Nombre: BEATRIZ SIRLEY	
<b>TITULO DEL TRABAJO:</b> Estudio de durabilidad de la pulpa de mora de Castilla y mora San Antonio ( <i>rubus-glaucus</i> )			
<b>NOMBRE DEL DIRECTOR DEL TRABAJO:</b> GLORIA INÉS GIRALDO			
<b>RESUMEN DEL CONTENIDO</b>			
<p>Teniendo presente que en nuestro país se produce anualmente sesenta mil toneladas de mora<sup>(1)</sup>, y debido a su alto grado de perecebilidad algunas empresas ya han empezado a transformar esta fruta en pulpa para llevarla al consumidor aprovechando sus vitaminas y minerales.</p> <p>En este trabajo se estudió la durabilidad de la pulpa de mora de dos variedades (Mora de Castilla y San Antonio), a través de la cinética de la fermentación durante operaciones de almacenamiento (refrigeración, congelación), realizando sus respectivos análisis de laboratorio (pH, acidez, °Brix, vitamina C, contenido de etanol), determinando parámetros cinéticos de la fermentación de la pulpa de mora a través de la producción de etanol y de este modo evaluando su durabilidad.</p> <p>Conociendo los parámetros estándares de calidad exigidos por las NTC 4106<sup>(2)</sup>, Zumos (jugos) y productos afines<sup>(3)</sup> para la pulpa de frutas, dando como resultado una cinética de primer orden en la fermentación de la pulpa de mora siendo la variedad de San Antonio, es la que conserva propiedades físico-químicas respecto a las condiciones de almacenamiento.</p>			
<b>SUMMARY</b>			
<p><b>Having present that in our country is produced annually sixty thousand tons of blackberry and due to their high degree of little durability some businesses already have begun to transform this fruit in pulp carrying it at the consumer taking advantage of their vitamins and mineral.</b></p> <p>In this work the durability was studied of the pulp of blackberry of two varieties (Castille blacberry and San Antonio blacberry), through the kinetic of the fermentation during operations of storage (cooling, freezing), carrying out its respective analysis of laboratory (pH, acidity, °Brix, vitamin C, content of ethanol), determining kinetics parameters of the fermentation of the pulp of blackberry through the production of ethanol and in this way evaluating its durability.</p> <p>Knowing the standard parameters of quality required by the NTC 4106, juices and related products for the pulps of fruits, giving as a result a kinetic of first order in the fermentation of the pulp of blackberry being the variety of San Antonio the most resistant one with respect to the conditions of storage.</p>			
<b>PALABRAS CLAVES: Pulpa de mora</b>			

## INTRODUCCIÓN

La Mora es una de las principales frutas que se producen en nuestro país, teniendo una gran acogida a nivel internacional caracterizándose por su buen sabor, además de diversas vitaminas y minerales, pero debido a diferentes factores como condiciones ambientales (humedad, temperatura, etc), manipulación, etc; se facilita el crecimiento microbiano ocasionando la perecibilidad de la fruta.

La alta perecibilidad de la variedad Castilla se debe en gran parte a que posee un gran contenido de agua, lo que la hace muy succulenta y frágil al manejo en el periodo de postcosecha.

Además, por el carácter tan perecedero de esta fruta se recomienda que su manipulación sea mínima y que el proceso de comercialización se inicie inmediatamente después de la cosecha. <sup>(4)</sup>

Una de las aplicaciones de la Industria Química enfocada hacia los alimentos es el de poder asegurar su conservación y disponibilidad por largos periodos de tiempo, para ello se requieren evaluar los productos durante el almacenamiento; en el caso específico de la pulpa de Mora congelada.

La mora es una fruta que se fermenta fácilmente, por lo cual se puede utilizar el estudio de la cinética de producción de alcohol como parámetro para determinar las condiciones óptimas (temperatura, tiempo de almacenamiento, etc.) que prolonguen la vida del producto, sin haber estudios al respecto.

Para el desarrollo del presente trabajo se establecieron los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

- Determinar la vida media de las pulpas de la Mora de Castilla y San Antonio mediante el estudio de sus cinéticas de fermentación.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la influencia de las temperaturas de almacenamiento (4°C, -7°C y -15°C) en la cinéticas de la fermentación de las pulpas de Mora.
- Estudiar la cinéticas de la fermentación de la pulpas de Mora, a través de la producción de etanol.
- Evaluar la influencia de los tratamientos térmicos en la degradación de la vitamina C.
- Analizar los cambios físico-químicos (pH, °Brix, acidez, vitamina C) durante el almacenamiento.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Cada día los procesos químicos presentan grandes alternativas en la transformación de alimentos para su conservación.

Colombia produce sesenta mil toneladas por año de Mora de muy buena calidad en los diversos departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Valle del Cauca, Caldas, Santander, Antioquia, Tolima, Cauca, Santander, Quindío y Risaralda <sup>(1)</sup>, obteniéndose de esta diferentes productos tales como pulpa, néctar, mermeladas, entre otros.

La pulpa de Mora es un producto de gran acogida tanto a nivel nacional como internacional. Al procesar la fruta de mora en pulpa, se trata de conservar sus propiedades físico-químicas. Se hace necesario realizar un estudio sobre las cinéticas de la fermentación de la pulpas de Mora (Mora de Castilla y San Antonio), a diferentes temperaturas (refrigeración, congelación), con y sin tratamiento térmico, teniendo en cuenta el contenido de etanol presente durante su almacenamiento.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. GENERALIDADES DE LA MORA

La mora de castilla *Rubus glaucus* es la variedad más cultivada en el país, de mayor consumo interno y demanda en el mercado externo.<sup>(5)</sup>

La mora es una planta de fructificación continua, las épocas de cosecha están determinadas por el régimen de lluvias de las diferentes zonas productoras en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Valle del Cauca, Caldas, Santander, Antioquia, Tolima, Cauca, Santander, Quindío y Risaralda.<sup>(1)</sup>

**2.1.1. Origen.** El nombre de mora de Castilla se originó en la época de la colonia, donde las familias nobles que se daban el lujo de consumir frutas, entre ellas la mora, creían que procedían de Castilla España, fue descubierta por Hartw y descrita por Benth, llamada *rubus*, en latín rojo, *glaucus*, que latín significa blanquecina <sup>(6)</sup>. Es originaria de las zonas altas tropicales de América principalmente en Colombia, Ecuador, Panamá, Guatemala, Honduras, México y Salvador. El genero *Rubus* es uno de los de mayor número de especies en el reino vegetal. Se encuentra diseminadas en casi todo el mundo excepto en las zonas desérticas. Las especies más conocidas son *Rubus idaeus* (frambuesa), *Rubus*

*occidentalis* (mora cultivada) y *Rubus folius* (zarzamora), las cuales se cultivan en la zona templada.<sup>(7)</sup>

### 2.1.2. Taxonomía

**Reino:** Vegetal;  
**Clase:** *Angiospermae*;  
**Subclase:** *Dicotyledoneae*;  
**Orden:** *Rosae*;  
**Familia:** *Rosaceae*;  
**Género:** *Rubus*. Cuenta con gran cantidad de especies entre las que se destaca *Rubus Glaucus*<sup>(7)</sup>

**2.1.3. Descripción botánica.** Es una planta de vegetación perenne, de porte arbustivo semierecto, conformada por varios tallos espinosos que pueden crecer hasta tres metros. Las hojas tienen tres folíolos, ovoides de 4 a 5 centímetros de largo con espinas ganchudas. Los tallos son espinosos con un diámetro entre 1 a 2 centímetros y de 3 a 4 metros de longitud. Tanto los tallos como las hojas están cubiertas por un polvo blanquecino.<sup>(7)</sup>

De la estructura de las moras se puede decir que las drupas se desarrollan totalmente a partir de un ovario y el grupo de morulas hace posible que se forme a partir de la misma flor un fruto de mora mediante maduración de 0 a 100 ovarios conjuntamente, que se adhieren a un receptáculo común en un sentido, cada morula es un fruto completo por si mismo.<sup>(8)</sup>

El peso del fruto va de 3.0 a 5.0 gramos, es de consistencia dura y sabor agrídulce, pulpa de color rojiza; cuando posee estas características es porque ha

llegado a su madurez siendo altamente perecedera , por lo que debe de hacerse la cosecha para evitar su deterioro. <sup>(9)</sup>

Para tomar la decisión de cuando iniciar la recolección de la fruta, el productor debe establecer el momento óptimo de cosecha según los requerimientos del mercado. Para decidir cuando recolectar la mora se deben conocer los siguientes indicadores de madurez:

- El color externo del fruto debe ser el clasificado como 4 (color rojo intenso), 5 (color rojo intenso con algunas drupas moradas) ó 6 (color morado oscuro) de acuerdo a la tabla de colores de la norma técnica colombiana NTC 4106. <sup>(2)</sup>
- El sabor y aroma característicos.
- Que se desprenda fácilmente de la planta.
- El tiempo transcurrido desde la floración que varía entre 45 y 65 días, según el sitio de siembra.
- Otro indicador para la recolección está basado en las exigencias del mercado o del comprador. <sup>(10)</sup>

**2.1.4. Ecología.** La Mora se encuentra entre los 1200 y 3200 metros sobre el nivel del mar, variando las temperaturas entre los 12°C y 18°C. Es importante comercialmente, y posiblemente se derive de plantas silvestres. El cultivo puede soportar heladas moderadas, ubicados entre los 2000 y 2300 metros sobre el nivel del mar presentan mejor productividad y menores problemas fitosanitarios. <sup>(10)</sup>

**2.1.5. Variedades.** La variedad conocida como mora de Castilla *Rubus Glaucus*, es la que más se cultiva en el país y que presenta mayor consumo interno y externo. Los frutos son de forma larga y cónica, con un color morado brillante. Se le conoce también como Mora andina o Zarzamora <sup>(5)</sup>. A continuación se presentan otras variedades conocidas en el país:

- ❖ *Rubus Bogotensis* HBk: Se encuentra sembrada en Antioquia, Valle, Santander y Cundinamarca, dentro de los rangos de altitud de 1700 a 3200 msnm. Los frutos son racimos muy apretados y con poco jugo.
- ❖ *Rubus giganteus* o Macrocarp Benth: Esta variedad se encuentra principalmente en el departamento de Cundinamarca sembrada en altitudes entre los 2600 a 3400 m.S.N.M. Se caracteriza porque el receptáculo interno del fruto es hueco y los frutos son grandes con aproximadamente 7 cm de largo.
- ❖ *Rubus Glaucus*: Se encuentra distribuida en el país desde el Putumayo hasta el Magdalena, sembrada entre los 2000-3200 m.S.N.M. Los frutos son grandes. Como ya se mencionó es la variedad más comercial.
- ❖ *Megalococcus*: Esta variedad se encuentra principalmente en Cundinamarca sembrada entre los 2300 y los 2700 m.S.N.M. Es una planta rústica cuyos frutos se caracterizan por ser pequeños.
- ❖ *Rubus nubigenus*: Esta tipo de mora se encuentra sembrada principalmente en los departamentos de Caldas, Cundinamarca y Cauca a alturas comprendidas entre los 2600 y 3100 m.S.N.M. Se caracteriza por frutos grandes. <sup>(7)</sup>

**2.1.6. Composición físico-química de la mora.** El sabor está determinado por el contenido de azúcares, ácidos y volátiles, los cuales varían de acuerdo con la variedad y las condiciones de crecimiento. El sabor no se percibe como una gran variedad de características por separado, sino más bien como una impresión general. Por lo tanto, esto no está fuertemente relacionado con ninguno de estos factores. El porcentaje de azúcares juega un papel importante en la determinación del sabor. <sup>(8)</sup>

Los principales ácidos son ácido málico y ácido isocítrico. Los ácidos tienen una gran capacidad de nivelación, que mantienen estable el pH cerca de 3. <sup>(11)</sup>

El contenido de minerales que poseen las moras es poco, con una predominancia de Potasio y Calcio y tienen bajos contenidos de proteínas y polipéptidos, además de pocos aminoácidos.

Generalmente la mora es fuente de pocas vitaminas, pero suministran gran cantidad de ácido ascórbico, vitamina E y buena cantidad de fibra. <sup>(8)</sup>

Las pectinas son un constituyente importante en la fracción soluble y forman un cemento intercelular que contribuyen a la firmeza de la textura del fruto, pero estas disminuyen con la maduración debido a la hidrólisis. <sup>(8)</sup>

La tabla 1 presenta la composición general de la mora de castilla según varios

autores:

**Tabla 1. Composición general de la mora de castilla en 100 gramos de pulpa**

CARACTERÍSTICAS O CONSTITUYENTE	ICBF	WINTON	HOLME
Humedad %	93.3	--	--
Cenizas %	0.4	0.5	0.5
Fibra bruta %	0	--	--
Proteína bruta %	0.6	0.92	0.56
Vitamina C, mg	15	--	--
Fe, mg	1.2	0.1	0.85
Ca, mg	18	89 (CaO)	63.3
P, mg	14	59 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	23.8
Grasa	0.1	--	--
Sacarosa	--	0.16	--
Az. Tot. Az. Inv.	5.6	--	5.0
Red. Az. Inv	--	6.46	--
°BRIX	--	--	9.9
Acidez g ácido cítrico	--	1.41	1.1
pH	--	--	3.0

FUENTE: ACERO, G.; APARICIO, A., L. F. 1989 <sup>(6)</sup>

**2.1.7. Aspectos de Fisiología Post-cosecha.** Los productos vegetales después de cosechados siguen comportándose como seres vivos y están sujetos a continuos cambios, algunos deseables para el consumidor, otros por el contrario son indeseables. Estos cambios no pueden ser impedidos pero son susceptibles de ser controlados y disminuida su velocidad dentro de ciertos límites.

La transpiración, actividad respiratoria, cambios en la cantidad de almidón, azúcares, ácidos y pigmentos entre otros son manifestaciones de la actividad fisiológica de una fruta. Es importante conocer dicha actividad para poder predecir el comportamiento de los frutos y buscar las formas más adecuadas de manejarlos y almacenarlos. <sup>(5)</sup>

## 2.2. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

La conservación de los alimentos puede realizarse por procedimientos químicos (modificando la composición de los productos) o físicos (por la acción de determinados factores externos).<sup>(12)</sup>

La mora es una fruta altamente perecible, por su alto contenido de humedad y fragilidad, que hacen difícil mantenerla por un tiempo prolongado en estado fresco o refrigerado, es por eso que se han desarrollado investigaciones para obtener productos de mayor valor agregado como: pulpa, néctar, mermelada.<sup>(13)</sup>

Con los actuales métodos de conservación de alimentos se puede influir adecuadamente sobre la actividad enzimática y el curso de los procesos físico-químicos que alteran los productos, al limitar o anular por completo la actividad de los microorganismos.<sup>(13)</sup>

Entre los procedimientos conservadores desempeñan un papel importante los métodos basados en la acción de bajas temperaturas, es decir, en depósito refrigerado y la conservación por congelación.<sup>(12)</sup>

**2.2.1. Refrigeración.** Típicamente las temperaturas de refrigeración están comprendidas entre el punto de congelación del alimento ( $-1^{\circ}\text{C}$ ) y unos  $10^{\circ}\text{C}$ .

Mediante el descenso de la temperatura se aumenta la vida útil del producto fresco o procesado por la disminución de la proliferación de microorganismos, las actividades metabólicas de tejidos animales y vegetales, y reacciones químicas o bioquímicas de deterioro.

La durabilidad de un alimento refrigerado no solo depende de la temperatura de almacenamiento. En los productos elaborados, además del tipo de producto que se trate, juega importante papel su historia de procesamiento que define el grado de destrucción enzimática y microbiana que se alcance, higiene y tipo de empaque. <sup>(14)</sup>

**2.2.2. Congelación.** La congelación es el proceso de conservación originado por la reducción de la temperatura por debajo de aquella en la que se comienza a formar cristales en un material alimenticio. Su poder conservador se debe casi a la total eliminación del agua líquida por transformación en hielo (reducción de la actividad del agua), obstaculizando la actividad microbológica y enzimática y a la reducción de la actividad biológica por el descenso de la temperatura que generalmente se lleva hasta un valor entre  $-10$  y  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Cuando la congelación y el almacenamiento se realizan adecuadamente, las características organolépticas del alimento y su valor nutritivo se afectan de manera reducida con el paso del tiempo <sup>(15)</sup>; tal es el caso en frutas congeladas con el descenso en el contenido de ácido ascórbico. <sup>(16)</sup>

La temperatura de congelación es una variable importante en la determinación de la vida media. Un excesivo congelamiento puede dañar el producto. Un incremento en el volumen alrededor del 10% es asociado con el congelamiento de la mayoría de los alimentos. <sup>(17)</sup>

Las moras son muy apetecidas, tanto en estado fresco, como en sus variadas formas procesadas, en particular congeladas. Es importante señalar que la técnica del congelado ha tomado auge en el mundo, pues los consumidores demandan en forma creciente productos al estado natural, y este sistema permite conservar la fruta <sup>(18)</sup>, aunque durante esta etapa de congelación hay pérdida de sabor, vitaminas, desnaturalización de proteínas.

La pérdida de cualidades en alimentos congelados es un proceso gradual, los cambios son lentos o muy lentos, acumulativos e irreversibles. La mayoría de los productos congelados tienen una vida media de meses o años. <sup>(17)</sup>

**2.2.3. Tratamiento térmico (Pasteurización).** La pasteurización corresponde a un tratamiento térmico menos drástico que la esterilización, pero suficiente para inactivar los microorganismos productores de enfermedades, presentes en los alimentos. La pasteurización inactiva la mayor parte de las formas vegetativas de los microorganismos, pero no sus formas esporuladas, por lo que constituye un proceso adecuado para la conservación por corto tiempo. Además, la pasteurización ayuda en la inactivación de las enzimas que pueden causar

deterioro en los alimentos. Al igual que en el caso de la esterilización la pasteurización debe realizarse con una adecuada combinación entre el tiempo y la temperatura. La elaboración de jugos y pulpas permite extender la vida útil de las frutas y algunas hortalizas y ello es posible gracias a la acción de la pasteurización que permite la disminución considerable de los microorganismos fermentativos que contribuirán a acidificar el jugo a expensas de los azúcares presentes en él.

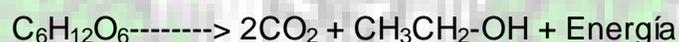
La pasteurización de los jugos, clarificados o pulposos, permite la estabilización de los mismos y por ende su conservación, mediante la combinación con otros métodos de conservación como la refrigeración y la congelación, todo lo cual contribuirá a mantener la calidad y la duración del producto. <sup>(19)</sup>

### **2.3. CAMBIOS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL ALMACENAMIENTO**

La durabilidad de un producto refrigerado y/o congelado no sólo depende de la temperatura de almacenamiento; la vida de anaquel en productos frescos es afectada por la variedad de la pulpa de mora, las condiciones del producto al momento de la cosecha (daño mecánico, contaminación microbiana y grado de madurez por ejemplo). <sup>(15)</sup>

Los principales cambios de calidad que ocurren durante la refrigeración y congelación, los cuales determinan la vida media, son la pérdida de vitaminas, desnaturalización de proteínas, cristalización y reacciones químicas tales como la fermentación, etc. <sup>(17)</sup>

**2.3.1. Fermentación.** El paso de la glucosa a alcohol es una transformación enzimática y termina en la producción de etanol y CO<sub>2</sub>. La fermentación es una reacción exotérmica, cuya cinética (dependiente de la temperatura, del contenido de azúcar y alcohol) regula el calor desprendido y la velocidad de reacción con que se produce.<sup>(19)</sup>



La mora tiene gran porcentaje de humedad y azúcares reductores (ver tabla 1) en glucosa la fructosa, originando una serie de reacciones enzimáticas, cuya velocidad de reacción es directamente proporcional a la temperatura.<sup>(9)</sup>

Teniendo en cuenta de que no se encontró norma para la pulpa de Mora se tomará como referencia la norma del codex alimentarius para algunos frutos cítricos conservados por medios físicos exclusivamente, es decir el contenido de etanol no deberá excederse de 3 g/Kg.<sup>(3)</sup>

**2.3.2. Vitamina C (ácido ascórbico).** La vitamina C o ácido ascórbico, tanto en su forma reducida como oxidada, (ácido dehidroascórbico) es el agente reductor más poderoso que existe en los tejidos vivos.<sup>(21)</sup>

Un inhibidor de la reacción de pardeamiento en los jugos de fruta no procesados, es el ácido ascórbico, su efecto puede destruirse en el jugo inmediatamente pasteurizado<sup>(22)</sup>. La mora lo contiene y se analiza su conservación durante su proceso de almacenamiento.

**2.3.3. Acidez.** El mejor método para determinar la cantidad de ácido presente en la pulpa de mora es la acidez titulable. A medida que se procede con el desarrollo de la fruta, esta cantidad se incrementa por la concentración de los ácidos en primera instancia, y luego decrece mientras comienza la maduración.

La acidez es menor a altas temperaturas y la mejor medida que determina el grado de madurez del fruto es la relación acidez-madurez. <sup>(11)</sup>

## **2.4. MÉTODOS DE PROCEDIMIENTO Y PREDICCIÓN DE LA VIDA MEDIA PARA ALIMENTOS REFRIGERADOS Y CONGELADOS**

La vida media de un alimento puede definirse como el período de tiempo en que es seguro consumirlo y/o tiene una calidad aceptable al consumir. <sup>(23)</sup>

**2.4.1. Modelamiento de las características de deterioro.** La determinación de la vida media consiste básicamente en la selección de los parámetros de calidad, que se deterioran rápidamente con el tiempo con sus respectivos modelos matemáticos. <sup>(23)</sup>

**Ecuación básica.** La velocidad y el grado de degradación depende en ambos de la composición y las condiciones ambientales durante el almacenamiento y distribución. En general, la pérdida de calidad de los alimentos o la vida media es evaluada por la medición de una cualidad característica indicada por, "A". El

cambio de la cualidad A con el tiempo ( $dA/dt$ ) puede comúnmente representarse por la siguiente ecuación cinética :

$$-dA/dt = k A^n \quad (1)$$

donde, k es llamada la *constante de velocidad* dependiente de la temperatura, producto y características del empaque; n es un factor de poder llamado el *orden de la reacción*; que define, si la velocidad de cambio es dependiente de la cantidad presente de A. Si los factores del medio ambiente son constantes, n también determina la curva de deterioro. <sup>(23)</sup>

### **Cinética de cero y primer orden**

$$f(A) = k t \quad (2)$$

Donde f(A) es la función de calidad. La forma de f(A) depende del valor de n. Cuando n es igual a cero esta es llamada cinética de orden cero, lo cual implica que el valor de pérdida de calidad es constante bajo condiciones constantes del medio ambiente. Si n es igual a uno, se llama reacción cinética de primer orden, lo cual da como resultados un decremento exponencial en la velocidad así como una disminución en la calidad, llegando a ser una línea recta dibujada en papel semilog. Estas funciones de calidad pueden expresarse como se indica a continuación:

$$f(A) = A_0 - A = k_z t \quad (\text{orden cero}) \quad (3)$$

$$f(A) = \ln A_0 - \ln A = K_f t \quad (\text{primer orden}) \quad (4)$$

Donde  $A_0$  es el valor inicial. Si  $A_e$  corresponde al valor final de la vida media, la vida media ( $\theta$ ) del alimento es inversamente proporcional a la constante de velocidad.

$$\theta = (A_0 - A_e)/k_z \quad (5)$$

$$\theta = \ln(A_0/A_e)/k_f \quad (6)$$

Se debe anotar que la mayoría de las reacciones químicas conducen a la pérdida de la calidad en sistemas de alimentos congelados. <sup>(23)</sup>

#### 2.4.2. Dependencia de la temperatura en la velocidad de deterioro de alimentos congelados.

**Cinética de Arrhenius.** El modelo de Arrhenius es el más aceptado respecto al efecto de la temperatura, incorporando la constante de velocidad en una ecuación exponencial de la forma:

$$k = k_0 e^{-E_A/RT} \quad (7)$$

donde  $k_0$  = factor pre-exponencial,  $E_A$  = energía de activación en cal/mol,  $R$  = constante de los gases = 1.987 cal/°K mole, y  $T$  = temperatura absoluta en °K. El valor de  $E_A$  es una medida de variación de la temperatura de reacción.

El valor de  $E_A$  es muy específico para cada sistema y puede variar con la actividad de agua. Básicamente, este modelo sugiere que si una molécula tiene una energía total  $E \geq E_A$ , entonces tiene un potencialidad para reaccionar, el cual es controlado por el valor de  $k_0$ , a veces llamado factor de colisión.

Así, el estudio de los datos a diversas temperaturas puede usarse para proyectar la vida de almacenamiento a temperaturas menores, sujeto, por supuesto, a los errores en la evaluación de  $k$ .<sup>(24)</sup>

**$Q_{10}$  o  $q_{10}$ .** El enfoque de  $Q_{10}$  es también frecuentemente usado para la estimar el efecto de la temperatura, en la vida media, y se define como:

$$Q_{10} = \text{velocidad } T1 + 10^{\circ}\text{C} / \text{velocidad } T1 \quad (8)$$

$$Q_{10} = \text{vida media } T1 / \text{vida media } T1 + 10^{\circ}\text{C} \quad (9)$$

$$Q_{10} = (q_{10})^{1.8} \quad (10)$$

Donde  $T1$  es la temperatura en  $^{\circ}\text{C}$ . El término de  $Q_{10}$  es el más utilizado en la literatura de alimentos congelados.

Se han encontrado valores de  $Q_{10}$  que dependen del sistema de los alimentos, la temperatura y el rango absoluto.  $Q_{10}$  tiene valores de 2 hasta 20.  $Q_{10}$  puede mostrarse para ser relacionado con la ecuación de Arrhenius y el modelo de la vida media mediante la siguiente expresión:

$$Q_{10} = \exp [10Ea / (R \cdot T + 10)] \quad (11)$$

$$Q_{10} = \exp (10 \cdot b) \quad (12)$$

Por lo tanto  $Q_{10}$  no es constante, dependiendo de  $Ea$  y de la temperatura absoluta<sup>(23)</sup>.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

Este trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Manizales, Departamento de Caldas; realizándose la parte experimental, análisis fisicoquímicos en los Laboratorios de Alimentos y Fisicoquímica de la Universidad Nacional Sede Manizales.

#### 3.2. MATERIALES

**3.2.1. Materia prima.** Se emplearon dos variedades de mora San Antonio y Mora de Castilla, suministradas por CORPOICA, procesándola el mismo día de la recolección.

En las figuras 1 y 2 se muestran las dos variedades empleadas.



Figura 1. Mora de Castilla



**Figura 2. San Antonio**

**3.2.2. Equipos.** Los equipos utilizados fueron los siguientes:

pH SCOTT GERATE CG 840B

Electr6do de plata 6xido reducci6n L300

Refract6metro Fisher cient6fico Abbe-3

Congelador General Electric

Refrigerador Centrales

Balanza Mettler AE160 (precisi6n 0.1 mg)

Centr6fuga

Cromat6grafo de gases Autosystem XL de PERKIN ELMER con detector FID

Licudora Oster.

**3.2.3. Descripci6n del proceso.**

**3.2.3.1. Recolecci6n.** Se realiz6 en horas de la ma1ana por personal de CORPOICA, suministrando 6000 gramos. Este mismo d6a se prepar6 la pulpa de mora.

**3.2.3.2. Selección-Clasificación.** Se separó la materia prima que no reunía las condiciones apropiadas, entre ellas la enmohecida, putrefacta y picada. La clasificación se llevo a cabo en función del estado de madurez, es decir un color rojo intenso y morado oscuro (Norma NTC 4106 color 5 y 6) <sup>(2)</sup>, con °Brix cercanos a 7.2 y 8.5 <sup>(2)</sup>, pH entre 2.5 - 3.5 <sup>(25)</sup>, ver tabla 3 (Características de la materia prima) y las figuras 1 y 2, para obtener un óptimo rendimiento y calidad.

**3.2.3.3. Lavado-Desinfectado.** El lavado para las moras se llevo a cabo con agua potable por aspersion.

**3.2.3.4. Despulpado-Refinado.** Se licuó la fruta de mora sin agregarle agua, para luego separar por medio de un tamiz la pulpa (tejido parenquimático) de la fibra.

**3.2.3.5. Tratamiento térmico.** El baño María se le aplicó a la mitad de pulpa de mora de cada variedad durante 4 minutos, a una temperatura de 75°C, con el fin de reducir la carga microbiana.

**3.2.3.6. Envasado.** Se envaso la pulpa de mora en bolsas plásticas transparentes de polietileno, con capacidad de 20 g.

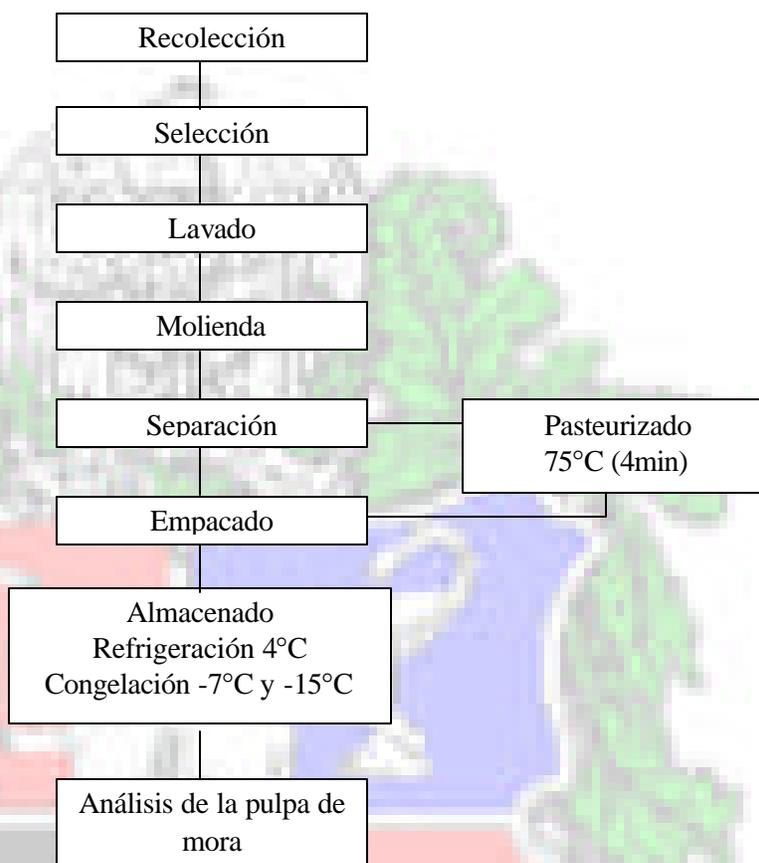
**3.2.3.7. Cierre.** Se trató de eliminar todo el aire en su interior, se cerró la bolsa herméticamente evitando que se derramara.

**3.2.3.8. Almacenamiento.** La pulpa de fruta se mantuvo almacenada durante cuatro meses a una temperatura de refrigeración 4°C y dos temperaturas de congelación -7°C y -15°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) con o sin tratamiento térmico.

Las temperaturas fueron censadas constantemente (cada dos días), por medio de un sensor de temperatura en las cuales no hubo gran variación, de acuerdo a lo establecido inicialmente, como se muestra en la tabla de resultados No 11 (Anexo A, Temperaturas de almacenamiento).

**3.2.4. Análisis físico-químicos.** Al producto almacenado se le midió el pH, °Brix, vitamina C, acidez y contenido de etanol cada semana.

El análisis de las pulpas de mora es realizado en base a dos ecotipos de mora : San Antonio (SA) y Mora de Castilla (C), con tratamiento térmico (SAT y CT) o sin tratamiento térmico respectivamente (SA y C), durante su almacenamiento a tres diferentes temperaturas de almacenamiento : refrigeración 4°C y congelación -7°C y -15°C.



**Figura 3. Diagrama de flujo del proceso**

### 3.3. MÉTODOS DE ANALISIS

Los métodos empleados en el desarrollo de este trabajo son los siguientes:

**3.3.1. Contenido de etanol.** Se determinó empleando el Cromatógrafo de gases.

Se tomo una muestra de pulpa de mora (entre 5 y 8 ml), se aforó hasta 100ml, se agitó la muestra durante 10 minutos y se centrifugo, se tomaron 10 ml , los cuales se inyectaron en el cromatógrafo de gases Autosystem XL de PERKIN ELMER 2 $\mu$ l .

**3.3.2. °Brix.** Con el refractómetro Fisher científico Abbe-3 se midieron los °brix .

**3.3.3. Acidez (% Ac. Málico).** Método de titulación potenciométrica. (NTC 4106 p. 8 <sup>(2)</sup>), con el equipo pH SCOTT GERATE CG 840B.

**3.3.4. Vitamina C (mg/100g).** Método yodométrico, utilizando el equipo pH SCOTT GERATE CG 840B y el electródo de plata óxido reducción L300 <sup>( )</sup>.

**3.3.5. pH.** Por medio del pH –metro (pH SCOTT GERATE CG 840B).

La tabla 2 (Tabla de colores de la mora de castilla) indica el grado de madurez (NTC 4106 <sup>(3)</sup>) que posee la fruta y de acuerdo a esta tabla se determinó el color.

**Tabla 2. Tabla de color de la mora de Castilla**



Fuente. NTC 4106 <sup>(2)</sup>

### 3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

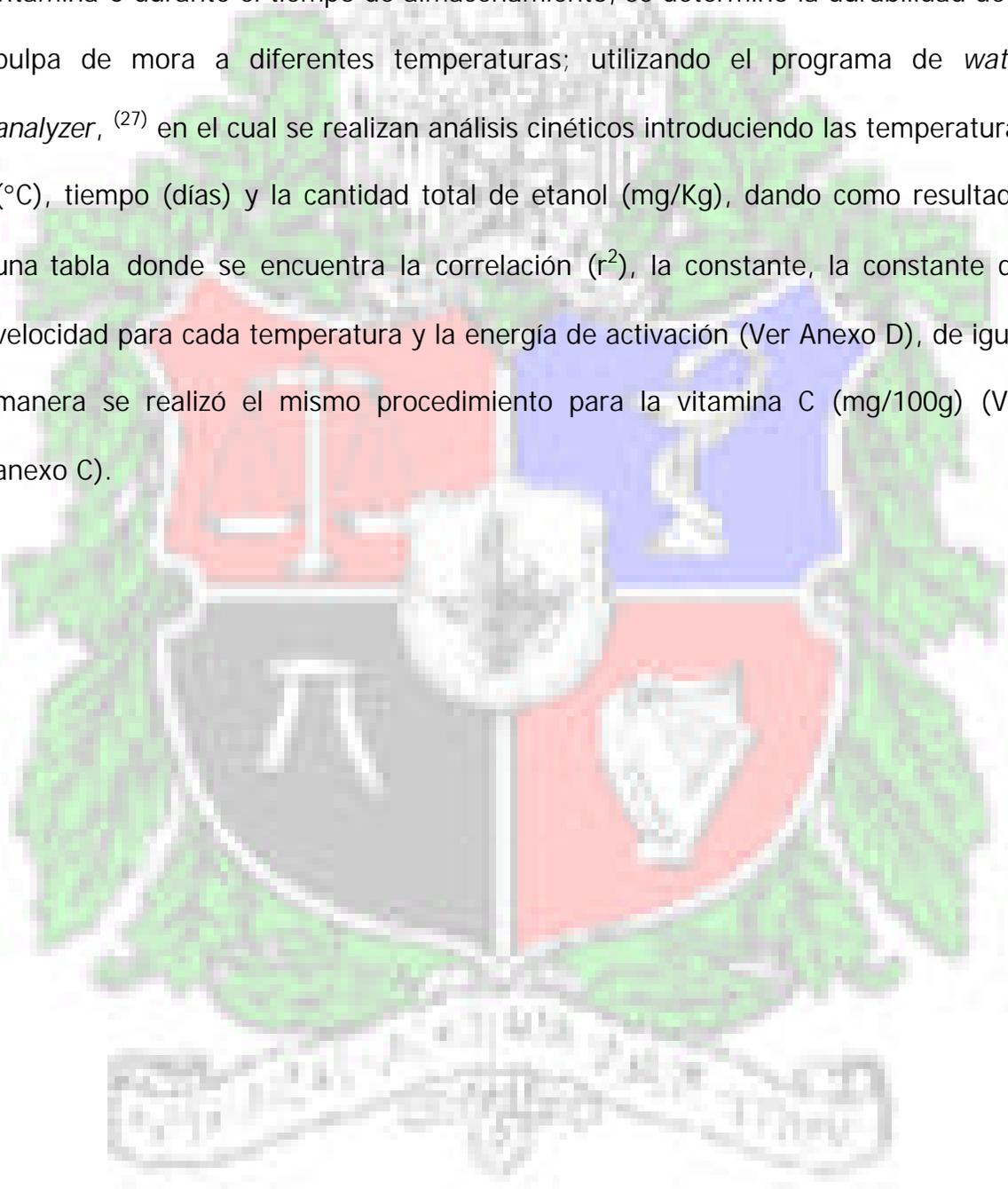
Para la elaboración del estudio de durabilidad de la pulpa de mora se realizó un diseño multifactorial aleatorio de dos factores (ecotipo de la mora), la temperatura con tres niveles, tratamiento térmico con dos niveles y tiempo de almacenamiento; para el análisis de los datos obtenidos se utilizó el paquete estadístico SPSS <sup>(26)</sup>. (Ver anexo B). Para el análisis estadístico se efectuó un análisis de varianza a las variables pH, °brix, acidez, vitamina C y contenido de etanol, para cada uno de los tratamientos térmicos, tres temperaturas y tiempo de almacenamiento. Se realizó un análisis de varianza multifactorial (ANOVA), para determinar las diferencias significativas entre las muestras realizando la correlación de las variables entre sí, determinando cuáles variables se comportan de manera similar y la incidencia de la temperatura en la variedad.

#### **Variables controladas**

- \* TEMPERATURAS: 4°C, -7°C, -15°C.
- \* TRATAMIENTO TÉRMICO: Sin tratamiento térmico, con tratamiento térmico.
- \* VARIEDADES: San Antonio y Mora de Castilla

**Variables dependientes** Las variables dependientes tenidas en cuenta para comparar los diferentes condiciones de almacenamiento fueron las propiedades físico-químicas (pH, acidez, contenido de etanol, contenido de vitamina C y °Brix) del producto obtenido, en cada tratamiento.

**3.4.1. Estudio de durabilidad de la pulpa de mora** Con los datos obtenidos de la cantidad de etanol que se produjo (ver anexo G) y la degradación de la vitamina C durante el tiempo de almacenamiento, se determinó la durabilidad de la pulpa de mora a diferentes temperaturas; utilizando el programa de *water analyzer*, <sup>(27)</sup> en el cual se realizan análisis cinéticos introduciendo las temperaturas (°C), tiempo (días) y la cantidad total de etanol (mg/Kg), dando como resultado una tabla donde se encuentra la correlación ( $r^2$ ), la constante, la constante de velocidad para cada temperatura y la energía de activación (Ver Anexo D), de igual manera se realizó el mismo procedimiento para la vitamina C (mg/100g) (Ver anexo C).



## 4. RESULTADOS

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MORA

Las variedades de la mora que fueron objeto de estudio en la ejecución de este trabajo presentaron las siguientes características de pH, °Brix, grado de madurez y el color se obtuvo de acuerdo a la tabla 2 (Tabla de color de la mora de Castilla), dando como resultados los datos escritos en la tabla 3.

**Tabla 3. Características de la materia prima**

Variedad	Características				
	pH	°Brix	%Ac. Málico	Grado de madurez	Color (NTC) <sup>(2)</sup>
San Antonio	2.92	9	2.6465	3.40	6
Castilla	2.92	10	2.4797	4.03	5

### 4.2. COMPORTAMIENTO FÍSICO - QUÍMICO DE LA PULPA DE MORA DURANTE EL ALMACENAMIENTO

**4.2.1. pH.** Las figuras 4, 5 y 6 muestran el comportamiento del pH durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.

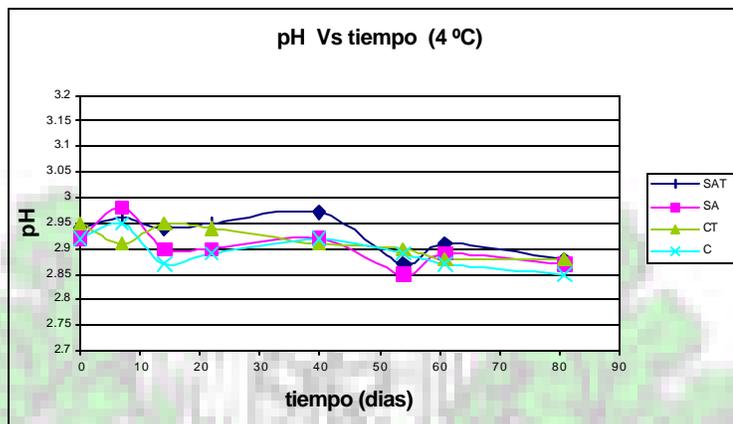


Figura 4. Comportamiento del pH durante el almacenamiento a 4°C

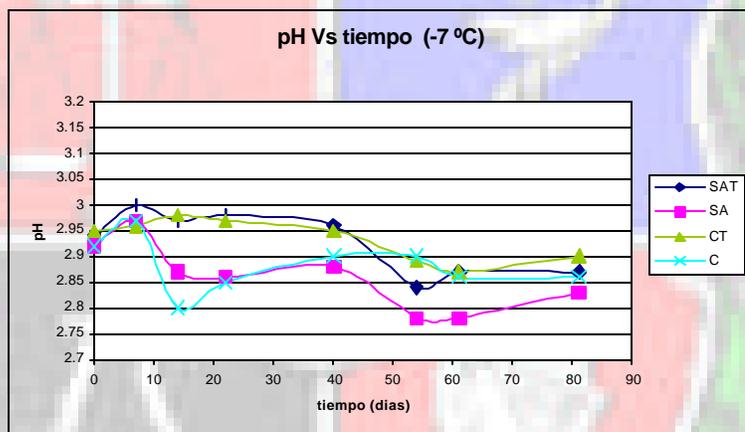


Figura 5. Comportamiento del pH durante el almacenamiento a -7°C

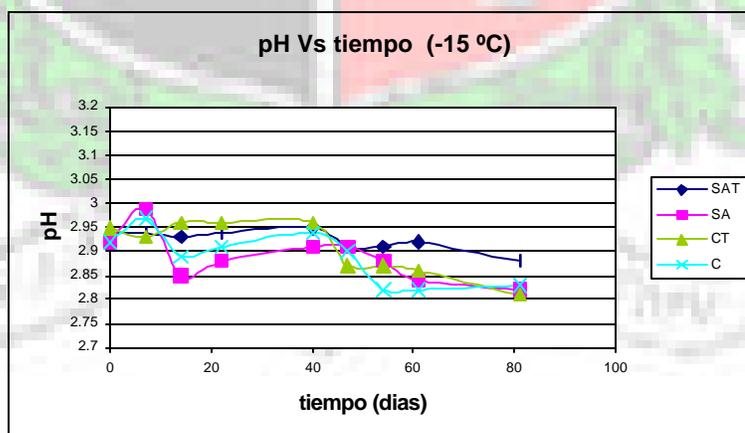


Figura 6. Comportamiento del pH durante el almacenamiento a -15°C

El comportamiento del pH durante el almacenamiento se mantuvo constante en todas las temperaturas.

El promedio del pH es de 2.89 a 2.93 para las pulpas de mora almacenadas, cuyo valor mínimo fue de 2.78 para SA y el máximo de 3.0 para SAT, clasificándose como fruta ácida, pues se encuentra dentro del rango de pH de 2.5 – 3.5 (ver anexo B, tabla 12).

El análisis de varianza al 95% indica que la temperatura  $-7^{\circ}\text{C}$  tiene influencia significativa en el almacenamiento de las pulpas de mora respecto al pH, al igual que la pulpas de mora que no tuvieron tratamiento térmico (SA y C).

La variedad de SA presentó mayores variaciones en el pH durante el almacenamiento con respecto a todas las temperaturas (ver figuras 4, 5 y 6).

**4.2.2. Acidez.** En las figuras 7, 8 y 9, se aprecia el comportamiento de la acidez durante el almacenamiento para cada variedad.

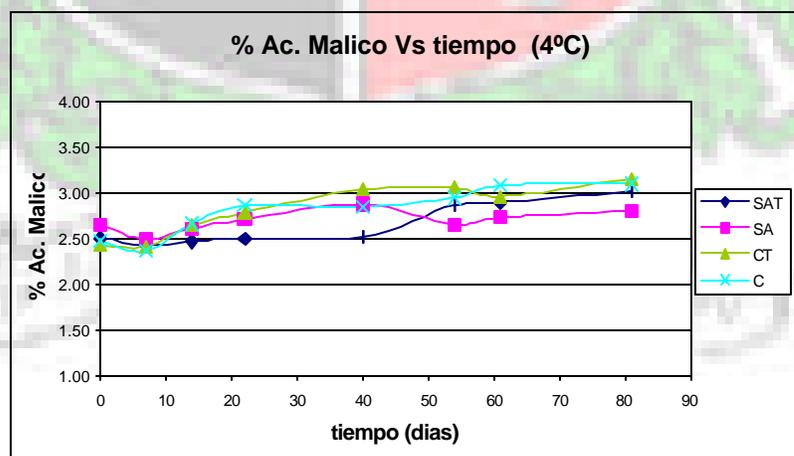


Figura 7. Comportamiento de la acidez (% ácido málico) durante el almacenamiento a  $4^{\circ}\text{C}$

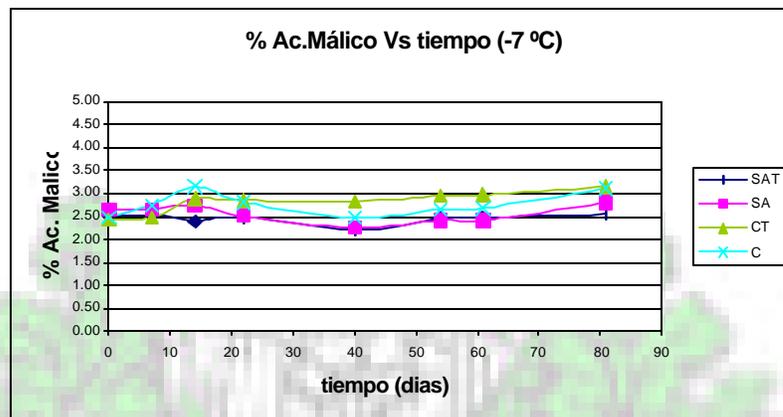


Figura 8. Comportamiento de la acidez (% ácido málico) durante el almacenamiento a  $-7^{\circ}\text{C}$

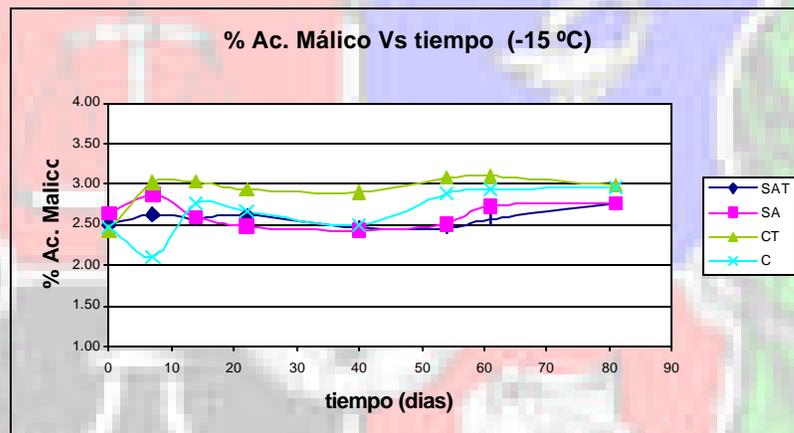


Figura 9. Comportamiento de la acidez (% ácido málico) durante el almacenamiento a  $-15^{\circ}\text{C}$

La acidez durante el almacenamiento aumento en general, lo cual puede deberse a la concentración de los ácidos.

Los valores promedio en la acidez para las dos variedades con sus respectivo tratamiento térmico variaron entre 2.62 para SAT, 2.63 para SA, 2.90 para CT y 2.74 para C (ver anexo B, tabla 12), por otra parte el análisis de varianza al 95 % indica que la temperatura  $4^{\circ}\text{C}$  tiene una influencia significativa en el periodo de

almacenamiento de la pulpa de mora, siendo la pulpa de mora de Castilla (C) con y sin tratamiento térmico la variedad más afectada con respecto al aumento en la acidez.

**4.2.3. °Brix.** En las figuras 10, 11 y 12, se hace gráficamente el análisis de la variable °Brix, durante el almacenamiento para cada variedad con su respectivo tratamiento térmico. Esta variable presenta un comportamiento de descenso en su almacenamiento.

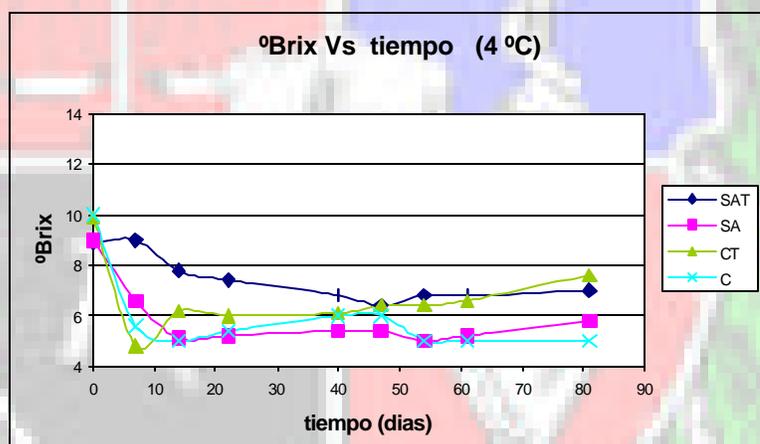


Figura 10. Comportamiento de °Brix durante el almacenamiento a 4°C

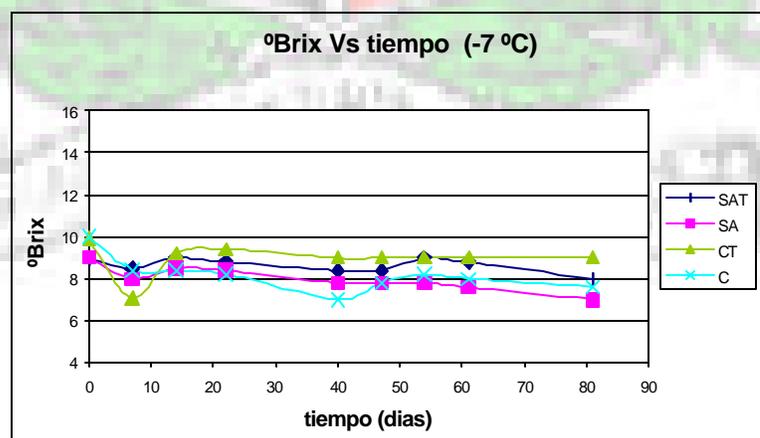


Figura 11. Comportamiento de °Brix durante el almacenamiento a -7°C

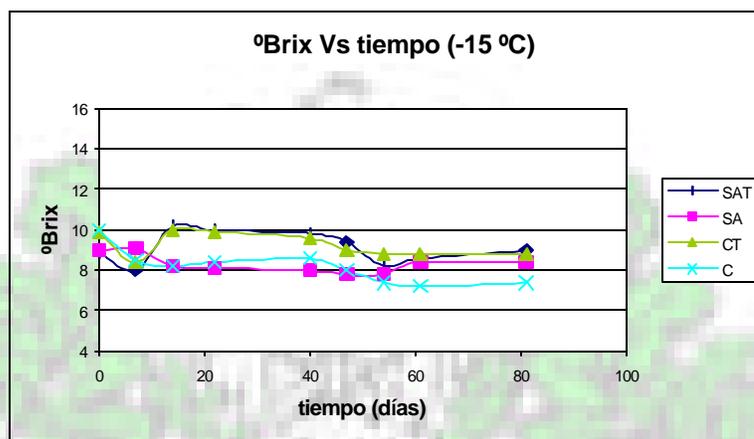


Figura 12. Comportamiento de °Brix durante el almacenamiento a -15°C

El valor mínimo de los °brix es de 4.80 para CT y el máximo valor 10.20 para SAT (ver anexo B, tabla 12); presentando más cambios durante el almacenamiento la variedad de mora de castilla con y sin tratamiento térmico que la variedad de San Antonio. Para una temperatura de -15 °C, ambas variedades con tratamiento térmico tienen una influencia significativa sobre los °Brix de la pulpa de mora con un nivel de confianza del 95%.

**4.2.4. Vitamina C (mg/100g).** La pérdida de vitamina C durante el almacenamiento puede ser apreciada en las figuras 13, 14 y 15 .

El promedio de la vitamina C fue de 6.76 para SA, 5.78 para SAT, 5.47 para C y 4.97 para CT.

Un comportamiento de pérdida de vitamina C muy similar en el almacenamiento de las pulpas de mora, lo presentan las variedades de SAT y CT (ambas con

tratamiento térmico) teniendo una influencia estadísticamente significativa del 95% respecto a las temperaturas de refrigeración y congelación.

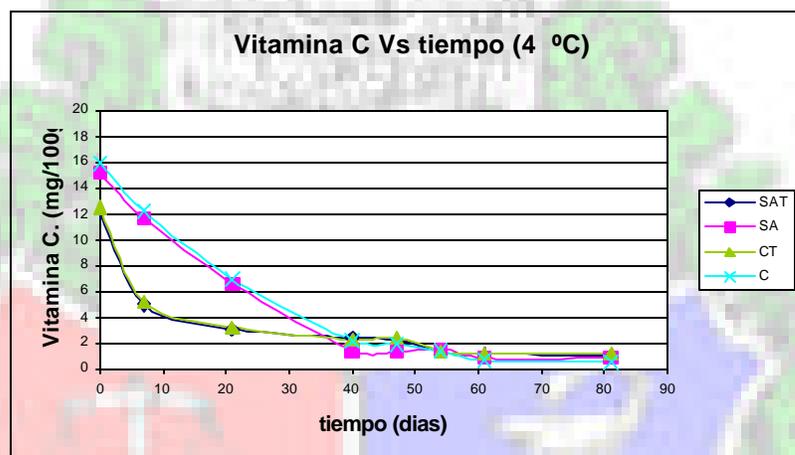


Figura 13. Comportamiento de la vitamina C durante el almacenamiento a 4°C

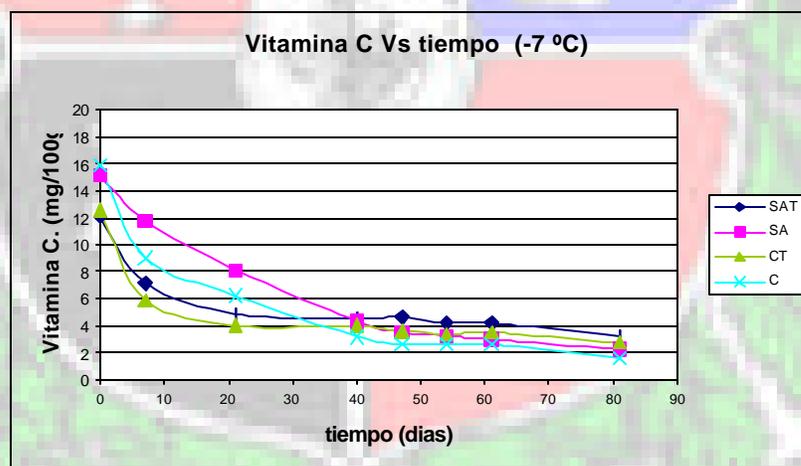


Figura 14. Comportamiento de la vitamina C durante el almacenamiento a -7°C

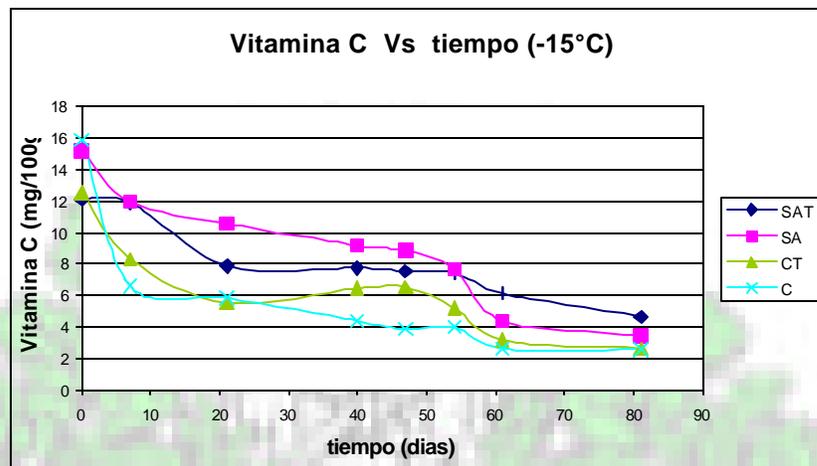


Figura 15. Comportamiento de la vitamina C durante el almacenamiento a  $-15^{\circ}\text{C}$

La vitamina C, se pierde rápidamente en la pulpa de mora de ambas variedades en los primeros 40 días de temperaturas de almacenamiento, luego sigue un decremento leve (ver figuras 13 y 14).

Hay una pérdida de vitamina C más lentamente (ver figura 15) a una temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$ , mas visiblemente para ambas variedades con tratamiento térmico.

**4.2.5. Etanol.** Debido a que la pulpa de mora posee gran cantidad de agua y azúcares existe una gran probabilidad de que se fermente, es decir se produzca etanol principalmente a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ , la temperatura donde menos aparece el etanol es a  $-15^{\circ}\text{C}$  durante el almacenamiento, y esto es apreciable en las figuras 16, 17 y 18.

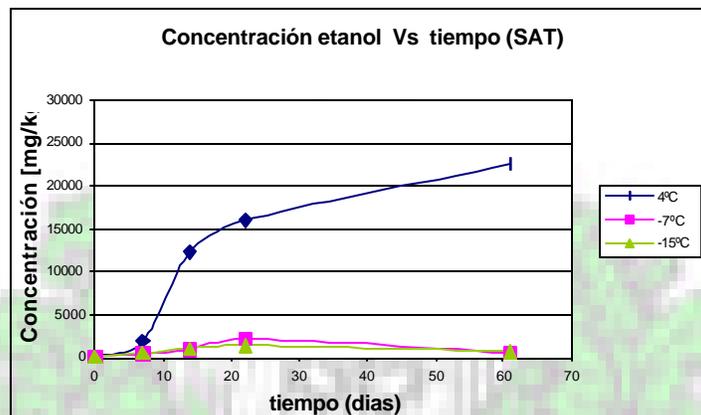


Figura 16. Comportamiento de formación de etanol (SAT) durante el almacenamiento

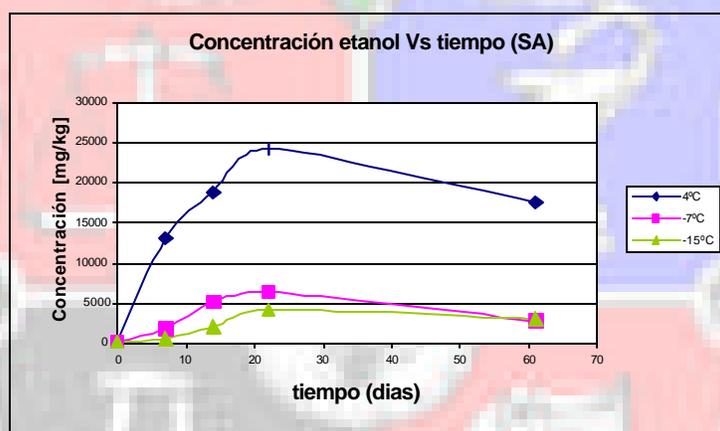


Figura 17. Comportamiento de formación de etanol (SA) durante el almacenamiento

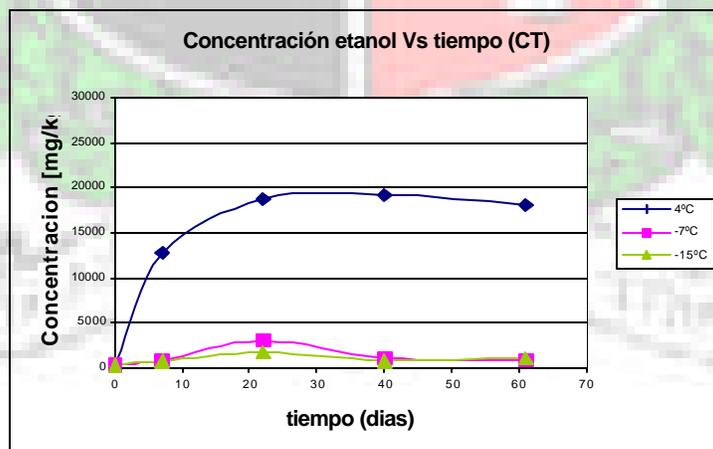


Figura 18. Comportamiento de formación de etanol (CT) durante el almacenamiento

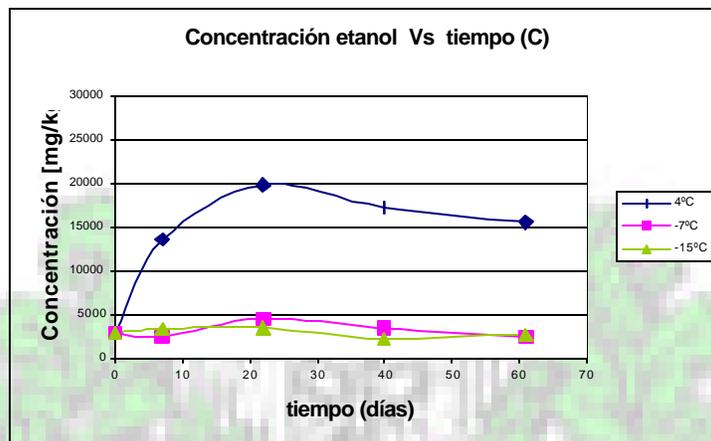


Figura 19. Comportamiento de formación de etanol (C) durante el almacenamiento

La media de la concentración de etanol en las variedades en forma descendente es así: 6832.27 mg/kg de SA, 6123.33 mg/kg de C, 5341.7 mg/kg de CT y 4067.33 mg/kg de SAT (ver Anexo B).

El Anova al 95% de significancia indica la influencia de la temperatura de 4°C para la variedad de San Antonio sin tratamiento térmico (SA), influyendo esta temperatura en la formación de etanol durante el almacenamiento.

En las figuras 17 y 19 se aprecia las variedades de mora sin tratamiento térmico produjeron etanol en menor tiempo y con una mayor concentración; en las figuras 17, 18 y 19 se aprecia un aumento de la concentración de etanol que está correlacionado con la disminución de los °Brix, posteriormente el día 22 comienza a presentarse un descenso en la concentración de etanol debido a la reacción de oxidación produciendo un aumento en la acidez.

### 4.3. CINÉTICAS DE DEGRADACIÓN DE LA VITAMINA C Y FERMENTACIÓN DE LA PULPA MORA

**4.3.1. Cinética de la degradación de la Vitamina C** Realizando los correspondientes cálculos y análisis de la pérdida de la vitamina C para ambas variedades de pulpa de mora se determinó una cinética de primer orden. Siendo la variedad Mora de Castilla sin tratamiento térmico (C) a una temperatura de 4°C, la mejor cinética de acuerdo a una correlación de 0.9956, como se muestra en la tabla 4 (Cinética de la degradación de la vitamina C en la pulpa de mora de Castilla (C)) empleando el programa *water analyzer* <sup>(26)</sup> y su correspondiente figura 20.

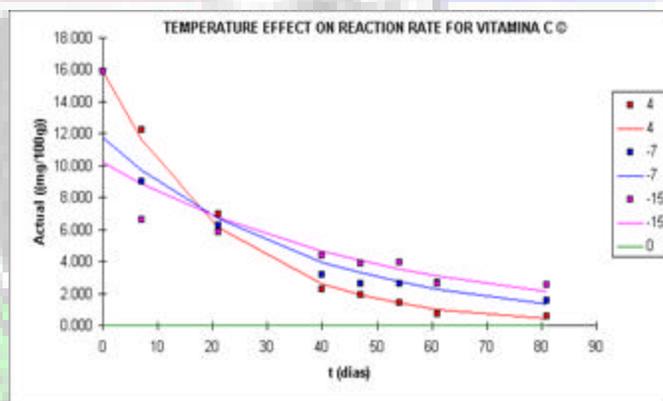


Figura 20. Efecto de la temperatura en la degradación de la vitamina C de Mora de Castilla(C)

**Tabla 4. Cinética de la degradación de la vitamina C en la pulpa de Mora de Castilla (C)**

REACTION KINETICS			time : dias					
VITAMINA C ( C )			measurement: (mg/100g)					
Temp. 4 °C			Temp. -7 °C			Temp. -15 °C		
T (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1	t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1	t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1
0	15.9	15.8999	0	15.9	11.7426	0	15.9	10.1645
7	12.26	11.5773	7	9.02	9.7126	7	6.59	8.8671
21	6.97	6.1381	21	6.23	6.6448	21	5.83	6.7479
40	2.23	2.5944	40	3.14	3.9697	40	4.35	4.6580
47	1.92	1.8891	47	2.63	3.2834	47	3.84	4.0634
54	1.41	1.3755	54	2.59	2.7158	54	3.95	3.5448
61	0.71	1.0016	61	2.64	2.2463	61	2.57	3.0923
81	0.53	0.4046	81	1.56	1.3061	81	2.55	2.0933
50	1.6489		50	3.0269		50	3.8325	
rate const (k)	-0.0453		rate const (k)	-0.0271		rate const (k)	-0.0195	
const	2.7663		const	2.4632		const	2.3189	
x.coeff	-0.0453		x.coeff	-0.0271		x.coeff	-0.0195	
R <sup>2</sup>	0.9956		r <sup>2</sup>	0.9218		r <sup>2</sup>	0.7464	
R <sup>2</sup> at chosen order	0.9024		order (n)	1				
Order with max r <sup>2</sup>	1		activ. energy (Ea)	6.3282				
R <sup>2</sup> at order 1	0.9950		Kcal/mole					

En la tabla 5 (Cinética de la degradación de la vitamina C de la pulpa de Mora de ambas variedades), se muestra todas las cinéticas de la degradación de la vitamina C de orden 1, a diferentes temperaturas de almacenamiento, todos las cinéticas y las graficas se encuentran en los anexos C y E respectivamente.

**Tabla 5. Cinética de la degradación de la vitamina C de la pulpa de mora de ambas variedades**

Reaction order: 1										
	Temp. 4 °C			Temp. -7 °C			Temp. -15 °C			activ. Energy (Ea) Kcal/mole
	rate const (k)	Const	r <sup>2</sup>	rate const (k)	const	r <sup>2</sup>	Rate const (k)	const	r <sup>2</sup>	
<b>SAT</b>	-0.0278	2.2023	0.8121	-0.0131	2.1494	0.7448	-0.0109	2.4799	0.9115	7.1229
<b>SA</b>	-0.0402	2.5542	0.9884	-0.0246	2.5934	0.9855	-0.0169	2.7446	0.8967	6.4608
<b>CT</b>	-0.0271	2.0257	0.8053	-0.0147	2.0494	0.6749	-0.0162	2.3610	0.7983	4.0473
<b>C</b>	-0.0453	2.7663	0.9956	-0.0271	2.4632	0.9218	-0.0195	2.3189	0.7464	6.3282

**4.3.2. Cinéticas de la fermentación de las pulpas de mora.** La vida media puede ser determinado por diferentes métodos.

La cantidad de un nutriente se encuentra en el registro de marca (basándose en la cantidad del nutriente que permanece hasta el final de la vida media del producto).

Realizando los cálculos por medio del programa *water analyzer*<sup>(27)</sup> para determinar la cinética de la fermentación de la pulpa de mora para ambas clases de mora y con o sin su respectivo tratamiento térmico la mejor cinética obtenida fue la variedad Mora de Castilla con tratamiento térmico (CT) a una temperatura de -15 °C, siendo esta de orden cero como se muestra en la tabla 6 con su respectiva figura 21.

**Tabla 6. Cinética de la fermentación de la Mora de Castilla con tratamiento térmico (CT)**

REACTION KINETICS						time :	dias	
ETANOL CT						measurement:	[mg/kg]	
Reaction order: 0								
Temp. 4°C			Temp. -7°C			Temp. -15°C		
t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0	t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0	t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0
0	357	3192.9697	0	357	196.1359	0	357	348.5699
7	12726	8566.5778	7	845	1080.9340	7	757	769.3641
22	18758	20081.4525	22	3052	2976.9301	22	1675	1671.0660
50	41575.8852		50	6516.1227		50	3354.2427	
rate const (k)	767.6583		rate const (k)	126.3997		rate const (k)	60.1135	
const	3192.9697		Const	196.1359		Const	348.5699	
x.coeff	767.6583		x.coeff	126.3997		x.coeff	60.1135	
r <sup>2</sup>	0.8460		r <sup>2</sup>	0.9789		r <sup>2</sup>	0.9997	
order (n)		0	activ. energy (Ea)		19.2737	Kcal/mole		

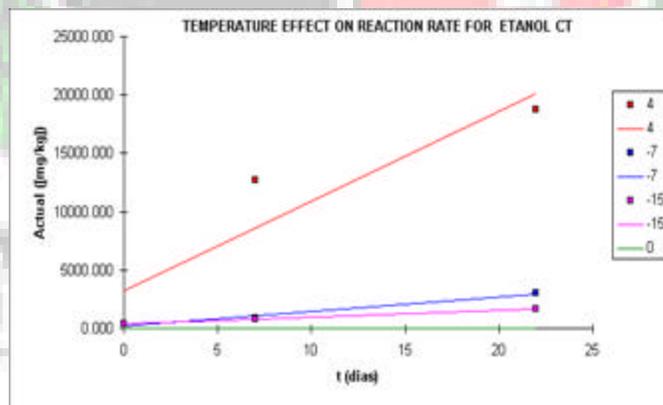


Figura 21. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para el etanol de la Mora de Castilla con tratamiento térmico (CT)

En la tabla 7, aparece un resumen de todas las cinéticas de fermentación de las pulpas de mora de orden cero, con sus correspondiente valor de  $r^2$  y energía de activación; estos datos fueron obtenidos empleando el programa water analyzer<sup>(27)</sup> (Ver anexo D y sus correspondientes gráficas en el anexo F).

Con el tiempo la primera reacción luego de la fermentación es la oxidación de etanol, esto es apreciable con el aumento de la acidez en el estudio de durabilidad por medio de la cinética de producción de etanol.

Se analizaron solamente los primeros 22 días de almacenamiento de la pulpa de mora donde hay un incremento en la concentración de etanol, como se puede ver en las figuras 16, 17, 18 y 19, realizando los correspondientes análisis con estos datos.

**Tabla 7. Cinéticas de la fermentación de la pulpa de mora**

Reaction order: 0										
	Temp. 4 °C			Temp. -7 °C			Temp. -15 °C			activ. energy (Ea) Kcal/mole
	Rate const (k)	const	r <sup>2</sup>	rate const (k)	const	r <sup>2</sup>	rate const (k)	const	r <sup>2</sup>	
<b>SAT</b>	789.6082	-901.2887	0.9364	91.8004	-61.1040	0.9149	60.4920	142.9606	0.9868	19.6425
<b>SA</b>	1057.4639	2735.7629	0.9364	298.9963	198.0403	0.9663	184.2521	-228.4602	0.9535	13.2375
<b>CT</b>	767.6583	3192.9697	0.8460	126.3937	196.1359	0.9789	60.1134	348.5699	0.9997	19.2737
<b>C</b>	710.5884	5249.9789	0.8805	82.6530	2541.6870	0.7246	23.0541	3095.1438	0.7602	25.7724

#### 4.4. DETERMINACIÓN DE LA VIDA MEDIA DE LAS PULPAS DE MORA

Una vez hallados los parámetros cinéticos (ver anexo D), se calculó la vida media de las dos variedades de la pulpa de mora, con o sin tratamiento térmico a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Para realizar este cálculo es necesario conocer el valor exacto de la cantidad de etanol máxima permitida en la pulpa de mora ( $A_e = 3000 \text{ mg/kg.}^{(3)}$ ), a partir del cual comienza el deterioro del alimento.

Se reemplazó los valores (parámetros cinéticos Anexo D) en la ecuación (5) para hallar el tiempo de vida de almacenamiento, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 8.

En la tabla 9, se muestran los resultados de  $Q_{10}$ , hallados a partir de la correlación del Ln de la vida media para la pulpa de mora vs temperatura, obteniéndose la pendiente (b) para el cálculo del parámetro  $Q_{10}$  de la ecuación 12:

**Tabla 8. Valores de Vida media (q) a diferentes condiciones de almacenamiento**

<b>SAT</b>				
T (°C)	Ao [mg/kg]	Ae [mg/kg]	k	θ(días)
4	3000	150	789.6082	3.80
-7	3000	150	91.8004	32.68
-15	3000	150	60.4920	49.59

<b>SA</b>				
T (°C)	Ao [mg/kg]	Ae [mg/kg]	k	θ(días)
4	3000	214	1057.4639	2.63
-7	3000	214	298.9963	9.32
-15	3000	214	184.5251	15.12

<b>CT</b>				
T (°C)	Ao [mg/kg]	Ae [mg/kg]	k	θ(días)
4	3000	357	767.6583	3.44
-7	3000	357	126.3997	20.91
-15	3000	357	60.1135	43.97

<b>C</b>				
T (°C)	Ao [mg/kg]	Ae [mg/kg]	k	θ(días)
4	3000	2983	710.5884	0.02
-7	3000	2983	82.6530	0.2057
-15	3000	2983	23.0541	0.7374

**Tabla 9. Valores de Q<sub>10</sub>**

VARIEDAD	ECUACION	r	Q10
<b>SAT</b>	$y=2.027-0.1432*X$	0.9683	4.19
<b>SA</b>	$y=1.4111-9.3442E-2*X$	0.9870	2.55
<b>CT</b>	$y=1.8714-0.1359*X$	0.9895	3.89
<b>C</b>	$y=-2.9614-0.1814*X$	0.9985	6.13

El valor de  $Q_{10}=6.13$  para la pulpa de mora de Castilla sin tratamiento térmico, significa que la velocidad de la reacción de deterioro se acelera 6.13 veces por cada 10° de temperatura que se aumenten.

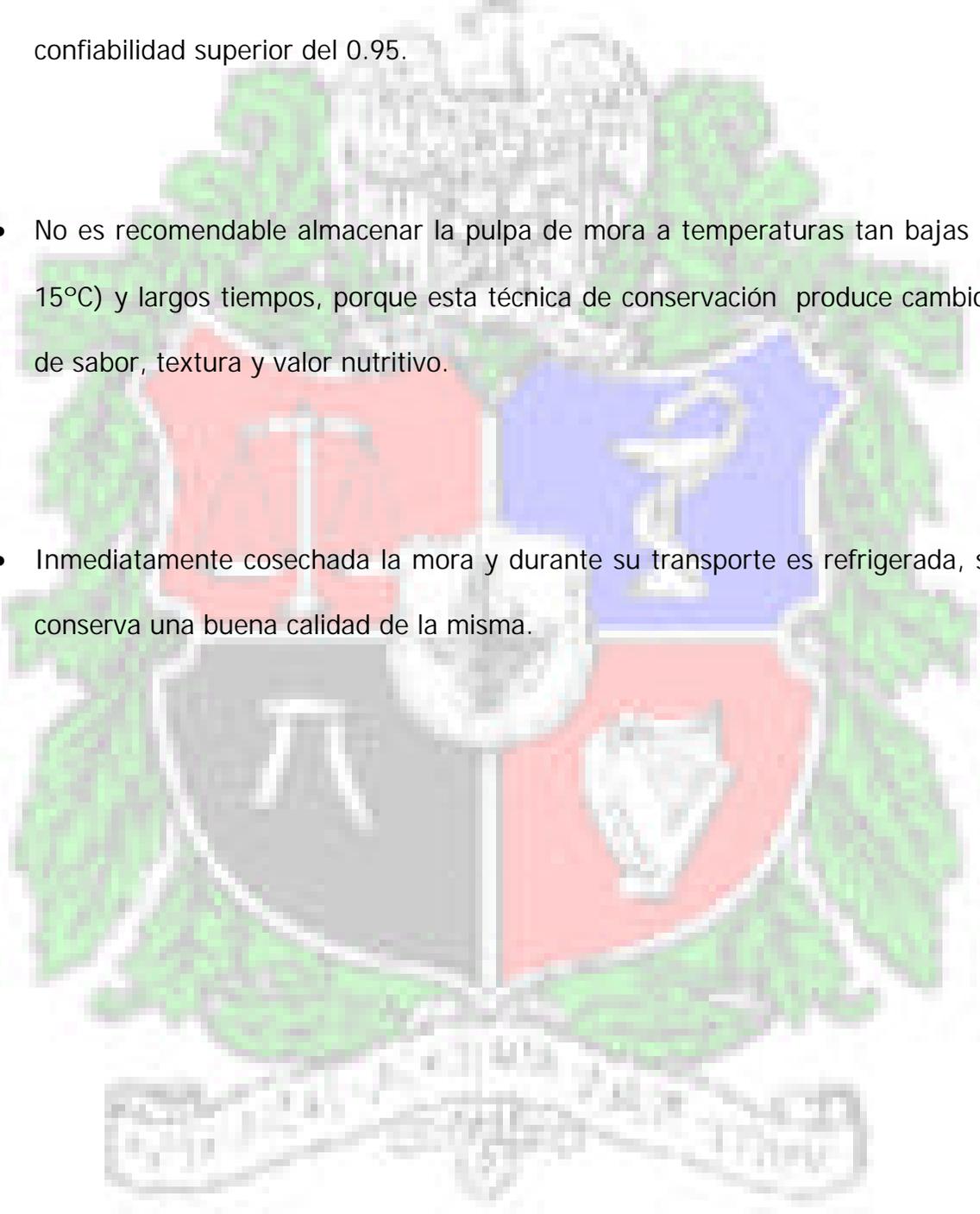
## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las pulpas de frutas, en especial la mora debe procesarse en condiciones apropiadas, con frutas frescas, sanas, maduras y limpias. La pulpa de mora debe estar libre de sabores extraños. Cualquier sabor a viejo o a alcohol es señal de fermentación, que de inmediato deberá ser rechazado.
- De acuerdo al análisis estadístico, es notorio la formación de etanol durante el almacenamiento de las pulpas de mora a una temperatura de 4°C, dando la desviación estándar los siguientes valores: SAT 9446.07 mg/kg, SA 9053.95 mg/kg, CT 7984.64 mg/kg y C 6645.97 mg/kg, en comparación a las siguientes temperaturas de -7°C y -15°C (ver Anexo B).
- Los datos tomados y analizados en el laboratorio durante el proceso de almacenamiento en la variedad de Mora de Castilla (CT) con tratamiento térmico, en relación a la formación de etanol a una temperatura de -15°C da una cinética de orden cero con una correlación de 0.9997 (ver tabla 7) al emplear el programa water analyzer siendo este un resultado óptimo.

- El pH en ambas variedades de pulpa de mora, con o sin tratamiento térmico tuvo una pequeña disminución, pero si se compararan los datos iniciales (rango de 2.92 – 2.95) con los finales (rango 2.81 – 2.90) es casi imperceptible esta disminución durante el almacenamiento.
- La pulpa de mora se puede clasificar como ácida porque se encuentra en un rango de pH de 2.5 – 3.5. <sup>(25)</sup>
- La acidez aumento durante el almacenamiento de las pulpas de mora, al mismo tiempo que el pH disminuye <sup>(28)</sup>; presentándose mayor acidez a una temperatura de 4°C, luego a –7°C y por ultimo a –15°C. La variedad de San Antonio sin tratamiento térmico (SA) es la de menor acidez respecto a las temperaturas de almacenamiento.
- El comportamiento de los °Brix disminuyó en el almacenamiento de la pulpa de mora <sup>(29)</sup>, siendo este más visible en la variedad de castilla sin tratamiento térmico (C).
- Los grados °Brix disminuyen en mayor escala en las pulpas de mora almacenadas a una temperatura de 4°C. La variedad de Mora de Castilla sin tratamiento térmico (C) merma en 5 °Brix el valor inicial respecto al valor final (ver Anexo B), siendo la variedad de mayor decremento.

- La mayor pérdida de Vitamina C, se presentó en las pulpas de mora con tratamiento térmico en los primeros 40 días de almacenamiento, como se puede ver en el Anexo C.
- Por un método químico (método yodométrico) se determinó el contenido del ácido ascórbico en la pulpas de mora a tres temperaturas diferentes de almacenamiento. Se comprobó que la degradación de la vitamina C sigue una cinética de primer orden<sup>(30)</sup>, utilizando el programa Water Analyzer.
- La estabilidad de los nutrientes y las condiciones bajo las cuales los alimentos fortificados son preparados, fabricados y empacados pueden afectar la vida media del producto y por ende los otros nutrientes. El grado de degradación en alimentos y la duración de la vida media puede ser manejado por el nivel de almacenamiento. El nivel de degradación de los nutrientes puede ser determinado por varios métodos, uno de los cuales es el método de Arrhenius relativamente simple, el cual fue empleado para predecir la vida media y la disminución de los nutrientes en particular.<sup>(31)</sup>
- El comportamiento óptimo en el almacenamiento de las pulpas de Mora lo da la variedad de San Antonio por presentar menos cambios físico-químicos durante el tiempo de almacenamiento (ver figura 2 y anexo B).

- En la determinación de  $Q_{10}$ , el valor más alto fue de 6.13 para C y el más bajo lo presentó la variedad SA con un valor de 2.55, ambos resultados dan una confiabilidad superior del 0.95.
- No es recomendable almacenar la pulpa de mora a temperaturas tan bajas ( $-15^{\circ}\text{C}$ ) y largos tiempos, porque esta técnica de conservación produce cambios de sabor, textura y valor nutritivo.
- Inmediatamente cosechada la mora y durante su transporte es refrigerada, se conserva una buena calidad de la misma.



## BIBLIOGRAFÍA

- (1) **FRUTAS TROPICALES, PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.** Diciembre 2 de 2003. [huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/moracomer.html](http://huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/moracomer.html)
- (2) **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS-ICONTEC.** NTC 4106. Frutas Frescas. Mora de Castilla. Especificaciones. Santafé de Bogotá, 1997.13 p..
- (3) **CODEX ALIMENTARIUS.** Volumen 6. Zumos (jugos) de fruta y productos afines. Roma, 1992.
- (4) **AREA POSCOSECHA.** Mayo 17/03.  
[www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Poscosecha/Boletines/documentospdf/2001\\_Boletines/2001-3mora.pdf](http://www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Poscosecha/Boletines/documentospdf/2001_Boletines/2001-3mora.pdf)
- (5) **GALVIS V., J. A.; HERRERA, A.** La Mora. Manejo Postcosecha. Sección Publicaciones SENA. Julio 1995.
- (6) **ACERO, G.; APARCIO, A., L. F.** Caracterización y estudio de maduración poscosecha en atmósfera confinada (CO<sub>2</sub>) para la mora de Castilla (*Rubus glaucus*). (Tesis:Químico Farmacéutico). Bogotá, Universidad Nacional, 1989.
- (7) **CULTIVO DE MORA.** Septiembre 7 de 2002.  
<http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/mora.htm>.

- (8) **ENCICLOPEDIA OF FOOD SCIENCE, FOOD, TECHNOLOGY AND NUTRITION.** Segunda Edición. Vol. No. 1. 1998.
- (9) **EL CULTIVO DE LA MORA.** Septiembre 15 de 2002.  
[http://www.proexant.org.ec/HT\\_Mora.html](http://www.proexant.org.ec/HT_Mora.html)
- (10) **CORPOICA. REGIONAL NUEVE.** Primer Seminario. Frutales de Clima Frío Moderado. 1996.
- (11) **O.R. FENNENA.** Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Vol. No 2. 1985.
- (12) **CRUDA Z., POSTOLSKI J.** TECNOLOGIA DE LA CONGELACIÓN DE LOS ALIMENTOS. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza (España). 1986. 631p.
- (13) **GUEVARA, P.,A.** INDUSTRIALIZACIÓN DE LA MORA. MEMORIAS. Segundo Seminario Frutales de Clima Frío Moderado. Manizales,. Agosto 1998. p. 82-89.
- (14) **ORREGO C.E.** REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN. Procesamiento de los alimentos. Copias de clase. Universidad Nacional Manizales. 15 p.
- (16) **ORREGO C.E.** CONGELACIÓN. Procesamiento de los alimentos. Copias de clase. Universidad Nacional Manizales. 14 p.
- (17) **MONTES R., L.M.** SISTEMA DE CONGELACIÓN RAPIDA INDIVIDUAL "IQF" (INDIVIDUALLY QUICK FREEZING) MORA DE CASTILLA. Universidad Nacional de Colombia. Manizales 2000. 112
- (18) **H. SYMONS.** SHELF LIFE EVALUATIONS OF FOODS. Blackie Academic & Professional. First edition 1994. p. 296-315.

**(19) SCHWARTZ, M.** PRODUCCIÓN Y MERCADO MUNDIL DE LA MORA. MEMORIAS. Segundo Seminario Frutales de Clima Frío Moderado. Manizales, Agosto 1998. p. 74-81

**(20) PROCESAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS MEDIANTE PROCESOS ARTESANALES.** Mayo 28/03

<http://www.fao.org/inpho/vlibrary/x0062s/X0062S08.htm>

**(20) CS. OUGH.** DSc, Ms.Tratado básico de Enología. Editorial Acribia. SA. 1996. p.111-112.

**(21) HAWTHORN J.** FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. Editorial ACRIBIA. Zaragoza (España) 1983. p. 27-30.

**(22) CHEMISTRY AND TECNOLOGY OF SOFT DRINKS AND FRUIT**

**JUICES.** Editado por P.R. Aschurst. Sheffield Academic Press. CRC.Press. p 34.

**(23) LABUZA, T. P.;** Shelf Life Testing: Procedures and Prediction Methods for Frozen Foods.. Dept. of Food Science & Nutrition, Universtity of Minnesota. 1134 Eckles Ave.,, St. Paul, MN 55108. 46p. Agosto 27/03  
[http://www.fsci.umn.edu/Ted\\_Labuza/PDF\\_files/papers/Frozen%20Food%20Shelf%20Life%20.pdf](http://www.fsci.umn.edu/Ted_Labuza/PDF_files/papers/Frozen%20Food%20Shelf%20Life%20.pdf)

**(24) APLICACIONES DE CINÉTICAS QUÍMICAS PARA EL DETERIORO DE LOS ALIMENTOS.** JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION. Volumen 61. No 4. Abril de 1984. p.348-358.

**(25) CADWEL,M.A.** Method in Food Analisys. New York. 1970

- (26) **SPSS 12.0 FOR WINDOWS.** Demo, bajado de internet para análisis estadístico, multivariable. Octubre 2/03 [www.spss.com/](http://www.spss.com/) -
- (27) **WATER ANALYZER, Ron Webb.** Programa de Internet para realizar análisis cinéticos. [www.users.bigpond.com/webbtech](http://www.users.bigpond.com/webbtech). Abril 15/2003.
- (28) **CRECIMIENTO Y CAMBIOS BIOQUÍMICOS DURANTE EL PROCESO DE MADURACIÓN DE LA MORA (*Rubus glaucus* BENTH.)** Mayo 25/03  
[http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v27\\_2/v272a005.html](http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v27_2/v272a005.html).
- (29) [www.agro.unalmed.edu.co/departamentos/iagricola/posg\\_alimentos/TESES.htm](http://www.agro.unalmed.edu.co/departamentos/iagricola/posg_alimentos/TESES.htm) – Mayo 12/03
- (30) **ENGINEERING PRINCIPLES APPLIED IN FOODS.** Mayo 28/03  
[www.science.oas.org/Simbio/prin\\_ali/principios.pdf](http://www.science.oas.org/Simbio/prin_ali/principios.pdf)
- (31) **TECHNICAL ASPECTS OF FOOD FORTIFICATION.** Junio 3/03.  
<http://micronutrient.org./idpas/pdf/608TechnicalAspedtsofFood.pdf>



# ANEXOS

**ANEXO A.****TABLA DE RESULTADOS. TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO****Tabla No 10. Datos de temperaturas de almacenamiento**

DIAS	TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO (°C)		
	Refrigeración	Congelador Nevera	Congelador
7	4.7	-6.2	-15
14	4.2	-7.4	-14.5
22	3.9	-5.9	-16.1
40	3.4	-6	-15.8
47	4.8	-6.4	-15.5
54	4.2	-6.5	-15.4
61	4.4	-6.6	-15.3
81	4.9	-6.2	-16.1

## ANEXO B.

### TABLA DE RESULTADOS. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### Tabla 11. Anova de un factor. Descriptivo

		N	Descriptivos					Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
			Media	Desviación típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior				
SATPH	-15	9	2.9244	.02186	.00729	2.9076	2.9412	2.88	2.95		
	-7	8	2.9288	.06010	.02125	2.8785	2.9790	2.84	3.00		
	4	8	2.9275	.03694	.01306	2.8966	2.9584	2.87	2.97		
	Total	25	2.9268	.04018	.00804	2.9102	2.9434	2.84	3.00		
SAPH	-15	9	2.8889	.05110	.01703	2.8496	2.9282	2.82	2.99		
	-7	8	2.8613	.06534	.02310	2.8066	2.9159	2.78	2.97		
	4	8	2.9038	.03889	.01375	2.8712	2.9363	2.85	2.98		
	Total	25	2.8848	.05355	.01071	2.8627	2.9069	2.78	2.99		
CTPH	-15	9	2.9078	.05608	.01869	2.8647	2.9509	2.81	2.96		
	-7	8	2.9338	.04104	.01451	2.8994	2.9681	2.87	2.98		
	4	8	2.9150	.02878	.01018	2.8909	2.9391	2.88	2.95		
	Total	25	2.9184	.04365	.00873	2.9004	2.9364	2.81	2.98		
CPH	-15	9	2.8889	.05442	.01814	2.8471	2.9307	2.82	2.97		
	-7	8	2.8825	.05148	.01820	2.8395	2.9255	2.80	2.97		
	4	8	2.8938	.03204	.01133	2.8670	2.9205	2.85	2.95		
	Total	25	2.8884	.04561	.00912	2.8696	2.9072	2.80	2.97		
SATBRIX	-15	9	8.1222	.78387	.26129	8.5197	9.7248	8.00	10.20		
	-7	9	8.6444	.33953	.11318	8.3835	8.9054	8.00	9.00		
	4	9	7.4333	.94868	.31623	6.7041	8.1626	6.40	9.00		
	Total	27	8.4000	1.01299	.19495	7.9993	8.8007	6.40	10.20		
SABRIX	-15	9	8.3111	.47288	.15763	7.9476	8.6746	7.80	9.10		
	-7	9	7.9889	.57975	.19325	7.5433	8.4345	7.00	9.00		
	4	9	8.5656	1.27584	.42528	4.8749	6.8363	5.00	9.00		
	Total	27	7.3852	1.38055	.26569	6.8391	7.9313	5.00	9.10		
CTBRIX	-15	9	9.2444	.60438	.20146	8.7799	9.7090	8.40	10.00		
	-7	9	8.9556	.75847	.25282	8.3725	9.5386	7.10	9.90		
	4	9	6.6667	1.41156	.47052	5.5816	7.7517	4.80	9.90		
	Total	27	8.2889	1.51107	.29081	7.6911	8.8866	4.80	10.00		
CBRIX	-15	9	8.1889	.85505	.28502	7.5316	8.8461	7.20	10.00		
	-7	9	8.1778	.81513	.27171	7.5512	8.8043	7.00	10.00		
	4	9	5.8889	1.59722	.53241	4.6612	7.1166	5.00	10.00		
	Total	27	7.4185	1.55861	.29995	6.8020	8.0351	5.00	10.00		
SATACID	-15	8	2.579363	.1021204	.0361050	2.493988	2.664737	2.4710	2.7776		
	-7	8	2.456463	.1108325	.0391852	2.363804	2.549121	2.2113	2.5618		
	4	8	2.651038	.2332308	.0824595	2.456052	2.846023	2.4304	3.0134		
	Total	24	2.562287	.1737939	.0354755	2.488901	2.635674	2.2113	3.0134		
SAACID	-15	8	2.633538	.1528920	.0540555	2.505717	2.761358	2.4333	2.8784		
	-7	8	2.554688	.1890903	.0668535	2.396604	2.712771	2.2442	2.8026		
	4	8	2.690613	.1174907	.0415393	2.592388	2.788837	2.4958	2.8761		
	Total	24	2.626279	.1594939	.0325566	2.558931	2.693628	2.2442	2.8784		
CTACID	-15	8	3.065325	.4295373	.1518644	2.706223	3.424427	2.4324	3.9866		
	-7	8	2.820487	.2470879	.0873588	2.613917	3.027058	2.4324	3.1577		
	4	8	2.811713	.2873930	.1016088	2.571446	3.051979	2.4140	3.1520		
	Total	24	2.899175	.3380651	.0690072	2.756423	3.041927	2.4140	3.9866		
CACID	-15	8	2.663425	.2933876	.1037282	2.418147	2.908703	2.1043	2.9597		
	-7	8	2.763225	.2550100	.0901596	2.550031	2.976419	2.4746	3.1558		
	4	8	2.793775	.2704078	.0956036	2.567708	3.019842	2.3618	3.1012		
	Total	24	2.740142	.2673498	.0545725	2.627250	2.850334	2.1043	3.1558		
SATVITC	-15	8	8.1563	2.60499	.92100	5.9784	10.3341	4.64	12.13		
	-7	8	5.6088	2.85855	1.01065	3.2189	7.9986	3.22	12.13		
	4	8	3.5813	3.68811	1.30395	.4979	6.6646	1.03	12.13		
	Total	24	5.7821	3.51394	.71728	4.2983	7.2659	1.03	12.13		
SAVITC	-15	8	8.8913	3.84840	1.36062	5.6739	12.1086	3.42	15.17		
	-7	8	6.4238	4.77495	1.68820	2.4318	10.4157	2.28	15.17		
	4	8	4.9575	5.63683	1.99292	2.450	9.6700	.86	15.17		
	Total	24	6.7575	4.88531	.99721	4.6946	8.8204	.86	15.17		
CTVITC	-15	8	6.2800	3.11683	1.10197	3.6743	8.8857	2.63	12.53		
	-7	8	4.8650	3.19626	1.13005	2.2829	7.6271	2.75	12.53		
	4	8	3.6862	3.81260	1.34796	.4988	6.8737	1.20	12.53		
	Total	24	4.9738	3.41468	.69702	3.5319	6.4156	1.20	12.53		
CVITC	-15	8	5.6975	4.35747	1.54060	2.0546	9.3404	2.55	15.90		
	-7	8	5.4638	4.88512	1.72715	1.3797	9.5478	1.56	15.90		
	4	8	5.2413	5.89631	2.08466	.3118	10.1707	.53	15.90		
	Total	24	5.4675	4.86407	.99287	3.4136	7.5214	.53	15.90		
SATET	-15	5	777.40	498.556	222.961	158.36	1396.44	150	1435		
	-7	5	858.60	802.315	358.806	-137.61	1854.81	150	2212		
	4	5	10566.00	9446.069	4224.411	-1162.84	22294.84	150	22482		
	Total	15	4067.33	6955.180	1795.820	215.68	7918.98	150	22482		
SAET	-15	5	3261.00	2514.655	1124.588	138.64	6383.36	214	6439		
	-7	5	2448.00	2140.296	957.169	-209.53	5105.53	214	5784		
	4	5	14787.80	9053.949	4049.049	3545.84	26029.76	214	24225		
	Total	15	6832.27	7782.052	2099.317	2522.71	11141.82	214	24225		
CTET	-15	5	927.80	484.471	216.662	326.25	1529.35	357	1675		
	-7	5	1249.40	1043.134	466.504	-45.82	2544.62	357	3052		
	4	5	13846.00	7984.644	3570.842	3931.75	23760.25	357	19272		
	Total	15	5341.07	7573.791	1955.544	1146.84	9535.29	357	19272		
CET	-15	5	2732.00	880.802	393.907	1638.34	3825.66	1434	3550		
	-7	5	3045.60	1086.352	485.831	1696.72	4394.48	1685	4566		
	4	5	12592.40	6645.970	2972.168	4340.34	20844.46	2983	19825		
	Total	15	6123.33	5967.840	1540.890	2818.45	9428.21	1434	19825		

**Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas**

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
SATPH	7.669	2	22	.003
SAPH	.895	2	22	.423
CTPH	4.633	2	22	.021
CPH	1.270	2	22	.301
SATBRIX	3.866	2	24	.035
SABRIX	1.997	2	24	.158
CTBRIX	1.333	2	24	.283
CBRIX	.689	2	24	.512
SATACID	8.925	2	21	.002
SAACID	1.396	2	21	.270
CTACID	.185	2	21	.833
CACID	.106	2	21	.900
SATVITC	.182	2	21	.835
SAVITC	1.161	2	21	.333
CTVITC	.096	2	21	.909
CVITC	.965	2	21	.397
SATET	14.962	2	12	.001
SAET	3.441	2	12	.066
CTET	6.557	2	12	.012
CET	7.893	2	12	.006

**ANEXO C.**  
**TABLAS DE RESULTADOS. CINÉTICAS DE LA DEGRADACIÓN DE LA**  
**VITAMINA C**

**Tabla 13. Cinética de la degradación de la vitamina C para la**  
**variedad de San Antonio con tratamiento térmico (SAT)**

REACTION KINETICS			time : dias			measurement (mg/100g)		
VITAMINA C (SAT)			Reaction order: 1					
Temp.	4 °C		Temp.	-7 °C		Temp.	-15 °C	
T (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1	t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1	t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1
0	12.13	7.5582	0	12.13	8.5798	0	12.13	11.9401
7	5.02	6.2205	7	7.12	7.8275	7	11.88	11.0602
21	3.12	4.2134	21	4.85	6.5151	21	7.86	9.4901
40	2.46	2.4833	40	4.51	5.0786	40	7.72	7.7097
47	2.29	2.0438	47	4.63	4.6334	47	7.51	7.1415
54	1.37	1.6820	54	4.19	4.2271	54	7.41	6.6152
61	1.23	1.3843	61	4.22	3.8565	61	6.1	6.1277
81	1.03	0.7935	81	3.22	2.9671	81	4.64	4.9239
50		1.8801	50		4.4547	50		6.9110
rate const (k)	-0.0278		Rate const (k)	-0.0131		rate const (k)	-0.0109	
const	2.0226		const	2.1494		const	2.4799	
x.coeff	-0.0278		x.coeff	-0.0131		x.coeff	-0.0109	
R <sup>2</sup>	0.8121		r <sup>2</sup>	0.7448		r <sup>2</sup>	0.9115	
			order (n)	1				
			activ. energy (Ea)	7.1229				
			Kcal/mole					

**Tabla 14. Cinética de la degradación de la vitamina C para la variedad de San Antonio sin tratamiento térmico (SA)**

REACTION KINETICS			time : dias			measurement (mg/100g)		
VITAMINA C (SA)			Reaction order: 1					
Temp. 4 °C			Temp. -7 °C			Temp. -15 °C		
t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1	t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1	t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1
0	15.17	12.8613	0	15.17	13.3751	0	15.17	15.5590
7	11.69	9.7090	7	11.75	11.2591	7	11.94	13.8196
21	6.65	5.5329	21	8.11	7.9786	21	10.57	10.9024
40	1.45	2.5793	40	4.32	4.9994	40	9.17	7.9027
47	1.4	1.9471	47	3.51	4.2085	47	8.87	7.0192
54	1.57	1.4699	54	3.27	3.5428	54	7.63	6.2345
61	0.86	1.1096	61	2.98	2.9823	61	4.36	5.5375
81	0.87	0.4969	81	2.28	1.8233	81	3.42	3.9465
50	1.7261	50	3.9091	50	6.6715			
rate const (k)	-0.0402	rate const (k)	-0.0246	rate const (k)	-0.0169			
const	2.5542	const	2.5934	const	2.74			
x.coeff	-0.0402	x.coeff	-0.0246	x.coeff	-0.0169			
r <sup>2</sup>	0.9884	r <sup>2</sup>	0.9855	r <sup>2</sup>	0.89			
r <sup>2</sup> at chosen order	0.9515	order (n)	1	r <sup>2</sup>	67			
Order with max r <sup>2</sup>	1	activ. energy (Ea)	6.4608					
r <sup>2</sup> at order 1	0.9950	Kcal/mole						

**Tabla 15. Cinética de la degradación de la vitamina C para la variedad de Mora de Castilla con tratamiento térmico (CT)**

REACTION KINETICS								
						time :	dias	
						measurement (mg/100g)		
<b>VITAMINA C (CT)</b>						Reaction order:	1	
Temp. 4 °C			Temp. -7 °C			Temp. -15 °C		
t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1	t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1	t (dias)	Actual ((mg/100g))	Est. @ order 1
0	12.53	7.5816	0	12.53	7.7619	0	12.53	10.6018
7	5.19	6.2708	7	5.9	7.0043	7	8.29	9.4647
21	3.22	4.2898	21	4.02	5.7037	21	5.48	7.5433
40	2.29	2.5625	40	4.03	4.3161	40	6.45	5.5440
47	2.47	2.1195	47	3.59	3.8948	47	6.5	4.9494
54	1.38	1.7530	54	3.34	3.5147	54	5.19	4.4185
61	1.21	1.4499	61	3.48	3.1716	61	3.17	3.9446
81	1.2	0.8429	81	2.75	2.3651	81	2.63	2.8525
50	1.9539	50	3.7271	50	4.7145			
rate const (k)	-0.0271	rate const (k)	-0.0147	rate const (k)	-0.0162			
const	2.0257	const	2.0492	const	0			
x.coeff	-0.0271	x.coeff	-0.0147	x.coeff	-0.0162			
r <sup>2</sup>	0.8053	r <sup>2</sup>	0.6749	r <sup>2</sup>	0.7			
r <sup>2</sup> at chosen order	0.7641	order (n)	1					
Order with max r <sup>2</sup>	1	activ. energy (Ea)	4.0473					
r <sup>2</sup> at order 1	0.9950	Kcal/mole						

**ANEXO D.**  
**TABLAS DE RESULTADOS. CINÉTICAS DE LA FERMENTACIÓN DE**  
**LAS PULPAS DE MORA**

**Tabla 16. Cinética de la fermentación de la pulpa de mora de la variedad de San Antonio con tratamiento térmico (SAT)**

REACTION KINETICS								
						time :	dias	
						measure		
						ment:	[mg/kg]	
ETANOL SAT			Reaction order:			0		
Temp. 4 °C			Temp. -7 °C			Temp. -15 °C		
t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0	t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0	t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0
0	150	0.0010	0	150	0.0010	0	150	142.9606
7	1945	4625.9691	7	449	581.4986	7	508	566.4049
14	12289	10153.2268	14	892	1224.1012	14	1080	989.8491
22	15964	16470.0928	22	2212	1958.5042	22	1435	1473.7854
		50			38579.12371			50
					4528.9147			3167.5623
rate const (k)	789.6082		rate const (k)	91.8004		rate const (k)	60.4920	
const	-901.2887		const	-61.1040		const	142.9606	
x.coeff	789.6082		x.coeff	91.8004		x.coeff	60.4920	
r <sup>2</sup>	0.9364		r <sup>2</sup>	0.9149		r <sup>2</sup>	0.9868	
order (n)			0					
activ. energy (Ea)			19.6425					
Kcal/mole								

**Tabla 17. Cinética de la fermentación de la pulpa de mora para la variedad de San Antonio sin tratamiento térmico (SA)**

REACTION KINETICS						time :	dias	
ETANOL SA						measurement [mg/kg]		
Reaction order: 0								
Temp. 4°C			Temp. -7°C			Temp. -15°C		
t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0	t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0	t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0
0	214	2735.76289	0	214	198.0403	0	214	0.0010
7	13153	10138.01031	7	1874	2291.0141	7	574	1061.3046
14	18822	17540.25773	14	5122	4383.9878	14	2048	2351.0694
22	24225	25999.96907	22	6439	6775.9578	22	4173	3825.0862
50	55608.9588		50	15147.8529		50	8984.1453	
rate const (k)	1057.4639		rate const (k)	298.9963		rate const (k)	184.2521	
const	2735.7629		const	198.0403		const	-228.4602	
x.coeff	1057.4639		x.coeff	298.9963		x.coeff	184.2521	
r <sup>2</sup>	0.9364		r <sup>2</sup>	0.9663		r <sup>2</sup>	0.9535	
			order (n)	0				
			activ. energy (Ea)	13.2375099				
			Kcal/mol					
			e					

**Tabla 18. Cinética de la fermentación de la pulpa de mora para la variedad de Mora de Castilla sin tratamiento térmico (C)**

REACTION KINETICS						time :	dias	
ETANOL						measurement [mg/kg]		
C						Reaction order:	0	
Temp. 4 °C			Temp. -7 °C			Temp. -15 °C		
t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0	t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0	t (dias)	Actual ([mg/kg])	Est. @ order 0
0	2983	5249.9789	0	2983	2541.6873	0	2983	3095.1438
7	13549	10224.0976	7	2473	3120.2586	7	3421	3256.5224
22	19825	20882.9235	22	4566	4360.0541	22	3550	3602.3338
50	40779.3984		50	6674.3391		50	4247.8483	
rate const (k)	710.5884		rate const (k)	82.6530		rate const (k)	23.0541	
Const	5249.9789		Const	2541.6873		const	3095.1438	
x.coeff	710.5884		x.coeff	82.6530		x.coeff	23.0541	
r <sup>2</sup>	0.8805		r <sup>2</sup>	0.7246		r <sup>2</sup>	0.7602	
			order (n)	0				
			activ. energy (Ea)	25.7724				
			Kcal/mole					

## ANEXO E.

## FIGURAS DE LAS CINÉTICAS DE LA DEGRADACIÓN DE LA VITAMINA C

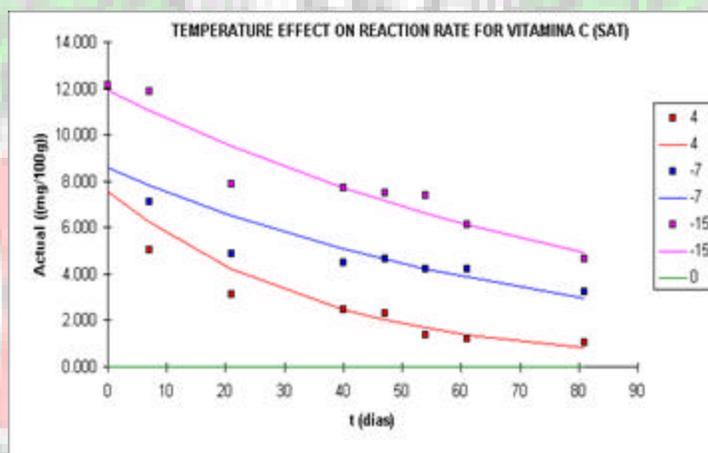


Figura 22. Efecto de la temperatura en la degradación de la vitamina C ( SAT).

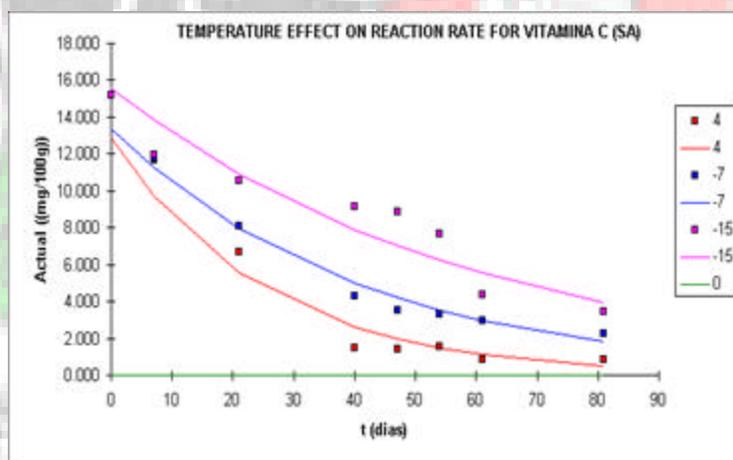


Figura 23. Efecto de la temperatura en la degradación de la vitamina C. ( SA)

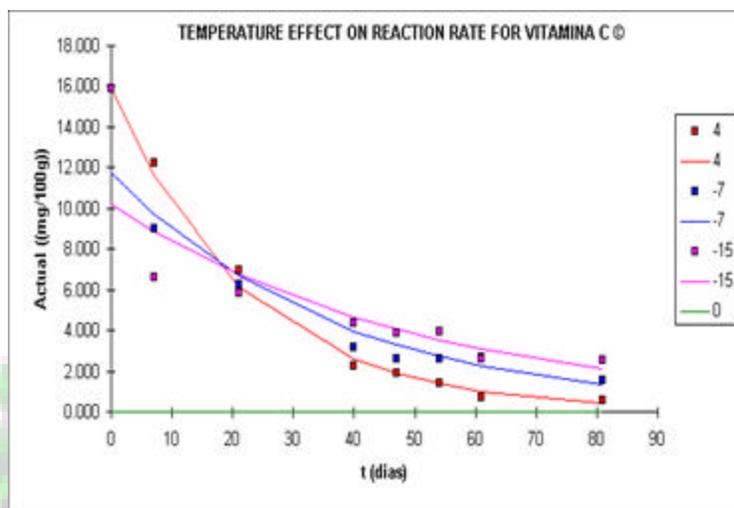
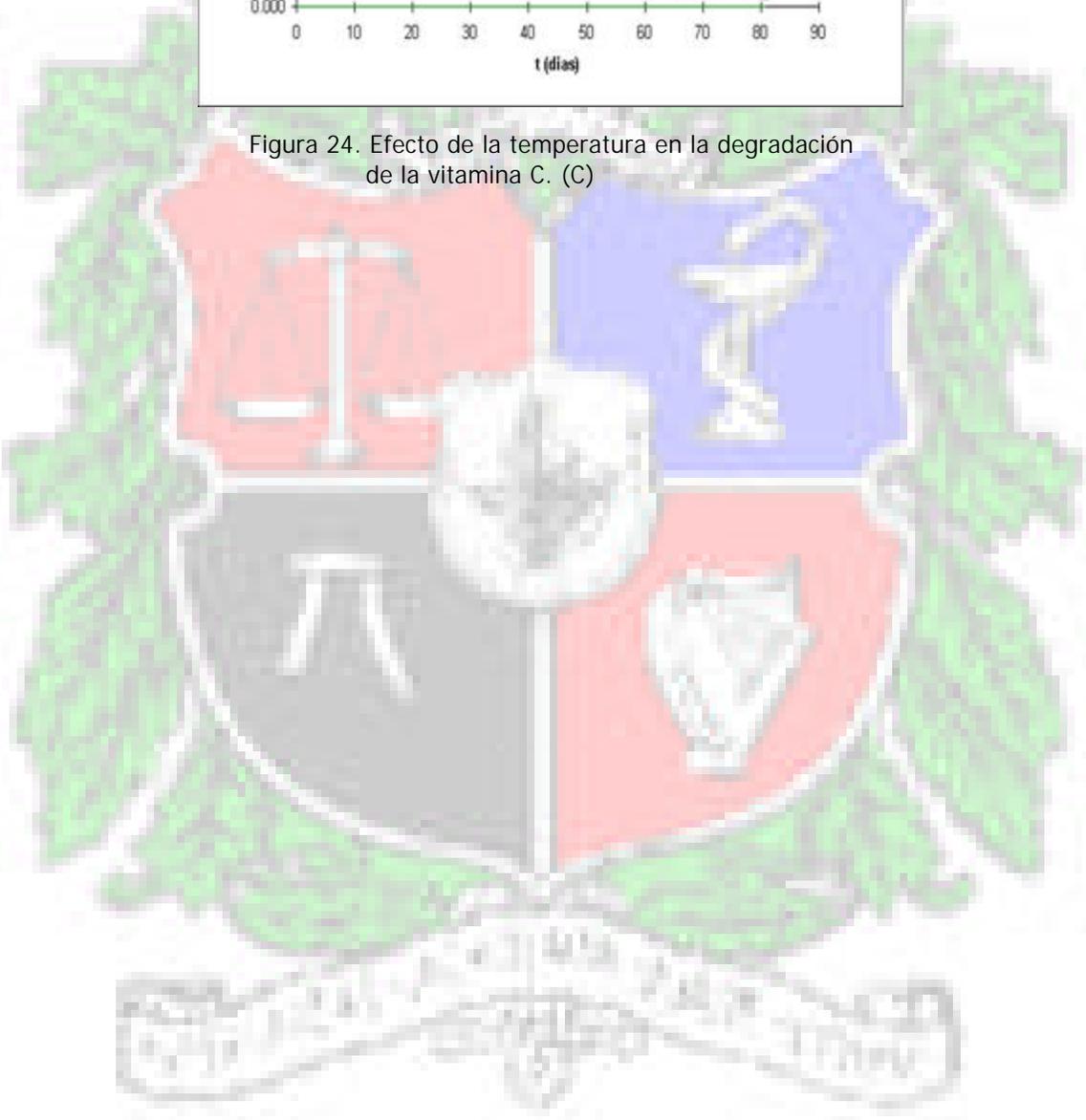


Figura 24. Efecto de la temperatura en la degradación de la vitamina C. (C)



## ANEXO F.

## FIGURAS DE LAS CINÉTICAS DE FERMENTACIÓN DE LA PULPA DE MORA

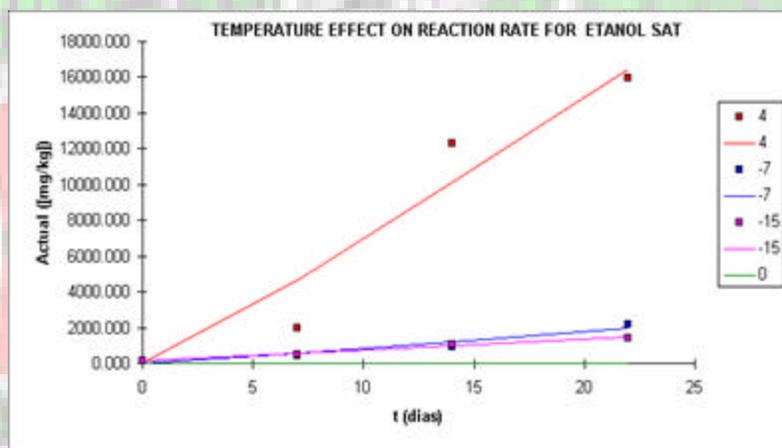


Figura 25. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para el etanol SAT

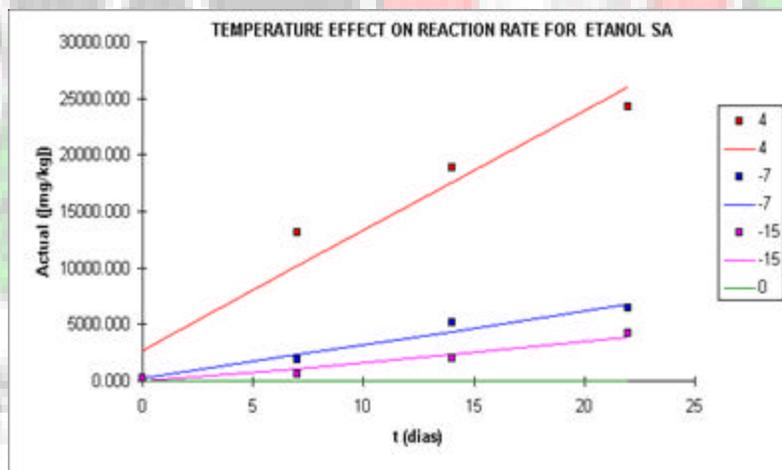


Figura 26. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para el etanol SA

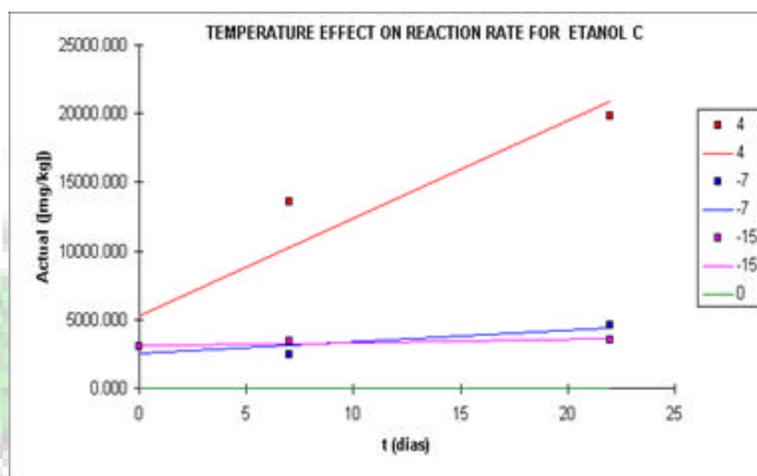


Figura 27. Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para el etanol C

ANEXO G

# CROMATOGRAFÍAS



Software Version: 4.1<1L22>

Date: 30/11/2002 8:59 AM

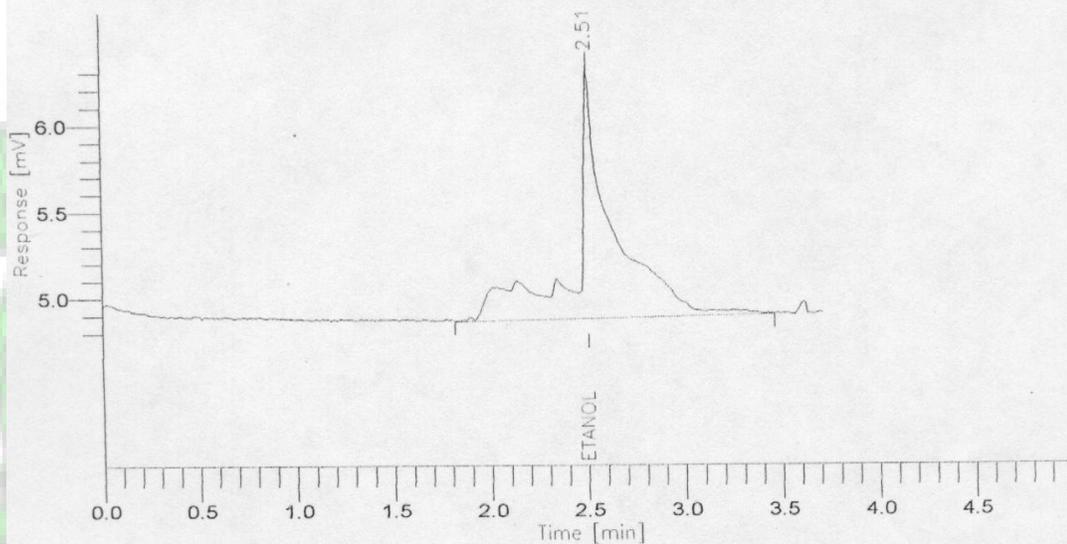
Sample Name :

Data File : C:\TC4\DATA\MORA\1912001H.RAW Date: 30/11/2002 8:53 AM

Sequence File: C:\TC4\DATA\MORA\1912.SEQ Cycle: 1 Channel : A

Instrument : TGCLITE\_0:A Rack/Vial: 0/0 Operator:

Sample Amount : 1.0000 Dilution Factor : 1.00



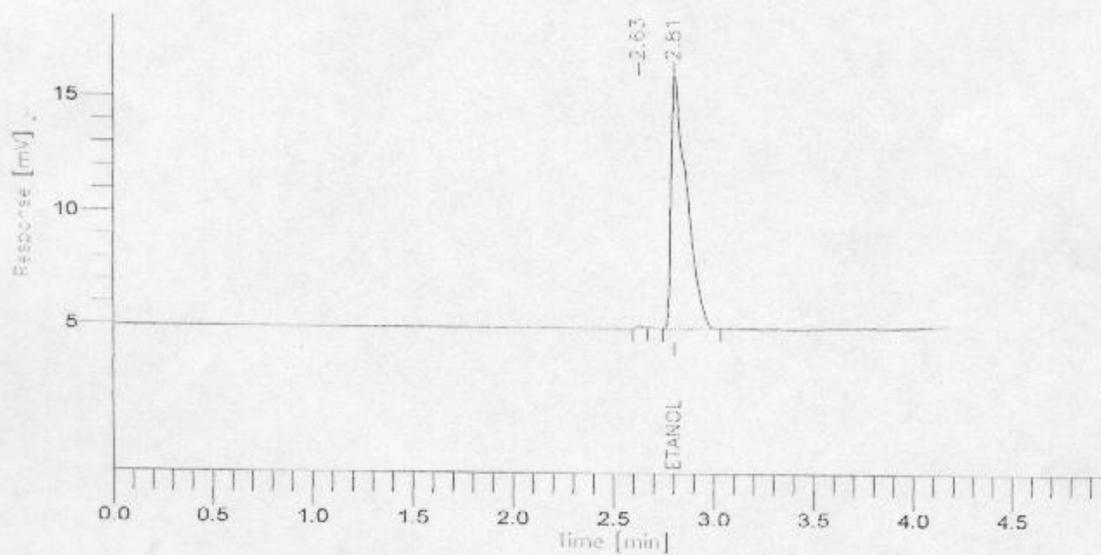
### Análisis de etanol en pulpas de fruta

Muestra:CT

Identificación: CN

Peak #	Time [min]	Component Name	Area [pV·s]	Area [%]	Cantidad mg/Kg	Cantidad Total mg/Kg
1	2.510	Etanol	19585.36	100.00	251.7692	3051.7843
			19585.36	100.00	251.7692	3051.7843

Software Version: 4.1<1L22>  
 Date: 29/11/2002 12:04 AM  
 Sample Name :  
 Data File : C:\TC4\DATA\MORA\1204001F.RAW Date: 28/11/2002 9:37 PM  
 Sequence File: C:\TC4\DATA\MORA\1204.SEO Cycle: 1 Channel : A  
 Instrument : TGCLITE\_0:A Rack/Vial: 0/0 Operator:  
 Sample Amount : 1.0000 Dilution Factor : 1.00



### Análisis de etanol en pulpas de fruta

Muestra: CT  
 Identificación: Refrigerada

Peak #	Time [min]	Component Name	Area [mV·s]	Area [%]	Cantidad [mg/5g]	Cantidad Total [mg/5g]
1	2.631		213.13	0.35	0.0002	0.0035
2	2.810	Etanol	60100.95	99.65	772.5967	12726.5512
			60314.08	100.00	772.5910	12726.5548

