



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO  
DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA INGENIERIA EN ALIMENTOS**

**CAMPUS JIPIJAPA**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**TEMA:**

“Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado y prueba de uso en crema pastelera”

**AUTOR:**

SHONE RAMIRO MORALES PARRALES

**DIRECTOR DE TESIS:**

Ing. GEORGE GARCIA MERA

**JIPIJAPA - MANABÍ -ECUADOR**

**2011**

# CERTIFICACIÓN

Ing. Agrop. George García Mera, profesor de la Facultad de Ingeniería Agropecuaria, certifica que el Egresado **Shone Ramiro Morales Parrales** realizo la Tesis de Grado Titulada “**Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado**”, bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

---

Ing. Agrop. George García Mera  
**DIRECTOR DE TESIS**

# **UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**TESIS DE GRADO**

**“Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado y prueba de uso en crema pastelera”.**

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el Título de:

**INGENIERO EN INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS.**

Aprobado por la Comisión:

---

Ing. Agrop. George García Mera  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Msc Ing. Jessenia García Montes  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Heber Vera Delgado  
**MIEMBRO**

---

Ing. Alcides Castillo Chávez  
**MIEMBRO**

La responsabilidad de la investigación, resultados y Conclusiones del presente trabajo, corresponden exclusivamente al autor.

---

**Shone Ramiro Morales Parrales**

## **DEDICATORIA**

A Dios todo poderoso que nos guía en su camino de verdad. A mis padres José y Ángela que me regalaron la vida y ejemplo de trabajo, tesón, sacrificio y cariño para que yo luche y sea lo que ellos no pudieron ser. A mi esposa Silvia del Pilar por su amor, paciencia y apoyo sin condiciones. A mis hijos José Andrés y Jacinto Andrés por todas sus alegrías compartidas. A mis hermanos yacen lejos y tan cerca a la vez sabiendo que Dios los ilumina.

**Shone Ramiro Morales Parrales**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra forma me han ayudado en estos años de camino para la culminación de mi carrera con la presentación de esta Tesis.

Gracias Profesores, maestros guiadores y sembradores de conocimientos y esmero en el proceso investigativo mil gracias.

**Shone Ramiro Morales Parrales**

# ÍNDICE

	ÍNDICE DE CONTENIDO	Página
<b>I.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	1
	<b>OBJETIVOS:</b>	3
	A. OBJETIVO GENERAL:	3
	B. OBJETIVOS ESPECIFICOS:	3
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	4
	A.- ASPECTOS GENERALES DE LA YUCA	4
	B. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - QUÍMICAS DEL ALMIDÓN	7
	C. EL CULTIVO DE LA YUCA	9
	D.- REOLOGÍA	16
	E.-TEORÍA DE LA ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN EN EL INFRARROJO	21
	F. ACETILACIÓN Y EFECTO DE TEMPERATURA Y TIEMPO EN LA REACCIÓN	27
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>29</b>
	A. UBICACIÓN	29
	B. CARACTERISTICAS CLIMATICAS	29
	C. FACTORES DE ESTUDIO EN LA ACETILACION DEL ALMIDON	29
	D. TRATAMIENTOS	30
	E. PROCEDIMIENTO	31
	F. MANEJO DEL EXPERIMENTO	33
	G. ESTIMACIÓN ECONÓMICA	34
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS</b>	35
	A.- RESULTADOS DEL GRADO DE ACETILACIÓN Y SU GRADO DE SUSTITUCIÓN.	35
	B.- DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO	41
	C. APLICACIÓN DEL ALMIDÓN MODIFICADO EN	59

	ALIMENTO COMO ESPESANTE	
V.	DISCUSION	62
VI.	CONCLUSIONES	63
VII.	RECOMENDACIONES	64
VIII.	RESUMEN	65
IX.	SUMMARY	66
X.	BIBLIOGRAFÍA	68
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	CONTENIDO	Página
<b>1</b>	Elementos nutritivos de la raíz de la yuca, en comparación con otros productos.	8
<b>2</b>	Variedades de Yuca existentes en diferentes Zonas del Ecuador.	11
<b>3</b>	Tratamientos objetos de estudio del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.	30
<b>4</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	35
<b>5</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	35
<b>6</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	36
<b>7</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	36
<b>8</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	37
<b>9</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	37
<b>10</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	38
<b>11</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	38
<b>12</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	39
<b>13</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	39
<b>14</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	40

<b>15</b>	Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.	40
<b>16</b>	Resultados de T1R x de los grados de sustitución	41
<b>17</b>	Resultados de T2Rx de los Grados de Sustitución	44
<b>18</b>	Resultados de T3Rx de los Grados de Sustitución	47
<b>19</b>	Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento uno del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.	51
<b>20</b>	Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento uno del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010. Datos ajustados a $\sqrt{x} + 1$ .	51
<b>21</b>	Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento dos del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.	53
<b>22</b>	Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento dos del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010. Datos ajustados a $\sqrt{x} + 1$ .	53
<b>23</b>	Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento tres del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.	55
<b>24</b>	Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento tres del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010. Datos ajustados a $\sqrt{x} + 1$ .	55
<b>25</b>	Análisis de varianza del Porcentaje de acetilación y grado de sustitución del promedio de los tres tratamientos del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010“.	57

<b>26</b>	Valores promedios de Porcentaje de acetilación y grado de sustitución del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico	CONTENIDO	Página
<b>1</b>	La grafica 1a, presenta las condiciones del experimento (arriba) y abajo los primeros puntos de inicio de la corrida del almidón sin modificar.	17
	La grafica 1b, presenta las condiciones del experimento (arriba) y abajo los primeros puntos de inicio de la corrida del almidón sin modificar.	18
<b>2</b>	2.a. Representa la partida del almidón de yuca modificado.	18
	2.b. Representa la terminación del ensayo	19
<b>3</b>	3.a. Luego se almacena la solución a 1-4 C por 24 horas y se realiza el ensayo	19
	3.b. Se realiza otro ensayo luego de 48 horas en las mismas condiciones	20
<b>4</b>	4.a. Ensayo a una semana de almacenar de 1-4C	20
	4.b. Ensayo de 2 semanas de 1-4C de almacenamiento	21
<b>5</b>	Tipos de vibraciones de flexión, Libro de skoog	22
<b>6</b>	Estudio comparativo de los ácidos acéticos.	25
<b>7</b>	Ácido acético orgánico en amarillo	26
<b>8</b>	Resultados de Varianza Primer Factor	42
<b>9</b>	Ensayos T1R1	42
<b>10</b>	Ensayo T1R2	43
<b>11</b>	Ensayo T1R3	43
<b>12</b>	Ensayo T1R4	44
<b>13</b>	Resultados de Varianza Segundo Factor	45

<b>14</b>	Ensayo T2R1	45
<b>15</b>	Ensayo T2R2	46
<b>16</b>	Ensayo T2R3	46
<b>17</b>	Ensayo T2R4	47
<b>18</b>	Resultados de Varianza Segundo Factor	48
<b>19</b>	Ensayo T3R1	48
<b>20</b>	Ensayo T3R2	49
<b>21</b>	Ensayo T3R3	49
<b>22</b>	Ensayo T3R4	50
<b>23</b>	Promedios del tratamiento uno	52
<b>24</b>	Promedios del tratamiento dos	54
<b>25</b>	Promedios del tratamiento tres.	56

## GLOSARIO DE TERMINOS

**Adipatico:** Es el producto de sal de una reacción entre el ácido adípico y un pH básico, o alto, compuesto. Químicamente, el ácido adípico pertenece a la clase de ácidos dicarboxílico, compuestos orgánicos que tienen dos grupos funcionales de ácido carboxílico.

**Amilosa:** Es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos  $\alpha(1,4)$ , que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, es una  $\alpha$ -D-(1,4)-glucana cuya unidad repetitiva es la  $\alpha$ -maltosa.

**Amilopectina:** Es un sacárido que se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular parecida a la de un árbol: las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces  $\alpha$ -D-(1,6), localizadas cada 25-30 unidades lineales de glucosa.

**Almidón Modificado:** Los almidones se modifican por un número de razones. Los almidones se pueden modificar para aumentar su estabilidad contra calor excesivo, ácido, y la congelación; para cambiar su textura; o para alargar o acortar tiempo de la gelatinización . Un almidón modificado puede ser un almidón inmediato que espesa y se gelifica sin calor.

**Birrefringencia:** También conocida como doble refracción, es el fenómeno óptico se observa cuando una radiación luminosa incide sobre un medio no isótropo. La onda se descompone en dos distintas que se propagan en diferentes direcciones.

**Carboxilación:** Proceso químico en el cual un grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) sustituye a un átomo de hidrógeno.

**Cianogénico:** Compuesto químico que, como su nombre indica, es capaz de liberar un radical HCN al que debe su carácter tóxico reconocido en el cianuro.

**Espesantes:** Son sustancias que al agregarse a una mezcla, aumentan su viscosidad sin modificar sustancialmente sus otras propiedades como el sabor. Proveen cuerpo, aumentan la estabilidad y facilitan la formación de suspensiones. Los agentes espesantes son frecuentemente aditivos alimentarios.

**Gelificación:** Coagulación en masa de una solución coloidal por formación de una red sólida extremadamente fina que contiene un líquido en sus mallas.

**Hidrólisis:** Descomposición de sustancias orgánicas e inorgánicas complejas en otras más sencillas por acción del agua.

**Reómetro:** Un **reómetro** es un instrumento de laboratorio que se usa para medir la forma en que fluyen un líquido, mezcla o suspensión bajo la acción de fuerzas externas.

**Reología:** es el estudio de la deformación y el flujo de la materia.

**Viscosidad:** es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales.

## I. ANTECEDENTES

En una variedad de tejidos de origen botánico, incluyendo principalmente los frutos, semillas, hojas y tubérculos, se encuentra el almidón. Este posee la característica de ser la reserva de carbohidratos de las plantas, es insoluble en agua fría y generalmente está depositado como diminutos gránulos de tamaño entre 1 a 100 micrómetros y con la posibilidad de tener mayores diámetros, **(Wurzburg, 1986)**.

El almidón está constituido esencialmente por una mezcla de polisacáridos conformada por amilosa y la amilopectina, y una fracción minoritaria (Proteína, Grasa y Fibra cruda) de 1 % a 2%. La mayoría de los almidones en su estructura glucosídica está conformada por 20% de amilosa y el restante 80% de amilopectina, **(French, 1984)**.

Las diferentes características del almidón, no sólo la morfología y el tamaño del gránulo, sino también la calidad y la composición que posee, están muy relacionadas con la procedencia de la fuente vegetal de la cual se obtiene y a su vez puede variar las características entre la misma especie, **(Reis y Cunha, 2005)** .

La amilosa es esencialmente un polímero, en el cual las unidades de anhidro glucosas están presentes y unidades en mayor parte por enlaces glucosídicos alfa (1-4) y un leve grado de ramificación en enlaces alfa (1-6). La molécula tiene un peso molecular promedio de 105 a 106 g/mol **(Tester et al., 2004)**.

Nuestro país es siempre catalogado como pobre, no por carecer de recursos naturales sino por falta de tecnologías para procesar productos, para darles valor agregado.

De acuerdo a las estadísticas del Banco Central de los últimos cinco años observamos las exportaciones de yuca fresca para diferentes países, es muy poca eso nos da una idea de la poca importancia en desarrollar nuevas tecnologías.

Sería muy provechoso darle el seguimiento a estos datos ya que en nuestro país especialmente en la provincia de Manabí y Esmeraldas existen organizaciones denominadas Asociaciones de Pequeños Productores de Yuca (APPYS) y una unión de organizaciones denominadas UAPY cuyo objetivo principal fue de introducir nuevas tecnologías de cultivo, producir yuca fresca y congelada para la exportación y pequeña cantidad de aglutinante los mismos que fueron abandonados ya casi una década ya sea por diferentes factores burocráticos.

Según Cifras del banco Central del Ecuador la exportaciones de yuca entre el año 2005-2010 se realizaron a Estados Unidos 13093.60 kilos, Puerto Rico 4045.25 kilos, Colombia 28797.23 kilos, España 3783.91 kilos, Reino Unido 1442.94 kilos, Holanda (países bajos) 723.74 kilos, Bélgica 172.34 kilos, Canadá 23.96 kilos, Otros países no determinados 3.91 kilos, Francia 4.28, Bahamas 4.37 kilos, Antillas Holandesas 25.47 kilos, Panamá 1.12 kilos, Alemania 1.88 kilos, República Dominicana 1.64 kilos, Chile 0.42 kilos y México 0.08 kilos, dando un total de 52220.67 kilos exportados dejando un ingreso en USD. 13273.05.

Las exportaciones de almidones y fécula entre el año 2005 y 2010 fueron a España 20.30 kilos, Colombia 3.25 kilos, Estados Unidos 2.29 kilos, Italia 0.84 kilos y Francia 0.17 kilos dando un total de exportaciones de 26.84 kilos.

Además de otras exportaciones según el Banco Central a Estados Unidos con 236.36 kilos, Colombia 292.89 kilos, China 144.78 Kilos, México 37.07 kilos, Argentina 148.50 kilos, Alemania 9.27 kilos, Perú 15.30 kilos, Bélgica

1.60 kilos, Francia 0.75 kilos, Rusia 9.39 Kilos y Brasil 11.84 kilos, dando un total de 907.72 kilos.

Con lo expuesto se realizó una investigación en condiciones de laboratorio en un reactor mecánico con capacidad de 500 ml, se empleó almidón de yuca al cual se realizó un análisis físico-químico antes del ensayo de % de humedad, acidez y microbiológico, se empleará el ácido acético para sustitución del grupo acetilo, y será medido por volumetría con ácido clorhídrico 0.5 N y su posterior comparación con el almidón sin modificar, en una lectura de su viscosidad en reómetro AR 1000. Se plantean los siguientes Objetivos:

### **OBJETIVOS:**

#### **A. OBJETIVO GENERAL:**

- Generar tecnología para la obtención del Almidón de Yuca Modificado.

#### **B. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

1. Determinar el mejor tratamiento de almidón modificado, mediante análisis del contenido nutricional.
2. Definir la importancia del uso industrial y comercial del almidón modificado por sus niveles o grados de incorporación de los grupos acetilos, medidos por volumetría.
3. Comparar las propiedad reológica (Viscosidad) del almidón modificado con relación al almidón nativo.
4. Aplicación del Almidón modificado en alimento como espesante.
5. Realizar estudio económico de los tratamientos.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### A.- ASPECTOS GENERALES DE LA YUCA

#### La planta

La yuca es una planta perenne que crece bajo cultivo hasta una altura de unos 2 a 4 m. Las hojas, anchas y palmeadas, tienen corrientemente de 5 a 7 lóbulos, soportadas sobre un pecíolo largo y delgado. Crecen solamente hacia el extremo de las ramas. A medida que la planta va creciendo, el tallo principal se bifurca, generalmente en tres ramas, que a su vez, se dividen de modo análogo. **(Grace M.R. 1977).**

Las raíces o tubérculos irradian desde el tallo por debajo de la superficie del terreno. Las raíces de alimentación que crecen verticalmente desde el tallo y las raíces de almacenamiento penetran en el suelo hasta una profundidad de 50-100cm, y esta capacidad de la planta de yuca para conseguir nutrientes a una cierta distancia por debajo de la superficie puede contribuir a explicar su crecimiento sobre suelos de baja calidad.

Sobre la misma planta se producen flores masculinas y femeninas dispuestas en penachos sueltos. El fruto, de forma triangular, contiene tres semillas que son viables y pueden emplearse para la propagación de la planta. El número de raíces tuberosas y sus dimensiones difieren mucho según la variedad de que se trate.

Las raíces pueden llegar a alcanzar de 30 a 120 cm de longitud y 4 a 15 cm de diámetro, y un peso de 1 a 8 kg o más. La piel de ésta está formada por una parte exterior y otra interior, constituida la primera por una capa de células suberosas y el felógeno. La capa suberosa es, generalmente de color oscuro y puede eliminarse raspándola en agua, que es como se hace en las lavadoras de las grandes fábricas.

La parte interior de la piel contiene el felodermo y el floema, que separan aquella del cuerpo de la raíz. Debido a la textura de la capa de transición, la piel se desprende fácilmente de la parte central, lo cual facilita el mondado de las raíces.

El peso de la capa de corcho oscila entre 0,5 y el 2% del peso total del tubérculo, mientras que el de la parte interior de la piel varía entre 8 y el 15 %. En las raíces maduras, por lo general esta parte tiene de 2 a 3 mm de espesor.

El contenido de almidón de la piel es sólo más resistente, lo que hace difícil el raspado uniforme con las raspadoras primitivas, y las fábricas pequeñas prefieren pelar las raíces antes de proceder a su elaboración. Sin embargo, en las grandes fábricas no resulta admisible la pérdida de almidón que supone la eliminación de la piel, por lo que se limitan a eliminar la capa de corcho.

### **El Almidón**

El almidón es una reserva de energía de casi todas las plantas, sin embargo es muy abundante en las semillas, raíces y tubérculos. Consiste en una cadena de unidades D glucopiranosil y tiene fórmula general  $(C_6H_{10}O_6)$ . Tiene dos elementos principales: amilosa (fracción insoluble) 10-20% y amilopectina (fracción soluble) 80-90 %.

La utilización del almidón como componente alimentario se basa en sus propiedades de interacción con el agua, especialmente en la capacidad de formación de geles. Abunda en los alimentos amiláceos de los cuales se extrae fácilmente y es la más barata de todas las sustancias con estas propiedades.

El almidón tal como se encuentra en la naturaleza no se comporta bien en todas las situaciones que pueden presentarse en los procesos de fabricación de alimentos. Concretamente presenta problemas en alimentos ácidos o cuando éstos deben calentarse o congelarse, inconvenientes que pueden obviarse en cierto grado modificándolo químicamente.

Una de las modificaciones más utilizadas es el entrecruzado, que consiste en la formación de puentes entre las cadenas de azúcar que forma el almidón. Si los puentes se forman utilizando trimetafosfato, tendremos el fosfato de almidón si se forman con epíclorhidrina el éter glicérico de dialmidón y si se forman con anhídrido adípico el adipato de almidón. Estas reacciones se llevan a cabo fácilmente por tratamiento con el producto adecuado en presencia de un álcali diluido y modifican muy poco la estructura ya que se forman puentes solamente entre 1 de cada 200 restos de azúcar como máximo.

Estos almidones entrecruzados dan geles mucho más viscosos a alta temperatura que el almidón normal y se comportan muy bien en medio ácido, resisten el calentamiento y forman geles que no son pegajosos, pero no resisten la congelación ni el almacenamiento muy prolongado. Otro inconveniente es que cuanto más entrecruzado sea el almidón, mayor cantidad hay que añadir para conseguir el mismo efecto, resultando más caro.

Otra modificación posible es la formación de esteres o éteres de almidón (sustitución). Cuando se hace reaccionar el almidón con anhídrido acético se obtiene el acetato de almidón hidroxipropilado y si se hace reaccionar el almidón con tripolifosfato el fosfato de mono almidón. Estos derivados son muy útiles para elaborar alimentos que deban ser congelados o enlatados, formando además geles más transparentes.

Pueden obtenerse derivados que tengan las ventajas de los dos tipos efectuando los dos tratamientos, entrecruzado y sustitución.

## **B. Características Físicas - Químicas del Almidón**

**French, (1984); Biliaderis (1991).** El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos.**Cousidine(1982).** Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades espesantes y gelificantes.

**Fleche,(1985).** Sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (temperatura, pH y presión) reducen su uso en otras aplicaciones industriales, debido a la baja resistencia a esfuerzos de corte, descomposición térmica, altos niveles de retrogradación y sinérisis. Las mismas que pueden ser superadas modificando la estructura nativa por método químico, físico y enzimático, dando como resultado un almidón modificado.

**Agboola et al., (1991).** Los almidones modificados generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-descongelamiento.

**Jarowenko, (1986).** El almidón acetilado se obtiene por esterificación con anhídrido acético.

**Betancur-Ancona et al.,(1997).** El número de grupos acetilos incorporados en la molécula depende de la fuente del almidón, concentración del reactivo, tiempo de reacción, proporción de amilosa/amilopectina, pH y la presencia de catalizador.

**Cuadro 1.-** Elementos nutritivos de la raíz de la yuca, en comparación con otros productos.

	Calorías Por 100g	Proteínas	Grasa	Carbo- Hidratos	Ceniza	Humedad	Fibra
Tubérculo De Yuca Pelado	127	0.8-1.0	0.2- 0.5	32	0.3- 0.5	65	0.8
Harina De Tapioca	307	0.5-0.7	0.2	85	0.3	15	0.5
Patatas	89	2.1	0.1	20	1	77	0.7
Harina De Patatas	331	-	0.3	82	0.3	15	0.4
Arroz Sin Cáscara	347	8	2.5	73	1.5	15	1.0

**Fuente: FAO**

Un producto gelatinizado se obtiene cuando los gránulos de almidón se encuentran en exceso de agua y se aplica calor. El sistema gelatinizado bajo ciertas condiciones puede experimentar cambios como la reorganización de las moléculas de almidón y convertirse en una estructura de gel; esta secuencia de eventos se conoce como retrogradación.

La gelatinización de los gránulos de almidón se ha definido como la transición de fase de un estado ordenado a un estado desordenado, el cual se lleva a cabo durante el calentamiento en exceso de agua.

Esta transición siempre implica pérdida de cristalinidad, absorción de agua, hidratación del almidón y pérdida de orden aniso trópico o birrefringencia, la cual es una medida del ordenamiento del gránulo de almidón a una escala de longitud de onda de luz de 0,5  $\mu\text{m}$ .

La retrogradación del almidón se puede ver como el fenómeno opuesto a la gelatinización. Los polímeros solubles del almidón y los fragmentos granulares insolubles presentes se reasocian después del calentamiento.

Eventualmente se forman agregados cristalinos, acompañados por un incremento gradual en la rigidez, una opacidad en la suspensión y la separación de fases entre el polímero y el solvente (sinéresis).

Gelificación

Tipo de Almidón.

Amilosa su concentración 27%.

Forma del gránulo Angular poligonal y esférico.

Tamaño de 5 – 25 micras.

Temperatura de gelatinización 62 - 80°C.

Características del gel del maíz tiene una viscosidad media, es opaca y tiene una tendencia muy alta a gelificar.

Características del gel del trigo tiene viscosidad baja es opaco y tiene alta tendencia a gelificar.

**Fuente Alimentaria en Línea**

## **C. EL CULTIVO DE LA YUCA**

**Segùn la Guía de cultivo INIAP (1997).** En Ecuador, se cultiva la yuca o mandioca cuyo nombre científico es *Manihot esculenta Crantz*, tiene un alto contenido de carbohidratos es resistente a la sequía, plagas y enfermedades, se la cosecha en varias épocas del año y es utilizada en la industria de la alimentación humana y animal.

Por su potencial de producción y usos finales, se ha convertido en base de la alimentación para la población rural y en una alternativa de comercialización en centros urbanos ya que las raíces son ricas en almidón y sus hojas ricas en proteínas.

La yuca trae muchas ventajas para los agricultores de bajos ingresos, ya que se da en suelos pobres o en tierras marginales donde no se pueden producir otros cultivos, el cultivo requiere de pocos fertilizantes, plaguicidas y agua.

Además, la yuca puede cosecharse en cualquier momento de los 8 a los 24 meses después de plantarla, por lo que puede quedarse en la tierra como defensa contra una escasez de alimentos inesperada.

Se la cultiva principalmente en las llanuras tropicales, en las estribaciones exteriores de la cordillera, los cultivos están localizados en todas las provincias del país incluido Galápagos.

En Manabí, el mayor porcentaje de productores está constituido por pequeños agricultores de escasos recursos, que la siembran generalmente como cultivo de subsistencia en superficies de 0.25 a 5.0 hectáreas.

A nivel intensivo se siembran variedades desarrolladas o recomendadas por el INIAP (Portoviejo 650 y Tres meses para el trópico, Escancela y Morada para el subtrópico), PROEXANT recomienda el uso de la variedad Valencia ya que se adapta fácilmente a regiones como Santo Domingo de los Colorados y a la región Amazónica, por su alto rendimiento, y valor comercial especialmente a nivel internacional.

**Guía de cultivo INIAP (1997)**

**[agrodominicano.blogspot.com/.../manejo-cultivo-yuca-repdom.html](http://agrodominicano.blogspot.com/.../manejo-cultivo-yuca-repdom.html)**

**Cuadro 2.** Variedades de Yuca existentes en diferentes Zonas del Ecuador.

<b>COSTA</b>	<b>SIERRA</b>	<b>ORIENTE</b>
Tres meses	Crema	Lago Agrio
Taureña	Patucha	Pucalumu
Amarilla	Envallecana	Llana lumu
Quevedeña	Montañés	Yuralumu
Espada	Crema Blanca	Acchalumu
Mulata	Crema Amarilla	Jatunlumu
Negra	Negra	Guagua lumu
Criolla	Morada pequeña	Ushpalumo
Pata de paloma	Morada	Huacamayolumo
Blanca	Criolla	Nina lumo
Chola	Pata de paloma	Quilulumo
Crema	Yema de huevo	
Crema Amarilla	Escancela	
Canela	Lojana	
Yema de huevo	Boliviana morada	
Prieta	Envallecana chica	
Morena		
Quintal		
Negrita		
Lojana		
Yuca de año		

Fuente: INIAP

En la actualidad, el cultivo se ha extendido a cerca de 90 países tropicales y subtropicales, se calcula que sus raíces alimentan alrededor de 5 millones de personas. De las 203 millones de toneladas de raíces frescas que se

producen en el mundo, aproximadamente el 18% (37 millones de toneladas) es producida por América Latina y el Caribe. Una vez cosechada, la yuca se descompone rápidamente, por lo que se debe comer o transformarla enseguida.

Algunas variedades se pueden comer crudas o cocidas como patatas, muchas contienen un alto índice de glucósidos cianogénicos que se los debe eliminar para que la yuca sea comestible. Suelen eliminarse las toxinas de estas variedades amargas pelando y rallando el tubérculo para obtener una pulpa, que luego se fermenta ligeramente antes de exprimirla, secarla y tostarla.

Obtener harina de yuca de gran calidad podría contribuir a que muchos países en desarrollo redujeran su dependencia de los granos importados. Otro de los usos de la yuca es como piensos para animales, sobre todo en hojuelas y gránulos comprimidos para exportación. Tailandia es uno de los países que se encuentra a la cabeza en las exportaciones de gránulos comprimidos de yuca principalmente hacia la Unión Europea.

En América Latina, el mercado interno de piensos hechos a partir de yuca muestra posibilidades de crecimiento, más del 30 por ciento de la yuca producida en América Latina se utiliza para piensos de animales consumidos en el país.

De la yuca también se obtiene el almidón que tiene propiedades únicas, como son su gran viscosidad y su resistencia al congelamiento, que le dan ventajas en comparación con otros almidones industriales.

El INIAP dispone de cierta tecnología que se vienen aplicando a nivel de fincas, especialmente en la provincia de Manabí. La tecnología incluye variedades de fácil manejo y prácticas agronómicas y fitosanitarias que son sencillas y baratas. Con esta tecnología se ha logrado casi duplicar el

rendimiento de las variedades locales y mejorar el de los materiales introducidos.

Estas tecnologías consisten básicamente de lo siguiente:

1. Buena preparación del suelo,
2. Selección y protección de las estacas,
3. Uso de estacas de 20 cm y con 5 yemas como mínimo,
4. Siembra sobre los surcos cuando los suelos son pesados y existen altas Precipitaciones.
5. Población adecuadas de plantas,
6. Control oportuno de las malezas, y
7. Rotación del cultivo, por lo menos cada tres años.

### **Preparación del Suelo**

Para una buena brotación y enraizamiento de las estacas, se requiere, además de humedad adecuada, de una buena preparación del suelo. En suelos con topografía plana, se puede preparar la tierra de manera similar como para la siembra de maíz, evitando de esta forma la germinación de las malezas, la eliminación de la soca, tallos y más desechos ayuda a mantener un nivel bajo de daños.

### **Selección y Protección de las Estacas**

De la calidad del material de siembra depende en gran parte el éxito en cultivos multiplicados vegetativamente. Este factor, es de los más importantes en la producción, responsable no solo del buen establecimiento del cultivo.

#### **Guía de cultivo INIAP (1997)**

**[agrodominicano.blogspot.com/.../manejo-cultivo-yuca-repdom.html](http://agrodominicano.blogspot.com/.../manejo-cultivo-yuca-repdom.html)**

## **Características de las Estacas para Siembra**

Las características deseables de una buena estaca son:

- Diámetro mayor a la mitad del diámetro de la porción más gruesa del tallo, Longitud entre 15 y 20 cm
- Número de nudos por estacas de 5 a 7 de acuerdo a la variedad, y corte transversal.

## **Siembra Sobre Surcos**

Este sistema es ventajoso para áreas donde las pudriciones radicales constituyen un riesgo grave, pudiendo causar pérdidas de rendimiento hasta del 80%.

## **Poblaciones Adecuadas de Plantas**

La población de plantas y su rendimiento adecuados, varían de un país a otro e incluso dentro del mismo país y zona ecológica. En general, los suelos pobres muestran buenas respuestas a los aumentos de poblaciones, mientras que en los suelos ricos los incrementos de poblaciones dependen del hábito de crecimiento.

Con variedades mejoradas el INIAP ha logrado la máxima producción con 15.000 plantas/ha. Nuestro agricultor emplea poblaciones de 5.000 plantas/ha cuando asocia y 10.000 plantas/ha para yuca en monocultivo.

## **Control Oportuno de Malezas**

La yuca es una especie poco competitiva con las malezas, por lo que la eliminación con estas, constituye una labor esencial para obtener altos  
[www.infoagro.net/.../MANUAL%20TÉCNICO%20DE%20LA%20YUCA.pdf](http://www.infoagro.net/.../MANUAL%20TÉCNICO%20DE%20LA%20YUCA.pdf)

rendimientos. Si no se controlan las malezas, los rendimientos pueden disminuir en unos 50%, mientras que con un mínimo de labor la yuca puede sobrevivir, competir y producir buenas cosechas. Se aconseja controlar las malezas durante los primeros meses del cultivo.

### **Rotación de Cultivos**

La yuca se caracteriza por producir en suelos ácidos y pobres. Muchas veces es el último cultivo que se siembra en un programa de rotación, debido a la capacidad de producir, a pesar de la falta de nutrientes de suelos empobrecidos. Las siembras consecutivas pueden inducir a que los patógenos y las plagas se incrementen progresivamente. Por esta razón es necesario dejar o rotar el terreno después de la segunda o tercera cosecha consecutiva de yuca. Si se siembra otro cultivo después de la yuca, es aconsejable fertilizar apropiadamente el terreno.

### **El uso de la Yuca**

Los países productores de yuca deberían convertir una mayor cantidad de esta materia prima de relativo bajo costo en almidón de valor elevado para los mercados interno e internacional.

Se calcula que anualmente se extraen unos 60 millones de toneladas de almidón de una gran variedad de cultivos: cereales, raíces y tubérculos, para uso en una asombrosa variedad de productos: como agentes estabilizadores en sopas y alimentos congelados, revestimiento para pastillas y papel, adhesivo para estampillas y madera laminada, para el acabado de textiles, como materia prima para elaborar etanol e incluso como agente de cohesión en el concreto.

### **FAO Enfoques 2006**

Un 10 % de ese almidón se produce con las raíces de la yuca, un cultivo más conocido por ser el alimento básico de millones de campesinos de bajos ingresos de Africa, Asia y América Latina.

Dado que hoy se producen unos 200 millones de toneladas de raíces de yuca al año, la FAO considera que muchos países en desarrollo podrían fortalecer su economía rural, e incrementar los ingresos de los productores de yuca, mediante la conversión de esa materia prima de relativo bajo costo en almidón de elevado valor.

**Enfoques Los almidones tropicales y Nueva estrategia para la yuca 2006**

### **La Yuca asociada con otros cultivos**

En algunos países la yuca se cultiva con otras plantaciones. Así podemos encontrar yuca asociada con cítricos, café, cacao, piña, bananos, etc. De toda esta gama una de las alternativas de producción con mayor éxito es la yuca asociada al maíz y al fréjol, ya que la yuca y el maíz básicamente suministran los carbohidratos y la proteína suministra el fréjol.

### **D.- REOLOGÍA**

Reología es el estudio de los principios físicos que regulan los movimientos de los fluidos (Real Academia Española).

La viscosidad se define como la fricción interna de un fluido o su tendencia a resistir el flujo, la viscosidad aparente se considera como la viscosidad de un fluido no newtoniano y se calcula con datos empíricos como si el fluido obedeciera la ley de Newton (**Bourne, 2002**). Hay 2 tipos de comportamiento reológico en un fluido: newtoniano y no newtoniano.

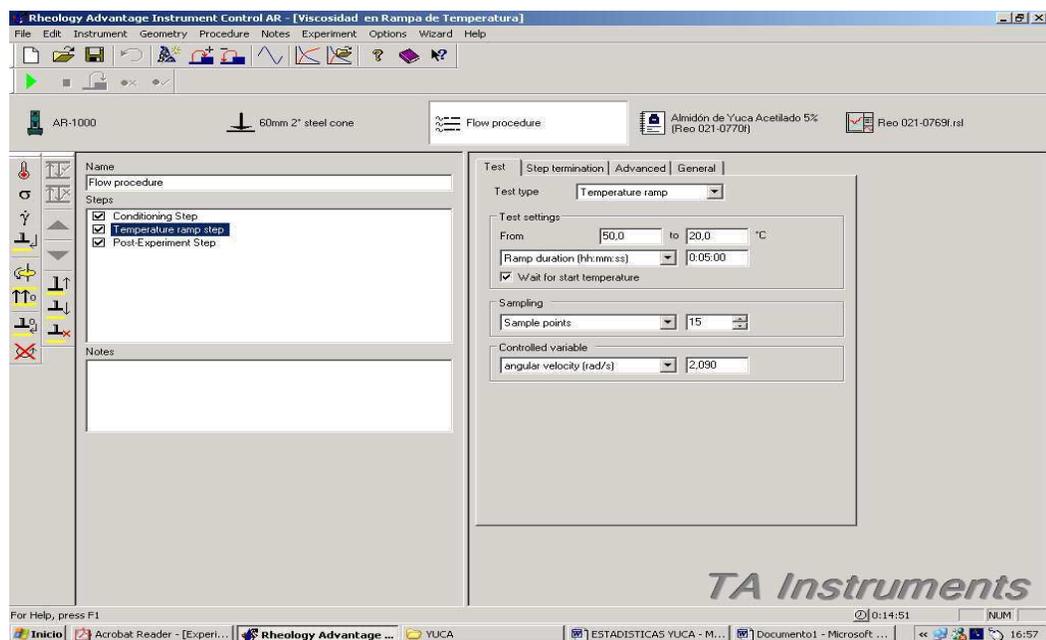
En los fluidos newtonianos, la velocidad de corte es directamente proporcional al esfuerzo de corte, y la curva de esta relación comienza en el origen, un típico alimento newtoniano está conformado por elementos de bajo peso molecular y no contienen una concentración apreciable de

polímeros disueltos o insolubles. En los fluidos no newtonianos, la curva del esfuerzo de corte con la velocidad de corte es no lineal o no comienza en el origen, o el material exhibe un comportamiento reológico que depende del tiempo como resultados de los cambios estructurales(Steffe, 1996; Rao,1999)

Ensayo Reométrico del almidón sin modificar vs el modificado en solución 5%

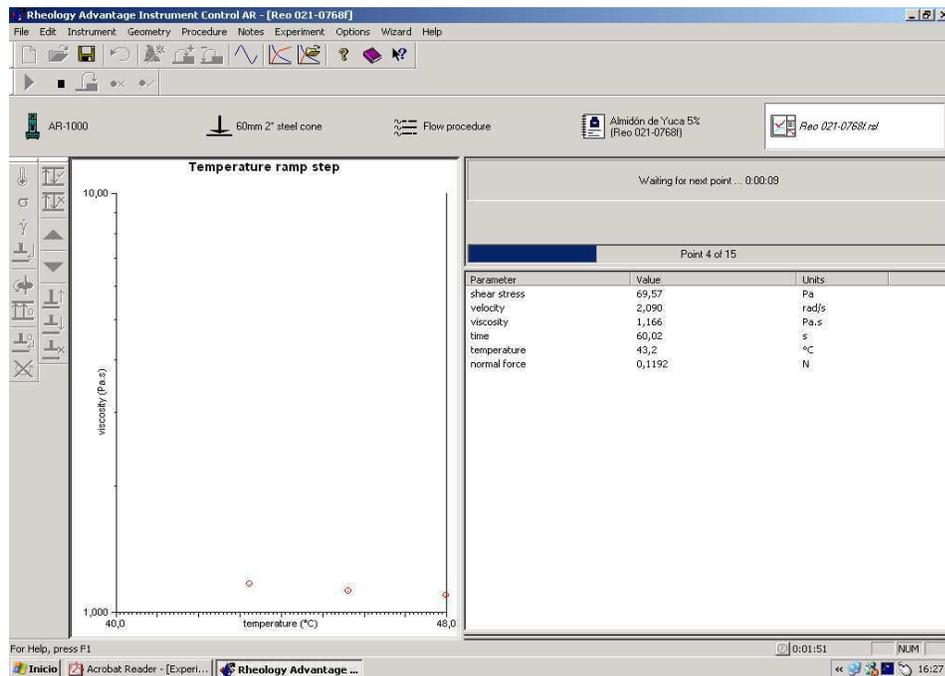
La grafica 1, presenta las condiciones del experimento (arriba) y abajo los primeros puntos de inicio de la corrida del almidón sin modificar.

Grafico 1.a.

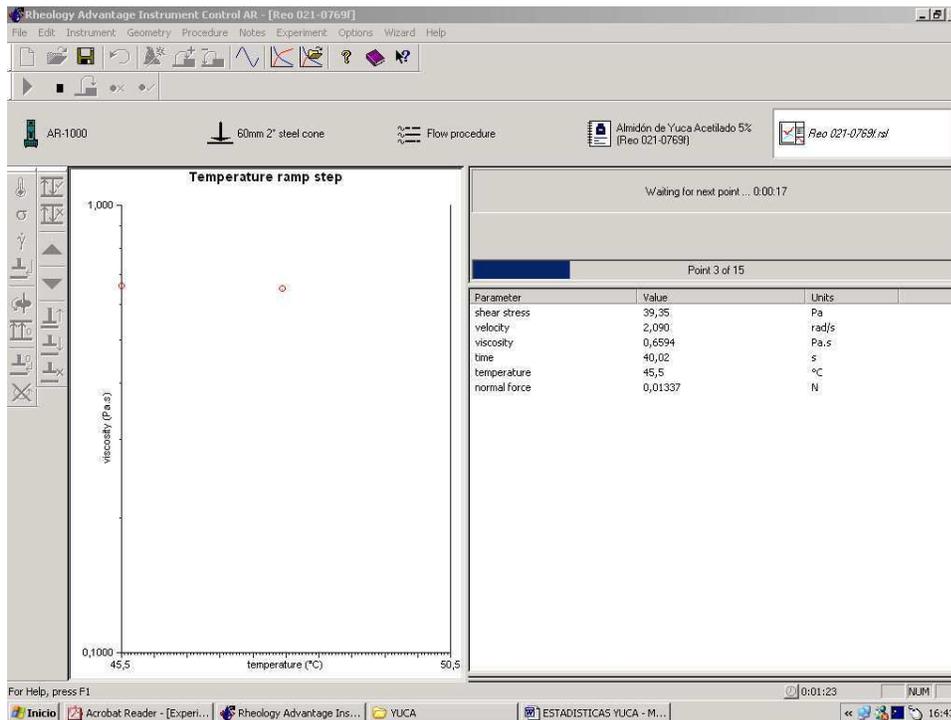


Condiciones para la rampa de temperatura de 50 a 20°C

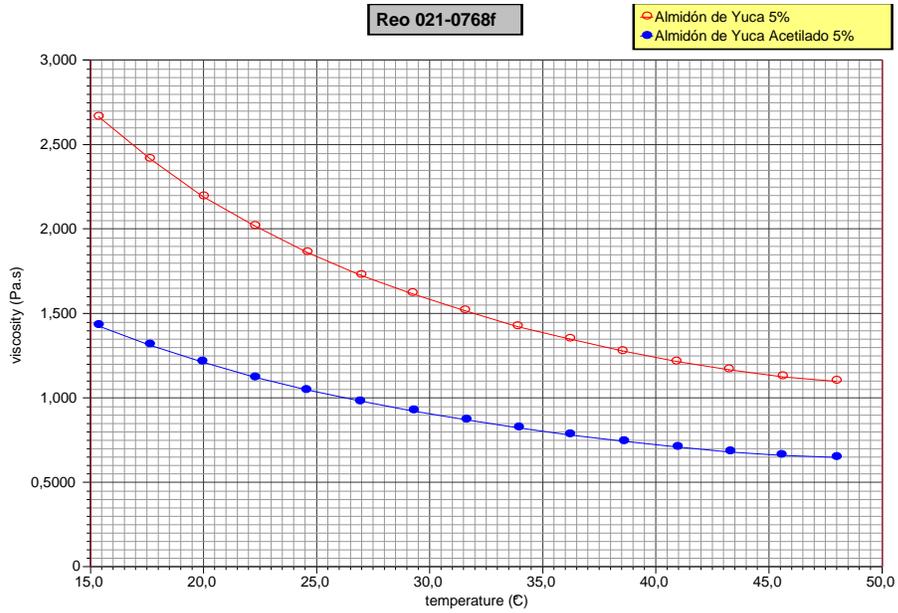
**Grafico 1.b.** Los 3 primeros puntos marcados desde 48°C



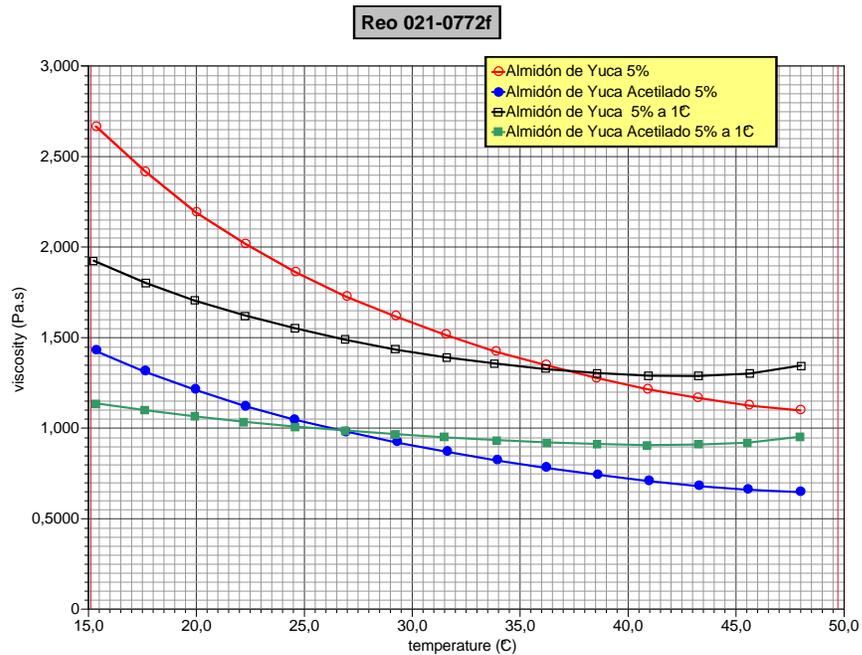
**Grafico2.a.** Representa la partida del almidón de yuca modificado.



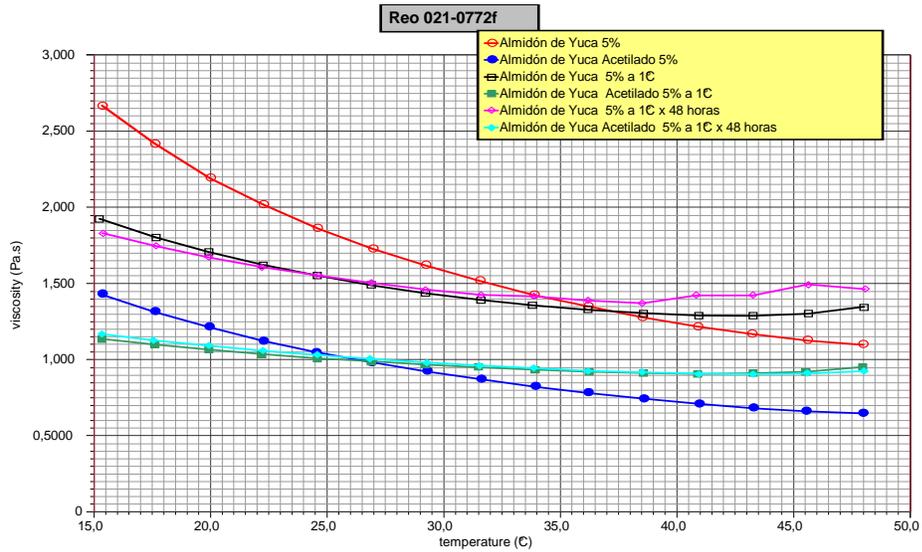
**Grafico 2.b.** Representa la terminación del ensayo



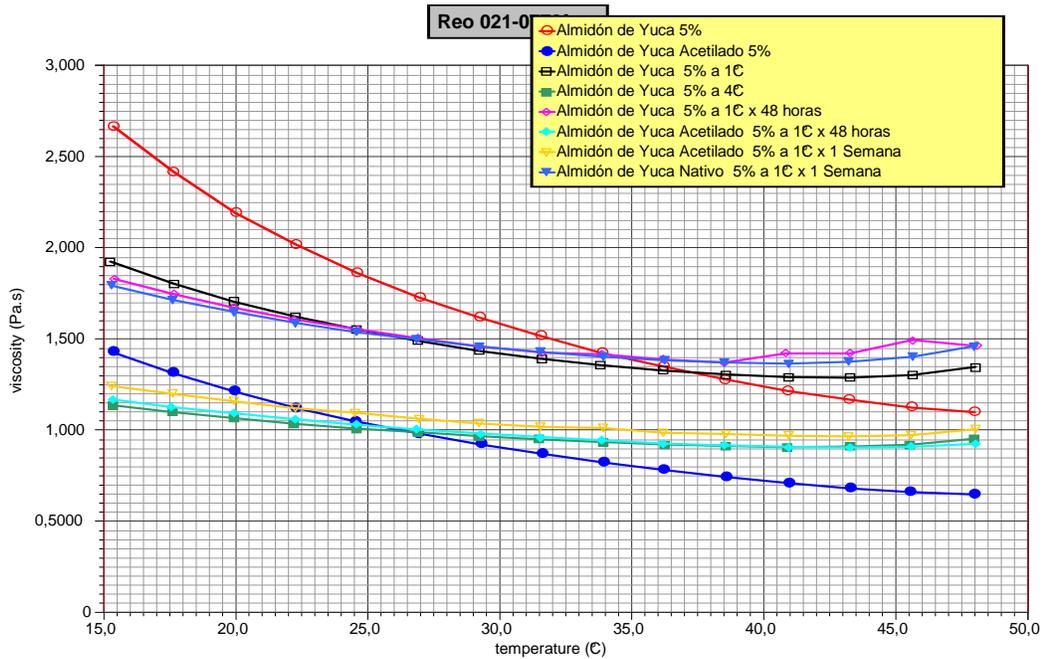
**Grafico 3.a.** Luego se almacena la solución a 1-4 C por 24 horas y se realiza el ensayo



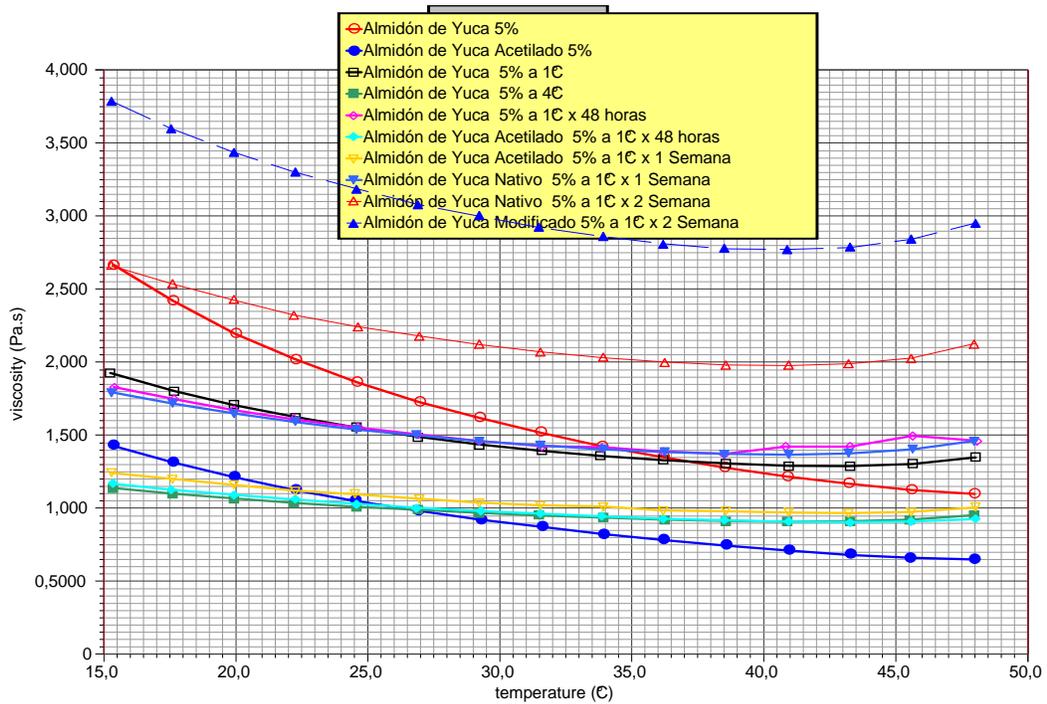
**Grafico 3.b.** Se realiza otro ensayo luego de 48 horas en las mismas condiciones



**Grafico 4.a.** Ensayo a una semana de almacenar de 1-4C



**Grafico 4.b. Ensayo de 2 semanas de 1-4°C de almacenamiento**



## E.- TEORÍA DE LA ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN EN EL INFRARROJO

Los espectros de absorción, emisión y reflexión en el infrarrojo, de especies moleculares, se pueden explicar asumiendo que todos son el resultado de los distintos cambios energéticos producidos en las transiciones de las moléculas de unos estados de energía vibracionales y rotacionales a otros.

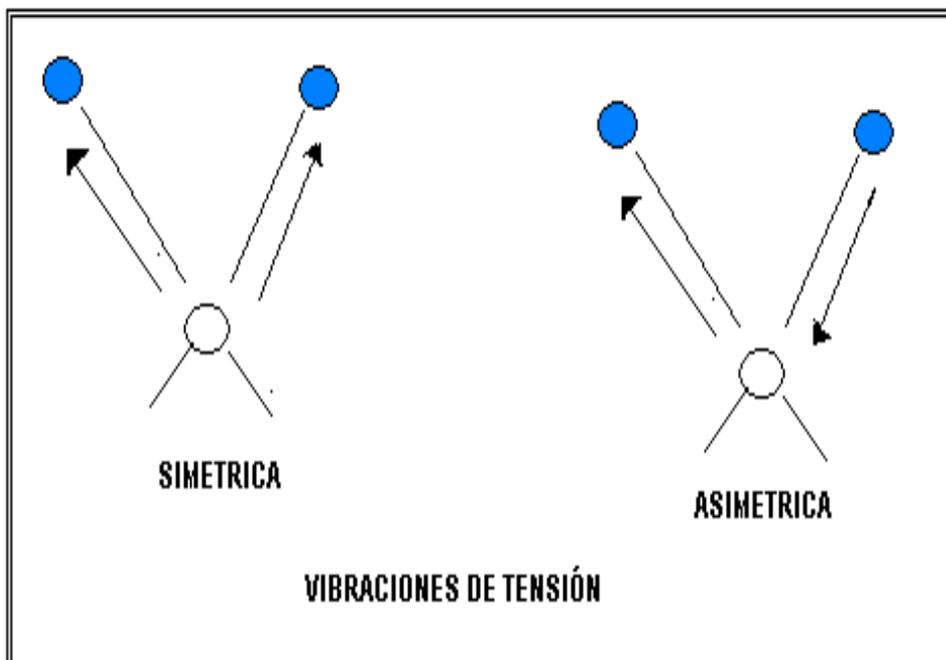
Para absorber radiación en el infrarrojo, una molécula debe sufrir un cambio neto en el momento dipolar como consecuencia de su movimiento de vibración o de rotación. Sólo en estas circunstancias, el campo eléctrico alterno de la radiación puede interactuar con la molécula y provocar cambios en la amplitud de alguno de sus movimientos. Por ejemplo, la distribución de la carga alrededor de una molécula como el ácido clorhídrico

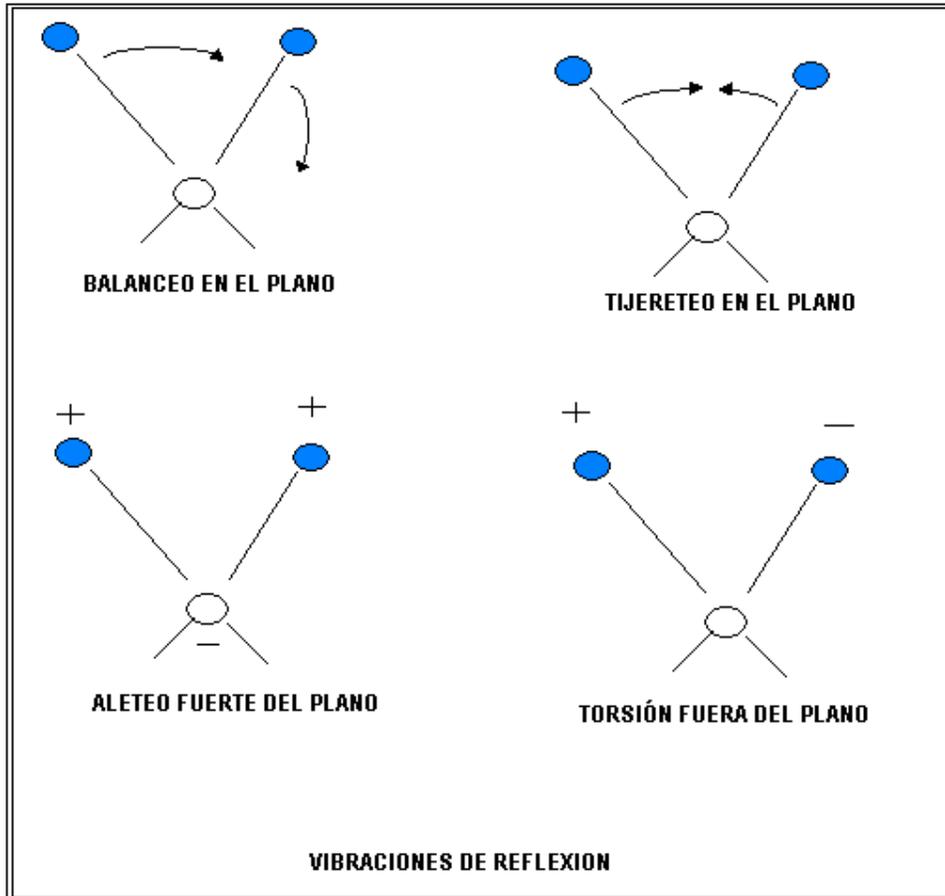
no es simétrica, ya que el cloro posee una mayor densidad electrónica que el hidrógeno.

Por tanto, el ácido clorhídrico posee un momento dipolar significativo y se dice que es una molécula polar. El momento dipolar está determinado por la magnitud de la diferencia de carga y por la distancia entre los dos centros de carga. Dado que la molécula de ácido clorhídrico vibra, se produce una constante variación del momento dipolar, lo que origina un campo que puede interactuar con el campo eléctrico asociado a la radiación.

Si la frecuencia de la radiación coincide exactamente con la frecuencia de vibración natural de la molécula, tiene lugar una transferencia neta de energía que origina un campo en la amplitud de la vibración molecular, la consecuencia es la absorción de radiación(**Skoog-Holler-Niemans.f.**).

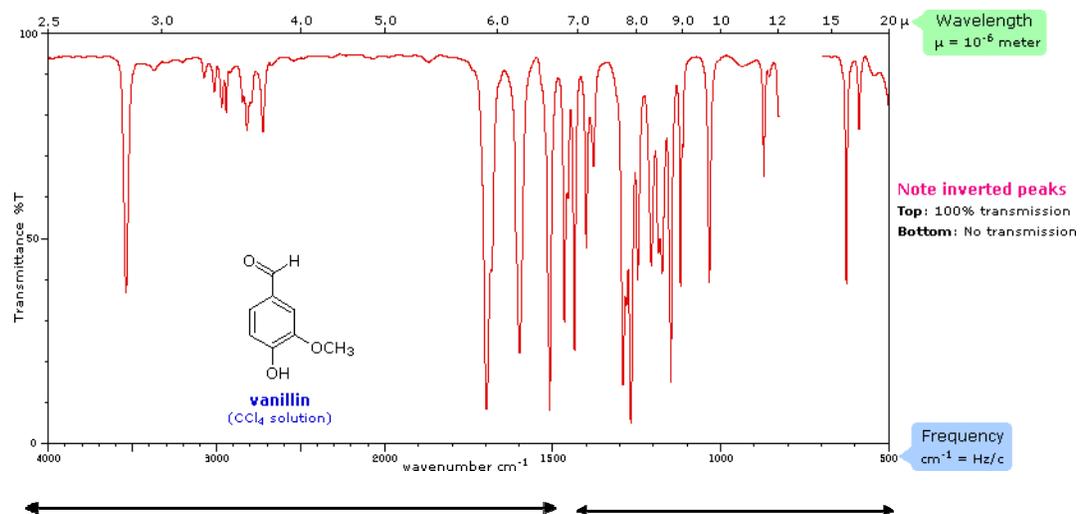
**Gráfico 5.**Tipos de vibraciones de flexión, Libro de skoog





Como es un Espectro de Infrarrojo?

Relación Frecuencia  $\text{cm}^{-1}$  vs Transmitancia

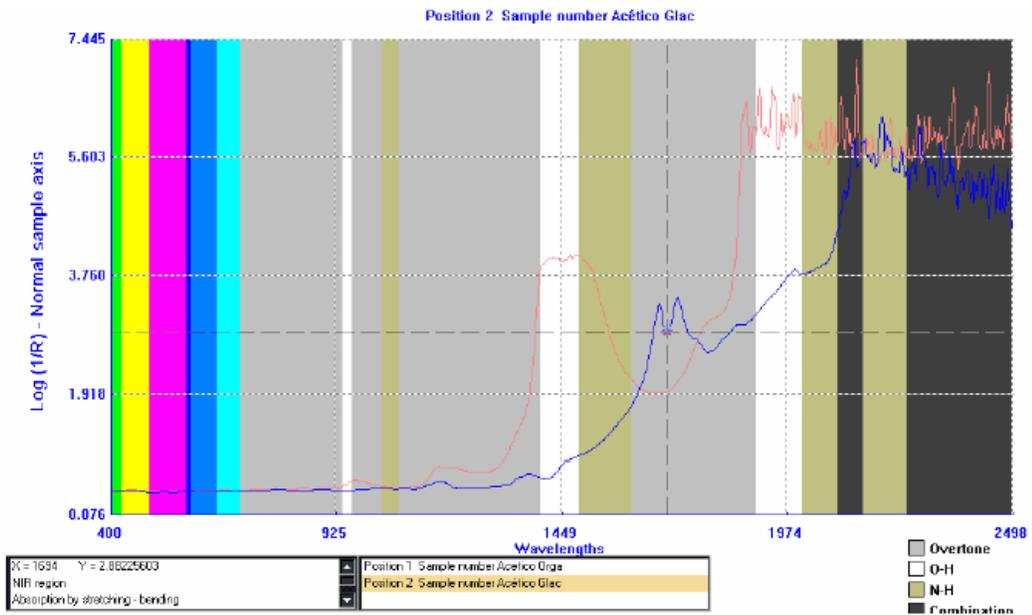
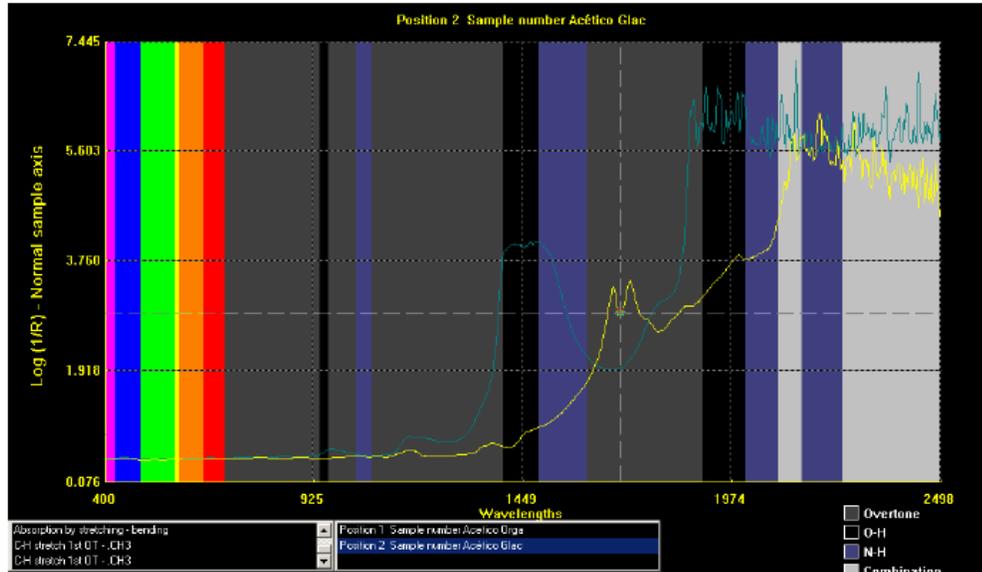


GRUPO FUNCIONAL	NUMERO DE ONDA (cm <sup>-1</sup> )	GRUPO FUNCIONAL	NUMERO DE ONDA (cm <sup>-1</sup> )
OH (enlace de hidrógeno)	3100-3200	-C ≡ C-	2300-2100
OH (sin enlace de hidrógeno)	3600	-C ≡ N	~ 2250
Cetonas	1725-1700	-N=C=O	~ 2270
Aldehídos	1740-1720	-N=C=S	~ 2150
Aldehídos y cetonas α,β-insaturados	1715-1660	C=C=C	~ 1950
Ciclopentanonas	1750-1740	NH	3500-3300
Ciclobutanonas	1780-1760	C=N-	1690-1480
Ácidos carboxílicos	1725-1700	NO <sub>2</sub>	1650-1500 1400-1250
Esteres	1750-1735	S=O	1070-1010
Esteres α,β-insaturados	1750-1715	sulfonas	1350-1300 1150-1100
δ-Lactonas	1750-1735	Sulfonamidas y sulfonatos	1370-1300 1180-1140
γ-lactonas	1780-1760	C-F	1400-1000
Amidas	1690-1630	C-Cl	780-580
-COCl	1815-1785	C-Br	800-560
Anhidridos	1850-1740 <sup>(2)</sup>	C-I	600-500

Tabla grupos Funcionales Análisis Instrumental Skoog

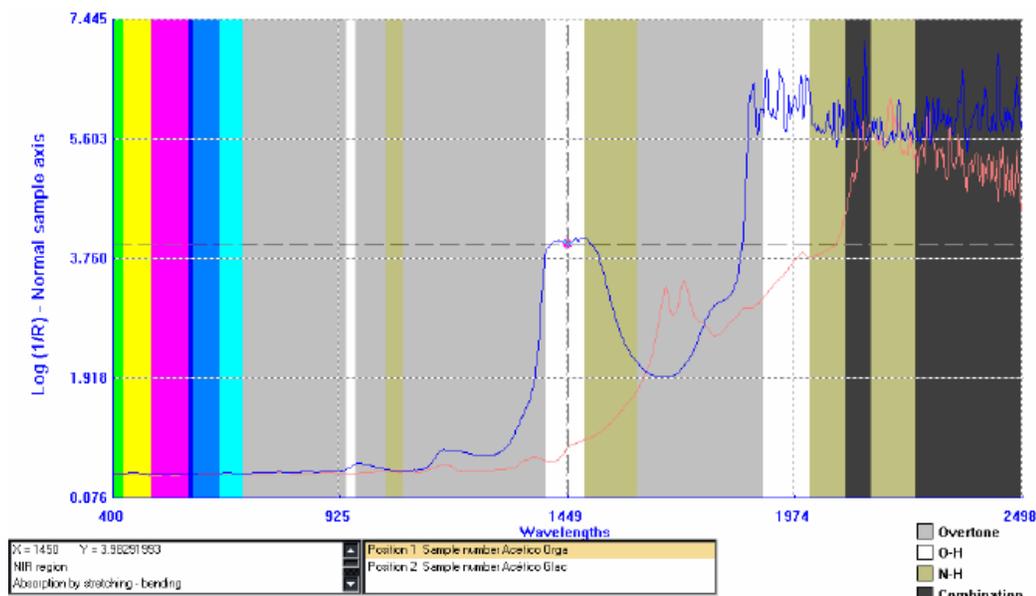
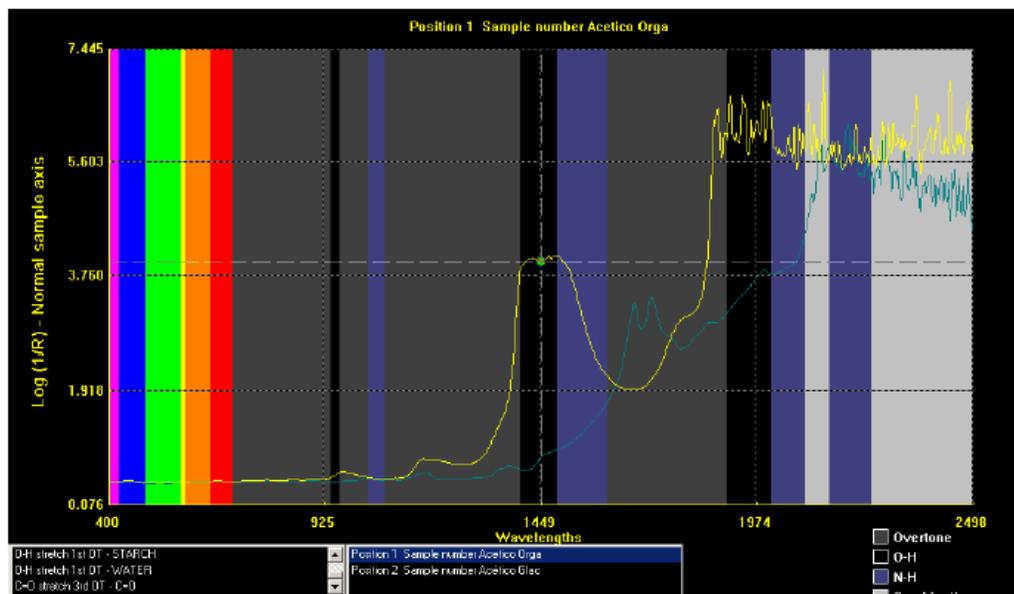
Gráfico 6. Estudio comparativo de los ácidos acéticos.

ESPECTRO DEL ACIDO ACETICO ORGANICO vs ACETICO GLACIAL



En ambos gráficos se observa los espectros de del ácido acético glacial en amarillo arriba y azul en la de abajo

**Grafico 7.Ácido acético orgánico en amarillo**



La diferencia radica en las regiones 1450 nm y 3.98 Abs Log(1/R) presentan grupos OH y C=O en el ácido orgánico y 1694nm y 2.88 Abs Log (1/R) presenta grupos C-H y C-H3 en el ácido acético glacial, Equipo NIR Foss XDS.

## **F.- ACETILACION Y EFECTO DE TEMPERATURA Y TIEMPO EN LA REACCION**

Los almidones modificados generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-descongelamiento. La modificación química del almidón está directamente relacionada con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón. Reacciones vía éter, formación de ésteres, oxidación y la hidrólisis de los grupos hidroxilos, son algunas modificaciones químicas aplicables al almidón.

El grado de sustitución está relacionado con la modificación química e indica el promedio del número de sustituciones por unidad de anhidroglucosa en el almidón, el máximo grado de sustitución (GS) es de 3 debido a que se presentan tres grupos hidroxilo disponibles por unidad de anhidroglucosa **(Miladinov y Hanna, 2000)**.

Los almidones modificados se metabolizan de una forma semejante al almidón natural, rompiéndose en el aparato digestivo y formando azúcares más sencillos y finalmente glucosa, que es absorbida. Aportan por lo tanto a la dieta aproximadamente las mismas calorías que otro azúcar cualquiera. Algunos de los restos modificados (su proporción es muy pequeña) no puede asimilarse y son eliminados o utilizados por las bacterias intestinales. Se consideran en general aditivos totalmente seguros e inocuos.

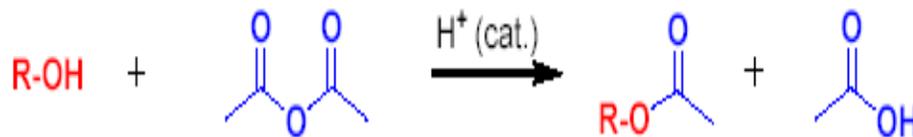
Las diferentes características del almidón, no solo la morfología y el tamaño del gránulo, sino también la calidad y la composición que posee, están muy relacionadas con la procedencia de la fuente vegetal de la cual se obtiene y a su vez puede variar las características entre las misma, la funcionalidad y propiedad del almidón, como la resistencia mecánica y la flexibilidad, relacionadas con el carácter de la región cristalina, dependen de la relación

amilosa y la amilopectina, del grado de ramificación y de la distribución del peso molecular, **(Reis y Cunha ,2005)**.

En general la esterificación de los polisacáridos con ácidos orgánicos y derivados del ácido es una de las transformaciones más versátiles de estos biopolímeros **(Heinze et al., 2006)**

**La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA)** sólo permite en alimentos almidones con bajo grado de sustitución. El almidón acetato que típicamente se utiliza en alimentos contiene 0,5-2,5% de grupos acetilos. La FDA limita a 2,5% los grupos acetilos en almidones acetilados para uso alimentario.

**PALABRAS CLAVES:** Almidón modificado, Ácido acético, Hidrólisis, Acetilación, Reometría, Gelificación.



*Reacción de acetilación*

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **A. UBICACIÓN**

La presente investigación se realizó según plan de control (anexo 4) en el Laboratorio de Análisis Instrumental que pertenece a la Industria La Fabril S.A Ubicada en el Km. 5 1/2 vía Manta-Montecristi en la Provincia de Manabí.

#### **B. CARACTERISTICAS CLIMATICAS**

En el Laboratorio se controló la temperatura y la Humedad relativa antes y después de los ensayos, con equipo HiTemp102RH rango -40 a 80°C y de 0 a 100% RH.

#### **C. FACTORES DE ESTUDIO EN LA ACETILACION DEL ALMIDON**

##### **1.-Factor T: Temperatura**

a. T1 = 30 °C

b. T2 = 35°C

c. T3 = 40°C

##### **2.- Factor R: Tiempo de Reacción**

a. R1 = 1 hora

b. R2 = 2 horas

c. R3 = 2 h30 min

d. R4 = 3 horas

#### D. TRATAMIENTOS

De la combinación de los factores en estudio resultaron los siguientes tratamientos.

**Cuadro 3.-** Tratamientos objetos de estudio del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.

<b>Código</b>	<b>Temperatura de Reacción(°C)</b>	<b>Tiempo de Reacción(Horas)</b>
T1R1	30	1
T1R2	30	2
T1R3	30	2:30
T1R4	30	3
T2R1	35	1
T2R2	35	2
T2R3	35	2:30
T2R4	35	3
T3R1	40	1
T3R2	40	2
T3R3	40	2:30
T3R4	40	3

## E. PROCEDIMIENTO

### E. 1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño Completamente al Azar en arreglo factorial A X B =R X T(4 X3)

# de Unidades Experimentales	: 48
# de Replicas	: 4
# de Tratamientos	: 12

### E. 2 ANALISIS ESTADISTICO

#### ESQUEMA DEL ANALISIS DE VARIANZA

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Varianza	Grados de libertad	
	Formula	Valor
Repeticiones	$r-1$	3
Tratamientos	$t - 1$	11
Factor T	$FT-1$	2
Factor R	$FR-1$	3
T X R	$(FT-1) \times (FR-1)$	6
Error	$(t-1) \times (r-1)$	33
<b>Total</b>	<b><math>(t \times r)-1</math></b>	<b>47</b>

## ANALISIS FUNCIONAL

### COEFICIENTE DE VARIACIÓN

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$CV = RSD = \frac{s}{\bar{x}} \quad \text{ó} \quad \%CV = 100 * \frac{s}{\bar{x}}$$

### Gráficos de Resultados y Varianzas

Se realiza gráficos de los resultados de las varianzas y tratamientos de cada ensayo (pag.42).

### DATOS TOMADOS Y METODOS DE EVALUACION

- a. Fecha de realización de la prueba
- b. Tipo de muestra utilizada
- c. Peso de la muestra
- d. Temperatura de ensayo
- e. Tiempo de reacción del ensayo
- f. Humedad del producto final
- e. Porcentaje de acetilación y grado de sustitución

## **F. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **F. 1 PARA MODIFICACION DEL ALMIDON.**

- 1.- Se Pesó 162 g (base seca) de almidón en su forma nativa
- 2.- Se Adiciono 220 ml de agua destilada a temperatura de experimento  $^{\circ}\text{C}$  la mezcla se agito hasta obtener una suspensión uniforme del almidón.
- 3.- Se Ajustó el pH a 8.0, adicionando algunas gotas de NaOH a 3%
- 4.- Se Adicionó simultáneamente el ácido acético y NaOH para mantener el pH de la suspensión entre 8 a 8.4.
- 5.- Se Bajó el pH a 4.5 con HCL siempre manteniendo la agitación por tiempo de experimento.
- 6.- Se Agregó 150 ml de agua y se dejó en reposo para eliminar el agua sobrenadante o filtrar.
- 7.- Se Secó en cámara seteada a  $60^{\circ}\text{C}$  por 24 horas aproximadamente, se verifico que la humedad llegue a 10%.

### **F. 2 PARA EL GRADO DE SUSTITUCION.**

- 1.- pesar 1 g del almidón modificado
- 2.- agregar 50 ml de una solución de etanol-agua (75% v/v) y mezclar

3.- Se llevó a cámara o baño de 50 °C por 30 minutos luego se enfrió y se agregó 40 ml de KOH (0,5N) se agitó y mantuvo por 72 horas en cámara de 37 °C

4.- luego de los reposos se llevó a titular con HCL (0,5N) usando fenolftaleína como indicador. Realizando un blanco conjuntamente.

### **Cálculos.**

El nivel de Acetilación del almidón se calcularon con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

De donde: 0.043 = mili equivalentes del grupo CH<sub>3</sub>-C=O

Para luego determinar el grado de sustitución (GS) en el almidón Acetilado que equivale al número de grupos OH que se reemplazaron por grupos CH<sub>3</sub>-C=O

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

donde: 162= Peso molecular de la UAG

4300=100 x peso molecular del grupo CH<sub>3</sub>-C=O

42= (Peso molecular del grupo CH<sub>3</sub>-C=O) – 1

### **G. ESTIMACIÓN ECONÓMICA**

Se realizó una estimación económica de los análisis realizados en el ensayo para conocer su costo (ver pag.62)

## IV RESULTADOS

### A.- RESULTADOS DEL GRADO DE ACETILACIÓN Y SU GRADO DE SUSTITUCION

#### PRIMER ENSAYO :

**Cuadro 4.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** Abril 2 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T1R1	30	1	-13.545	-0.4506
T1R1	30	1	-16.985	-0.5487
T1R1	30	1	-0,86	-0,0321
T1R1	30	1	-0.86	-0.0321

#### SEGUNDO ENSAYO

**Cuadro 5.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** Abril 3 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T1R2	30	2	-1,72	-0,063
T1R2	30	2	1.935	0.0743
T1R2	30	2	3.44	0.134
T1R2	30	2	1.935	0.074

### TERCER ENSAYO

**Cuadro 6.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** mayo 1 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T1R3	30	2:30	2.58	0.099
T1R3	30	2:30	1.075	0.0409
T1R3	30	2:30	1	0.038
T1R3	30	2:30	0.86	0.032

### CUARTO ENSAYO

**Cuadro 7.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** mayo 2 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T1R4	30	3	-0,215	-0.008
T1R4	30	3	-0,43	-0.016
T1R4	30	3	-2.1	-0.078
T1R4	30	3	-1.5	-0.055

## QUINTO ENSAYO

**Cuadro 8.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** mayo 3 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T2R1	35	1	1.075	0.0409
T2R1	35	1	2.365	0.091
T2R1	35	1	1.0	0.038
T2R1	35	1	2.36	0.091

## SEXTO ENSAYO

**Cuadro 9.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** mayo 4 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T2R2	35	2	-0.215	-0.008
T2R2	35	2	-0.86	-0.032
T2R2	35	2	-0.215	-0.008
T2R2	35	2	-0.43	-0.016

## SÉPTIMO ENSAYO

**Cuadro 10.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** junio 1 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T2R3	35	2:30	0	n.d
T2R3	35	2:30	0.645	0.0244
T2R3	35	2:30	0.58	0.022
T2R3	35	2:30	0.6	0.0227

## OCTAVO ENSAYO

**Cuadro 11.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** julio 20 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T2R4	35	3:00	1.29	0.049
T2R4	35	3:00	0.645	0.0244
T2R4	35	3:00	0.645	0.0244
T2R4	35	3:00	-1.29	-0.0479

## NOVENO ENSAYO

**Cuadro 12.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** julio 22 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T3R1	40	1:00	0.39	0.015
T3R1	40	1:00	-1.075	-0.040
T3R1	40	1:00	2.58	0.0997
T3R1	40	1:00	-0.43	-0.016

## DÉCIMO ENSAYO

**Cuadro 13.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** julio 23 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T3R2	40	2:00	1.075	0.0409
T3R2	40	2:00	0.215	0.0081
T3R2	40	2:00	0.43	0.0162
T3R2	40	2:00	0	0

## DÉCIMO PRIMER

**Cuadro 14.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** Agosto 28 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T3R3	40	2:30	0.43	0.0162
T3R3	40	2:30	2.58	0.0997
T3R3	40	2:30	0.215	0.0081
T3R3	40	2:30	0	0

## DÉCIMO SEGUNDO

**Cuadro 15.-** Efecto de la temperatura y tiempo de reacción en la acetilación para obtener almidón de yuca modificada.

**FECHA:** Agosto 30 del 2010

<b>Código</b>	<b>T de Reacción C</b>	<b>Tiempo Horas</b>	<b>%Acetilación</b>	<b>Gsustitución</b>
T3R4	40	3:00	1.935	0.0743
T3R4	40	3:00	-15.695	-0.5127
T3R4	40	3:00	1.505	0.0575
T3R4	40	3:00	2.795	0.1082

## B.- DETERMINACIÓN DEL MEJOR TRATAMIENTO

El cual se realizará con estudio de los resultados observando el porcentaje y grado de sustitución del grupo acetilo en los tratamientos.

Dado que en los resultados obtenidos al realizar los cálculos se observaron que algunos datos dieron negativos menor que cero ( $<0$ ) o no determinados (nd) se asigna el valor de cero "0" para realizar los cálculos en el sistema de datos para realizar el anova utilizando el programa Infostad/L.

**Cuadro 16. Resultados de T1Rx de los grados de sustitución**

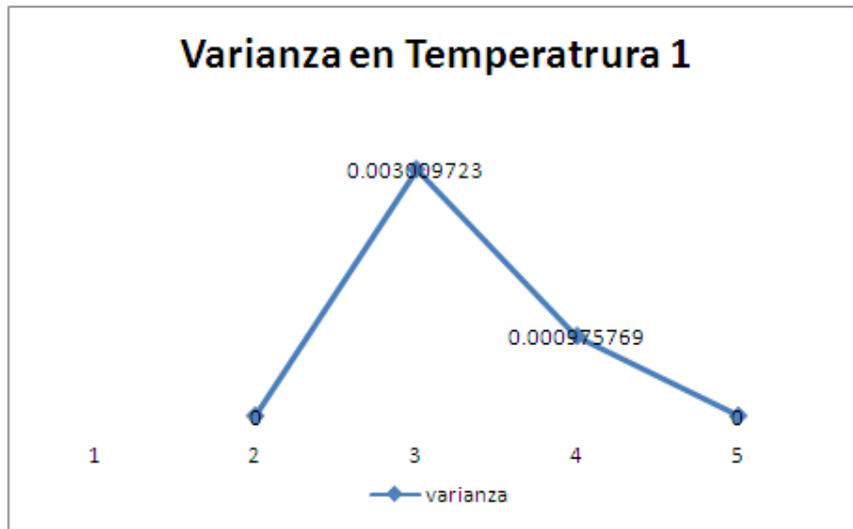
<b>CASO</b>	<b>T1R1</b>	<b>T1R2</b>	<b>T1R3</b>	<b>T1R4</b>
1	0	0.0000	0.0990	0
2	0	0.0743	0.0409	0
3	0	0.1340	0.0380	0
4	0	0.0740	0.0320	0

<b>varianza</b>	<b>0</b>	<b>0.00300972</b>	<b>0.0009758</b>	<b>0</b>
<b>Promedio</b>	<b>0</b>	<b>0.07057500</b>	<b>0.0524750</b>	<b>0</b>
<b>SDST</b>	<b>0</b>	<b>0.05486094</b>	<b>0.0312373</b>	<b>0</b>
<b>SC</b>	<b>0</b>	<b>0.02895249</b>	<b>0.0139418</b>	<b>0</b>

SDST= Desviación Estándar

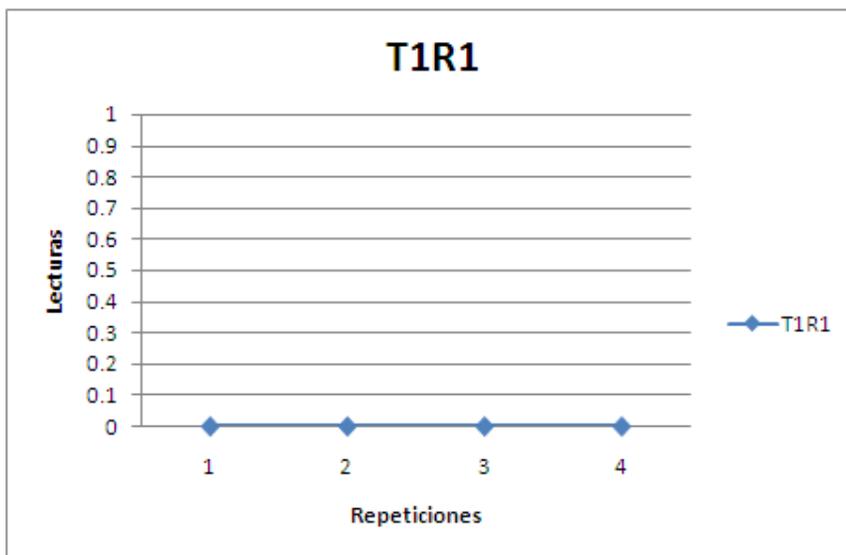
SC= Suma de cuadrados

**Gráfico 8.** Resultados de Varianza Primer Factor



El gráfico demuestra que el valor más alto corresponde a la varianza T1R2

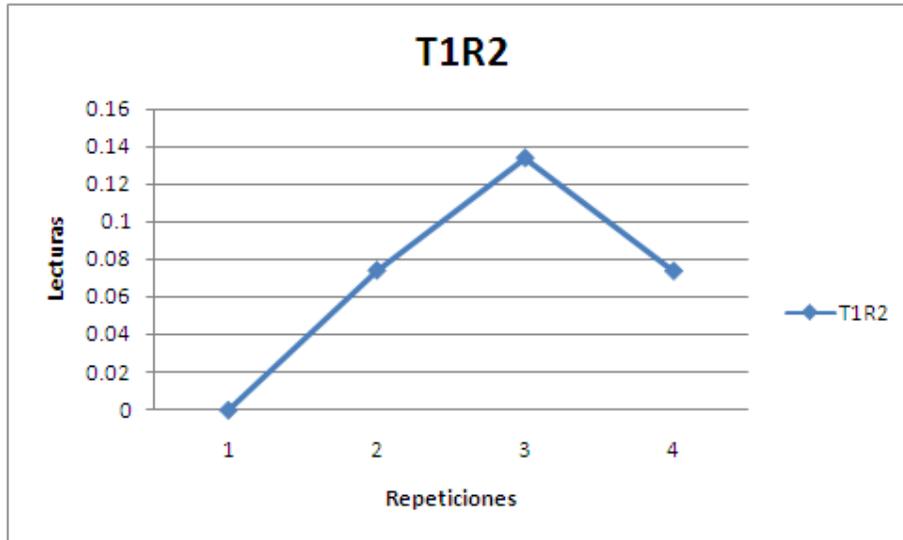
**Gráfico 9.-** Ensayos T1R1



El gráfico corresponde a los valores 0 del tratamiento T1R1

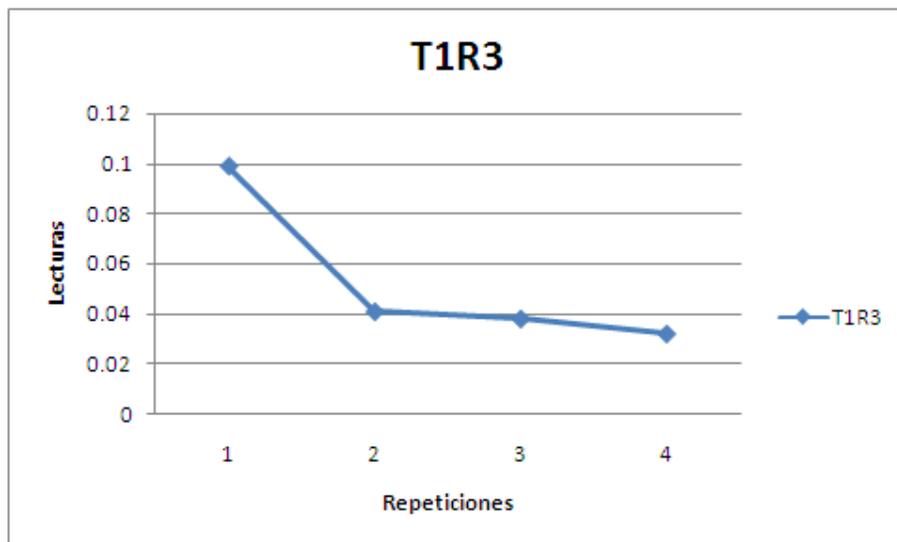
**Gráfico 10.-** Ensayo T1R2

Representación gráfica Tratamiento T1R2 donde 0.14 es el más alto



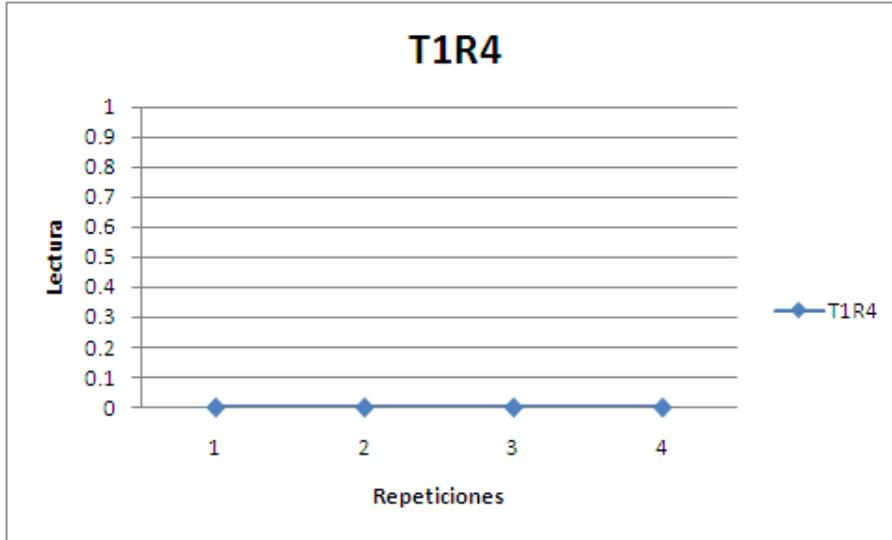
**Gráfico 11.-** Ensayo T1R3

Representación gráfica Tratamiento T1R3 donde 0.10 es el más alto



**Gráfico 12.- Ensayo T1R4**

El gráfico corresponde a los valores 0 del tratamiento T1R4



**Cuadro 17. Resultados de T2Rx de los Grados de Sustitución**

CASO	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4
1	0.0409	0	0.00000	0.0492
2	0.0910	0	0.02440	0.0244
3	0.0380	0	0.02197	0.0244
4	0.0910	0	0.02270	0.0000

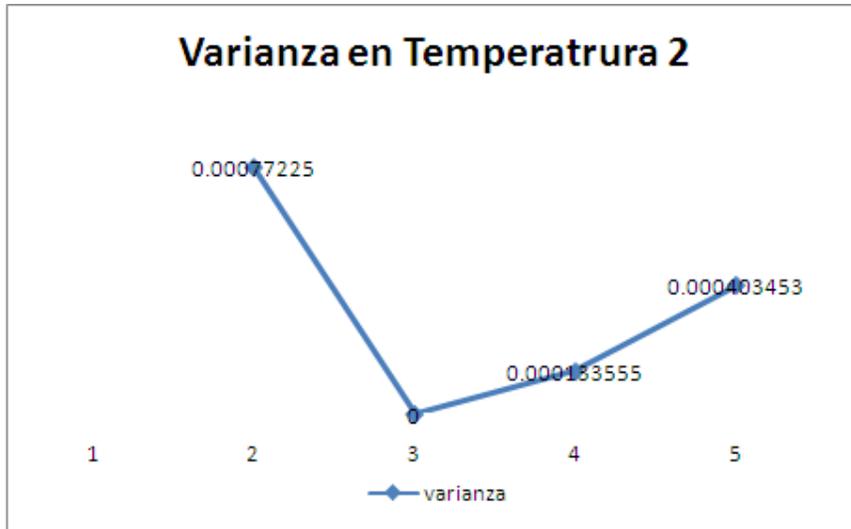
<b>varianza</b>	<b>0.0007723</b>	<b>0</b>	<b>0.0001336</b>	<b>0.00040345</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.0673000</b>	<b>0</b>	<b>0.0172675</b>	<b>0.02450000</b>
<b>SDST</b>	<b>0.0277894</b>	<b>0</b>	<b>0.0115566</b>	<b>0.02008615</b>
<b>SC</b>	<b>0.0204070</b>	<b>0</b>	<b>0.0015933</b>	<b>0.00361136</b>

SDST= Desviación Estándar

SC= Suma de cuadrados

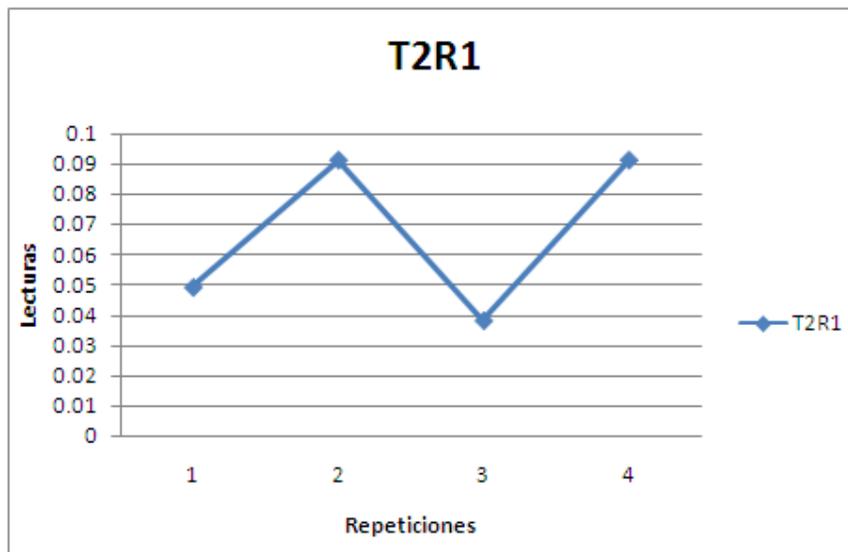
**Gráfico13.- Resultados de Varianza Segundo Factor**

El gráfico demuestra que el valor más alto corresponde a la varianza T2R1



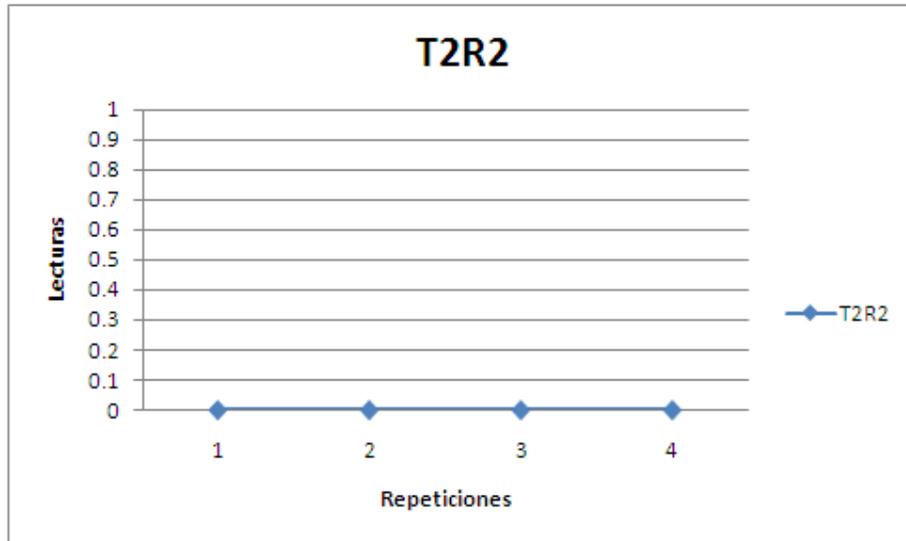
**Gráfico 14.- Ensayo T2R1**

El gráfico demuestra desigualdad en los resultados



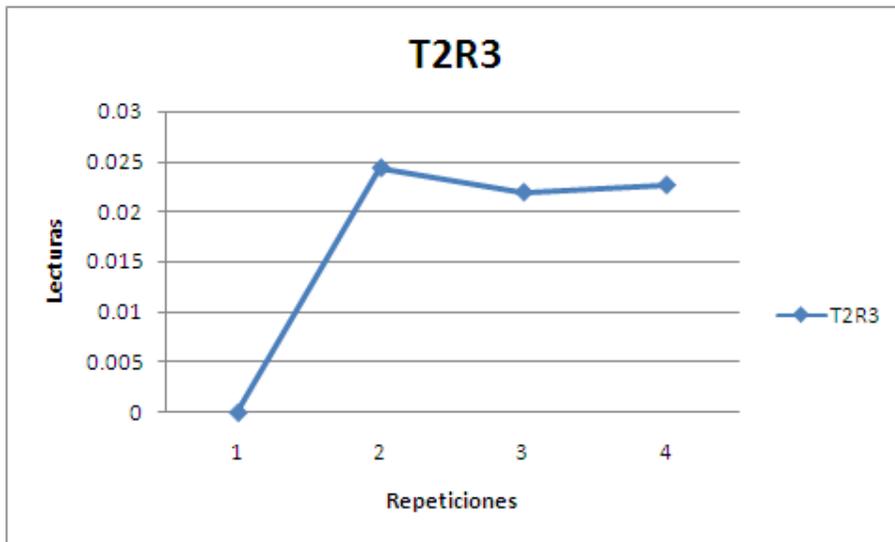
**Gráfico 15.-** Ensayo T2R2

El grafico corresponde a los valores 0 del tratamiento T2R2



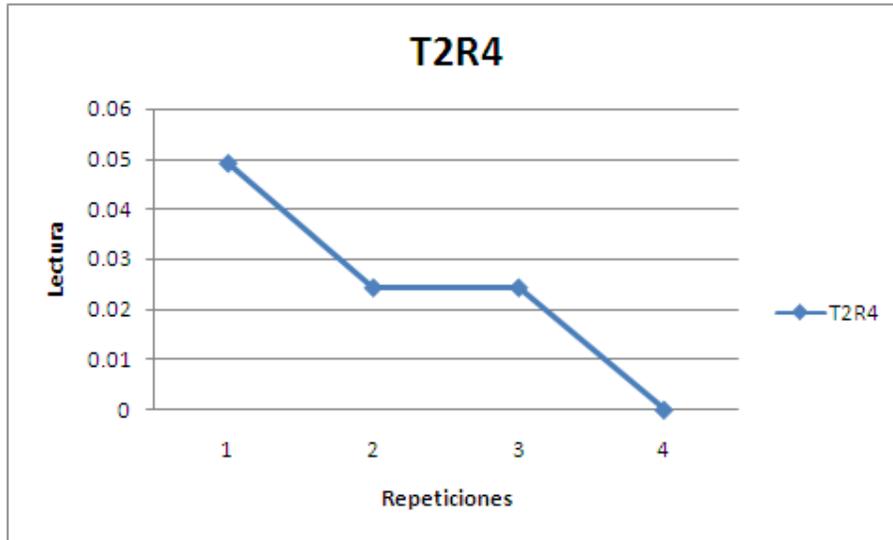
**Gráfico 16.-** Ensayo T2R3

Representación gráfica de valores entre 0.02 y 0.025 en tratamiento T2R3



**Gráfico 17.-** Ensayo T2R4

El gráfico demuestra 2 valores se repiten entre 0.02 en T2R4



**Cuadro 18. Resultados de T3Rx de los Grados de Sustitución**

CASO	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4
1	0.0151	0.0409	0.0162	0.07430
2	0.0000	0.0081	0.0997	0.00000
3	0.0997	0.0162	0.0081	0.05754
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.10820

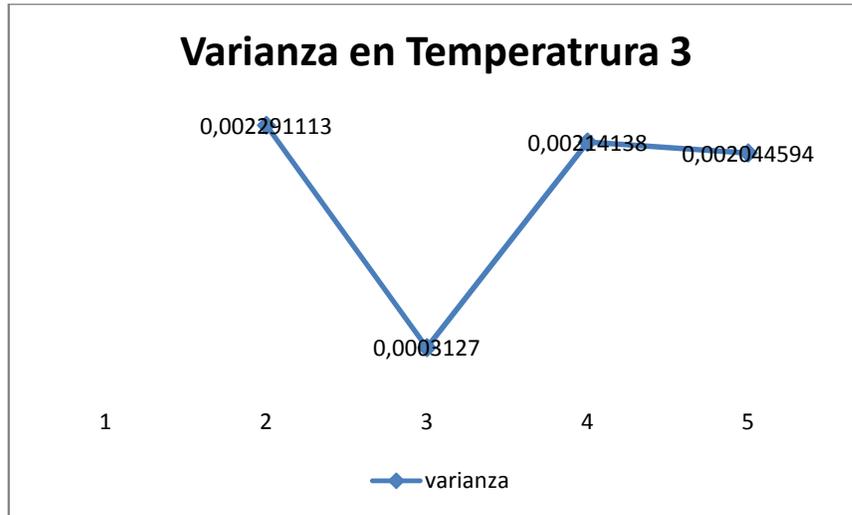
<b>varianza</b>	<b>0.0022911</b>	<b>0.00031270</b>	<b>0.0021414</b>	<b>0.00204459</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.0287000</b>	<b>0.01630000</b>	<b>0.0310000</b>	<b>0.06001000</b>
<b>SDST</b>	<b>0.0478656</b>	<b>0.01768333</b>	<b>0.0462750</b>	<b>0.04521718</b>
<b>SC</b>	<b>0.0101681</b>	<b>0.00200086</b>	<b>0.0102681</b>	<b>0.02053858</b>

SDST= Desviación Estándar

SC= Suma de cuadrados

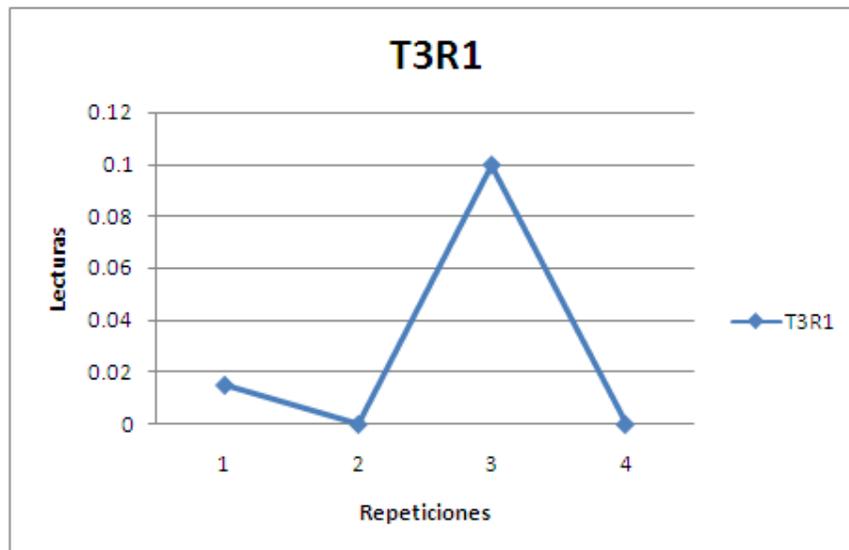
**Gráfico 18.-** Resultados de Varianza Tercer Factor

El gráfico demuestra que en este tercer factor las varianzas en tres tratamientos están en puntos muy cercanos.



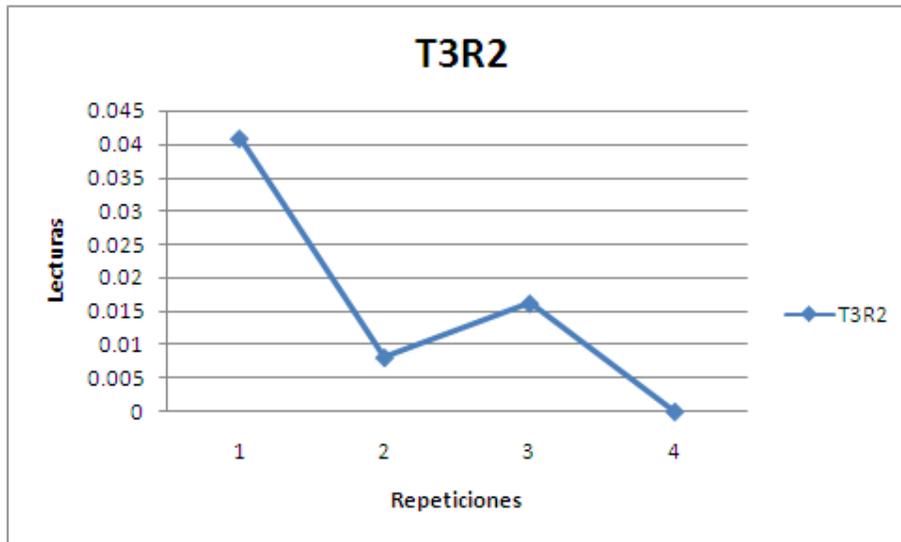
**Gráfico 19.-** Ensayo T3R1

En la gráfica el punto 3 con lectura 0.1 sale del rango 0.02



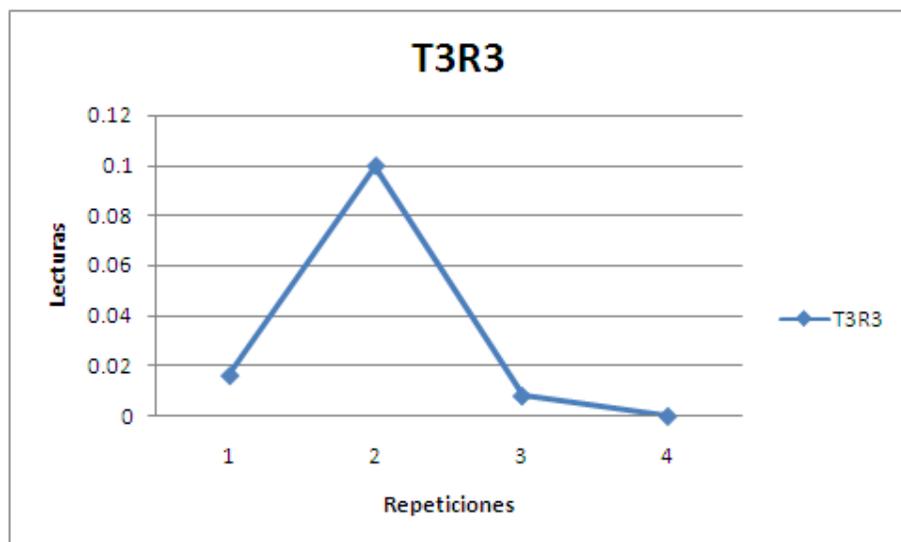
**Gráfico 20.-** Ensayo T3R2

En la gráfica el punto 1 con lectura 0.04 sale del rango 0.015 de las otras repeticiones



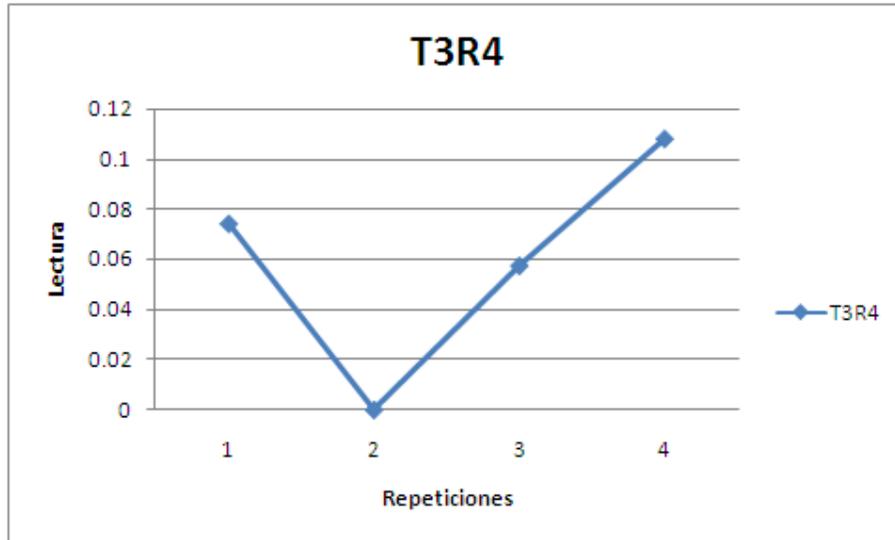
**Gráfico 21.-** Ensayo T3R3

En la gráfica el punto 2 con lectura 0.1 sale del rango 0.02 de las otras repeticiones



**Gráfico 22.-** Ensayo T3R4

En la gráfica el punto 2 con lectura 0.0 no entra en el rango 0.08 – 0.1



Los anteriores gráficos demuestran valores de lecturas que van desde 0 hasta 0.14 con respecto a grados de sustitución en los diferentes tratamientos así como sus respectivas repeticiones.

Los porcentaje de acetilación sus valores se demuestran en las diferentes formulas desarrolladas para obtener dichos resultados y que se encuentran en los anexos descrito por cada ensayo realizado, donde el porcentaje de acetilación es igual a los ml de ácido clorhídrico consumido por el testigo menos los ml de ácido clorhídrico consumido por la muestra por la normalidad del acido por 0.043 peso molar del polisacárido por 100 para obtener en % y dividido para el peso de la muestra en base seca.

## TRATAMIENTO 1

**Cuadro 19.** Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento uno del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.

	TRATAMIENTOS			
REP	1	2	3	4
I	0,0000	0,0000	0,0990	0,0000
II	0,0000	0,0743	0,0409	0,0000
III	0,0000	0,1340	0,0380	0,0000
IV	0,0000	0,0740	0,0320	0,0000

**Cuadro 20.** Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento uno del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.

Datos ajustados a  $\sqrt{x} + 1$

	TRATAMIENTOS			
REP	1	2	3	4
I	1,0000	1,0000	1,3146	1,0000
II	1,0000	1,2726	1,2022	1,0000
III	1,0000	1,3661	1,1949	1,0000
IV	1,0000	1,2720	1,1789	1,0000

Tiempo de reacción (horas)	Promedios
1,00	1,00
2,00	1,23
2,50	1,22
3,00	1,00

**GRAFICO 23. Promedios del tratamiento uno**



El gráfico demuestra la relación entre los promedios de las repeticiones en eje X vs Tiempos de reacción (horas) en eje Y.

Tratamiento 1 referente a la primera temperatura de ensayo 30<sup>o</sup>c.

Dando un rango de 1.0 – 1.22 referente al grado de sustitución.

Datos obtenidos en laboratorio con 20 a 26 <sup>o</sup>c de temperatura y 46 a 49 de humedad relativa.

## TRATAMIENTO 2

**Cuadro 21.** Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento dos del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.

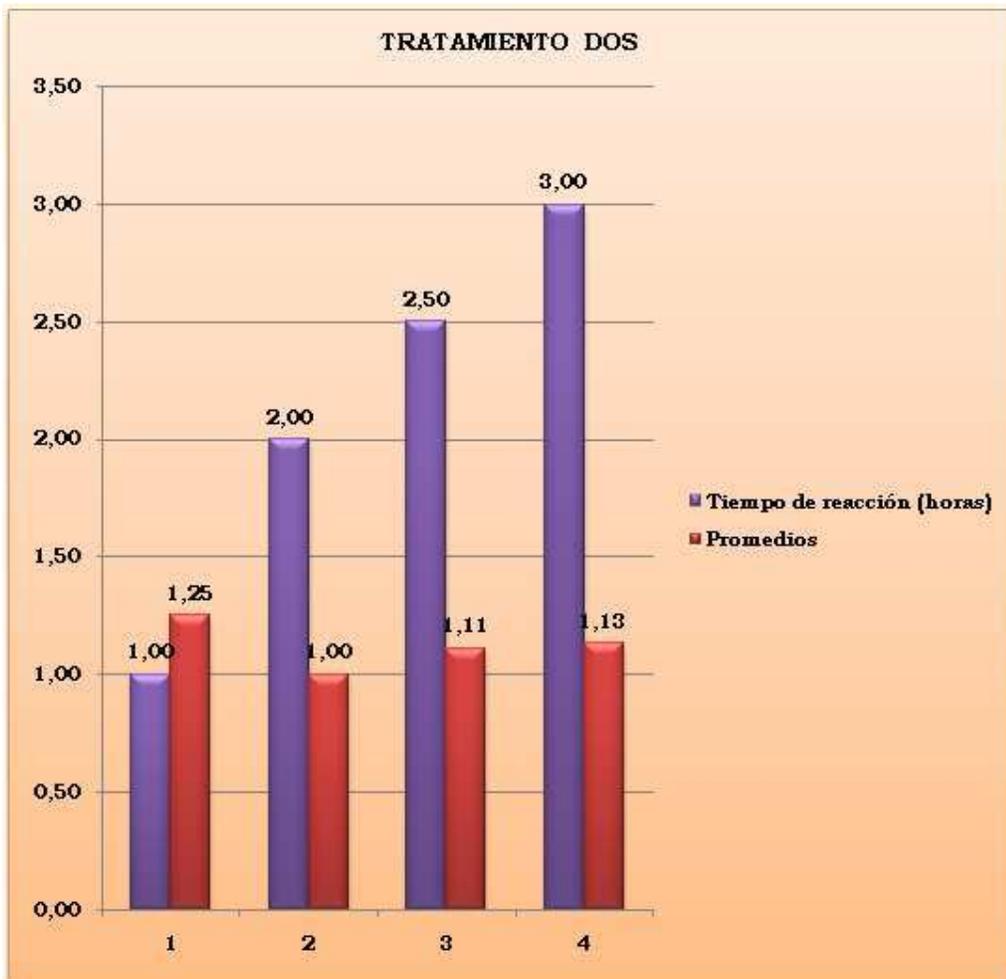
	TRATAMIENTOS			
REP	1	2	3	4
I	0,0409	0,0000	0,0000	0,0492
II	0,0910	0,0000	0,0244	0,0244
III	0,0380	0,0000	0,0220	0,0244
IV	0,0910	0,0000	0,0227	0,0000

**Cuadro 22.** Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento dos del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.  
Datos ajustados a  $\sqrt{x} + 1$ .

	TRATAMIENTOS			
REP	1	2	3	4
I	1,2022	1,0000	1,0000	1,2218
II	1,3017	1,0000	1,1562	1,1562
III	1,1949	1,0000	1,1482	1,1562
IV	1,3017	1,0000	1,1507	1,0000

Tiempo de reacción (horas)	Promedios
1,00	1,25
2,00	1,00
2,50	1,11
3,00	1,13

**GRAFICO 24.Promedios del tratamiento dos**



El gráfico demuestra la relación entre los promedios de las repeticiones en eje X vs Tiempos de reacción (horas) en eje Y.

Tratamiento 2 referente a la segunda temperatura de ensayo 35<sup>a</sup>c.

Dando un rango de 1.0 – 1.25 referente al grado de sustitución.

Datos obtenidos en laboratorio con 20 a 26 <sup>a</sup>c de temperatura y 46 a 49 de humedad relativa.

### TRATAMIENTO 3

**Cuadro 23.** Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento tres del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.

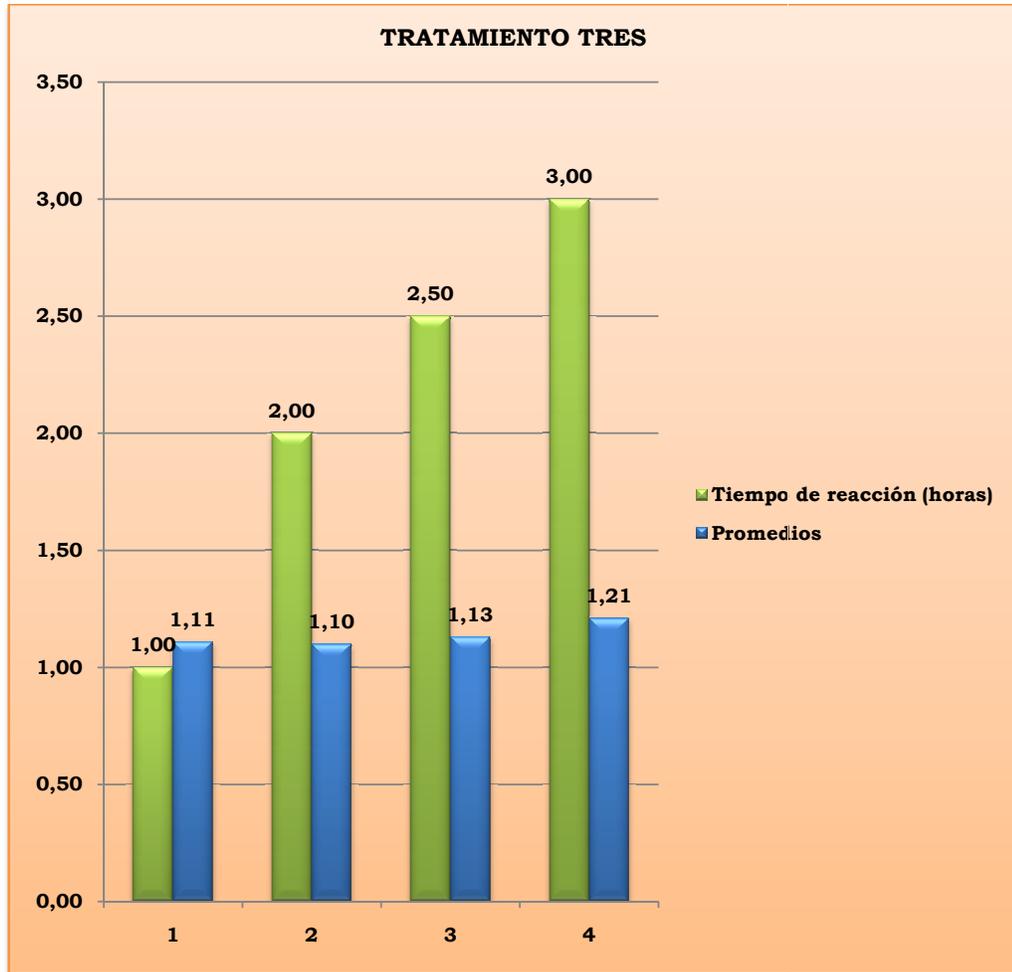
REP	TRATAMIENTOS			
	1	2	3	4
I	0,0151	0,0409	0,0162	0,0743
II	0,0000	0,0081	0,0997	0,0000
III	0,0997	0,0162	0,0081	0,0575
IV	0,0000	0,0000	0,0000	0,1082

**Cuadro 24.** Valores de porcentaje de acetilación y grado de sustitución del tratamiento tres del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010. Datos ajustados a  $\sqrt{x} + 1$ .

REP	TRATAMIENTOS			
	1	2	3	4
I	1,1229	1,2022	1,1273	1,2726
II	1,0000	1,0900	1,3158	1,0000
III	1,3158	1,1273	1,0900	1,2399
IV	1,0000	1,0000	1,0000	1,3289

Tiempo de reacción (horas)	Promedios
1,00	1,11
2,00	1,10
2,50	1,13
3,00	1,21

**GRAFICO 25. Promedios del tratamiento tres.**



El gráfico demuestra la relación entre los promedios de las repeticiones en eje X vs Tiempos de reacción (horas) en eje Y.

Tratamiento 3 referente a la segunda temperatura de ensayo 40<sup>a</sup>c.

Dando un rango de 1.11 – 1.21 referente al grado de sustitución.

Datos obtenidos en laboratorio con 20 a 26 <sup>a</sup>c de temperatura y 46 a 49 de humedad relativa.

**Cuadro 25.** Análisis de varianza del Porcentaje de acetilación y grado de sustitución del promedio de los tres tratamientos del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010“.

Fuente de Variación	G de L	Suma de Cuadrado	Cuadrado medio	F calculada	F tabla	
					0.05	0.01
Temperatura	2	0.006	0.003	0.3050ns	3.26	5.25
Tiempo de reacción	3	0.016	0.005	0.5545ns	2.86	4.38
Interacción T x TR	6	0.341	0.057	5.9357**	2.36	3.35
Error	36	0.345	0.010			
Total	47					
C.V. %						
Promedio						

\*\* Diferencia Estadística Altamente significativa al 1 %

\* Diferencia Estadística Significativo al 5 %

ns No significativo

**Cuadro 26.** Valores promedios de Porcentaje de acetilación y grado de sustitución del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.

<b>CÓDIGO</b>	<b>FACTORES</b>	<b>PROMEDIOS</b>
	<b>FACTOR A</b>	
T1	Temperatura 30 °C	1.113
T2	Temperatura 35°C	1.124
T3	Temperatura 40 °C	1.140
	<b>Tukey</b>	<b>ns</b>
	<b>FACTOR B</b>	
TR 1	1 hora	1.120
TR 2	2hora	1.111
TR 3	2 hora 30 minutos	1.157
TR 4	3 horas	1.115
	<b>Tukey</b>	<b>ns</b>
	<b>INTERACCIÓN T x TR</b>	
T1 X TR 1	Temperatura 30 °C x 1 hora	1.000ab
T1 X TR 2	Temperatura 30 °C x 2hora	1.228ab
T1 X TR 3	Temperatura 30 °C x 2 hora 30 minutos	1.223ab
T1 X TR 4	Temperatura 30 °C x 3 horas	1.000ab
T2 X TR 1	Temperatura 35°C x 1 hora	1.250 a
T2 X TR 2	Temperatura 35°C x 2hora	1.000ab
T2 X TR 3	Temperatura 35°C x 2 hora 30 minutos	1.114ab
T2 X TR 4	Temperatura 35°C x 3 horas	1.134ab
T3 X TR 1	Temperatura 40 °C x 1 hora	1.110ab
T3 X TR 2	Temperatura 40 °C x 2hora	1.105ab
T3 X TR 3	Temperatura 40 °C x 2 hora 30 minutos	1.133ab
T3 X TR 4	Temperatura 40 °C x 3 horas	1.210ab
	<b>Tukey</b>	<b>0.25</b>
	<b>Promedio</b>	<b>1.125</b>
	<b>C.V.%</b>	<b>8.70</b>

## **A.- APLICACIÓN DEL ALMIDÓN MODIFICADO EN ALIMENTO COMO ESPESANTE**

Elaboración de flan listo para consumir, para comprobar los efectos del almidón como agente espesante en la formación de gel en el postre.

### **Materiales**

- a.- leche líquida (2000ml)
- b.- leche en polvo (250gr)
- c.- cacao en polvo
- d.- azúcar
- e.- maicena
- f.- almidón

### **Formula**

Leche líquida	: 83%
Azúcar	: 11.3%
Cacao	: 3.5%
Leche en polvo	: 1.3%
Espesante	: 0.5%
Maicena	: 0.4%

### **Procedimiento**

- 1.- Pesar y mezclar la leche líquida, leche en polvo y cacao
- 2.- Pre mezclar con maicena, azúcar y estabilizante
- 3.- Calentar a 75 ºC
- 4.- Homogenizar
- 5.- Pasteurizar a 90 ºC por 10 minutos
- 6.- Enfriar

- 7.- Envasara en moldes de aluminio o plásticos con peso uniforme
- 8.- Enfriar y almacenar.

### **Elaboración de aderezos para salsa blanca**

#### **Ingredientes**

- a.- leche líquida
- b.- margarina
- c.- sal
- d.- almidón

#### **Formula**

Leche líquida	: 180 ml
Margarina	: 10 gr
Aditivo	: 3 gr

#### **Procedimiento**

- 1.- Derretir la margarina y adicionar la leche
- 2.- Agregar el aditivo, si se trata de almidón hacer diluciones previa en la leche fría
- 3.- Agitar a fuego lento
- 4.- Condimentar, colocar sal
- 5.- Agitar y calentar hasta textura adecuada

### **Elaboración de crema pastelera**

#### **Ingredientes en porcentajes (%)**

Azúcar en polvo	: 38
-----------------	------

Agua	: 16
Sal	: 0.4
Vainilla	: 0.03
Suero	: 4.7
Goma xantan	: 0.16
Grasa	: 18.5
Glucosa	: 17
Almidón de yuca	: 5
Ácido cítrico	: 0.01
Lecitina	: 0.2

## ESTIMACIÓN ECONÓMICA

**Cuadro 27.** Valores de estimación económica para acetilación por tratamiento del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.

### PARA ACETILACIÓN POR TRATAMIENTO

<b>Reactivo</b>	<b>medida</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo unitario</b>	<b>costo total</b>
Almidón	g	40,50	0,0006	0,0243
agua estilada	l	92,50	0,0013	0,1203
Hidróxido de sodio	ml	3,00	0,015	0,0450
Ácido Acético	ml	2,00	0,0012	0,0024
Ácido Clorhídrico	ml	0,20	0,0114	0,0023
<b>TOTAL</b>				<b>0,1942</b>

**28.** Valores de estimación económica para titulación de muestra después del tratamiento del ensayo “Efecto de la Temperatura y Tiempo de reacción en la Acetilación para obtener Almidón de Yuca Modificado” Manta. 2010.

### PARA ACETILACIÓN POR TRATAMIENTO

<b>Reactivo</b>	<b>medida</b>	<b>cantidad</b>	<b>costo unitario</b>	<b>costo total</b>
Almidón	g	1,00	0,0006	0,0006
Alcohol potable	ml	50,00	0,0015	0,0750
Hidróxido de sodio	ml	3,00	0,015	0,0450
Ácido Clorhídrico	ml	0,20	0,0114	0,0023
<b>TOTAL</b>				<b>0,1229</b>

## V. DISCUSION

En base a los resultados obtenidos se establece la siguiente discusión:

El almidón modificado presenta una mayor viscosidad (3,500 – 3,800) que el almidón no modificado (2,500 – 2,700), esto es corroborado por **Bello-Pérez L,etal, 2002** quienes dicen que el almidón constituye la principal fuente de reserva de carbohidratos en los vegetales. Este polisacárido se encuentra en diversas partes de las plantas y puede ser aislado de semillas, frutas, hojas, tubérculos y raíces. Constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos.

Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura de los alimentos y por sus propiedades espesantes y gelificantes; sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso (ej.: temperatura, pH y presión). Se realiza la reología de una solución al 5% de almidón modificado y sin modificar para realizar una comparación de la viscosidad sometida a temperaturas de almacenamiento como 4°C y variando el tiempo por de 24 horas hasta 2 semanas de almacenamiento observando mayor viscosidad en almidón modificado de hasta 3.500-3.800 mpc(milipascales) en comparación con el almidón no modificado 2.500-2.700 mpc .

Así mismo lo aseverado por Singh NS, Singh N. 2005 y Singh J, Kaur L, McCarthy O.J. 2007 quienes manifiestan que estas limitaciones se pueden superar modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos y enzimáticos, dando origen a numerosos derivados del almidón, los cuales pueden ampliar su aplicación y llegar a ser factores de gran importancia en el campo de los alimentos de igual manera lo manifestado por Thomas D, Atwell W. 1999, quien dice que la modificación química es el tipo más común, siendo algunos de los mecanismos más usados la derivación vía éter o formación de éster, oxidación de grupos carbonilo, hidroxilo o grupo

carboxílico y la hidrólisis de enlaces glucosídicos. Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-descongelamiento como lo dice Agboola et al. 1991

El espectro realizado a los dos ácidos acéticos se puede ver la diferencia entre ambos que radica en las regiones 1450 nm y 3.98 AbsLog(1/R) presentan grupos OH y C=O en el ácido orgánico y 1694nm y 2.88 As Log (1/R) presenta grupos C-H y C-H<sub>3</sub> en el ácido acético glacial, Equipo NIR Foss XDS.

El empleo del ácido acético orgánico produce grados de sustitución menores a los esperados (menores a 1,2 ).La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) sólo permite en alimentos almidones con bajo grado de sustitución. El almidón acetato que típicamente se utiliza en alimentos contiene 0,5-2,5% de grupos acetilos.

El análisis de varianza del Gs realizado presenta diferencia estadística altamente significativa para la interacción TxTR al 1%, las otras fuentes de varianza no presentan diferencia estadística alguna.

La prueba de Tukey al 0,05% para el factor A y el factor B no presentan diferencia estadística alguna, el intervalo TxTR presenta 2 rangos de significación estadística, el mayor corresponde al intervalo T2xTR1 con un valor de 1,250 Gs y el menor a 3 intervalos (T1xTR1; T1xTR4, T2xTR2) con valor igual de 1,000 Gs, con promedio general de 1,125 Gs y Coeficiente de Variación de 8,70%.

El estudio reológico no se lo realiza a un producto que contiene en su fórmula almidón modificado de yuca ya que sería otro tema de discusión.El análisis espectrofotométrico por infrarrojo cercano da a conocer curvas diferentes que presentan los dos tipos de ácidos acéticos que según la FDA

limita a 2,5% los grupos acetilos en almidones acetilados para uso alimentario como lo corrobora **Thomas D, Atwell W. 1999.**

El almidón oxidado es producido por la reacción del almidón con una cantidad específica del reactivo oxidante a temperatura y pH controlados. La oxidación del almidón implica la introducción de grupos carbonilo y grupos carboxilo en las unidades de glucosa, dentro de la matriz del polímero.

## VI. CONCLUSIONES

- 1.- El almidón modificado presenta una mayor viscosidad (3,500 – 3,800) que el almidón no modificado (2,500 – 2,700)
- 2.- El almidón acetato que típicamente se utiliza en alimentos contiene 0,5-2,5% de grupos acetilos
- 3.- La acetilación y la oxidación del almidón de yuca producen cambios de diferente intensidad en las características químicas, físicas y funcionales, en comparación con el almidón nativo.
- 4.- Los mayores cambios observados en el almidón acetilado, especialmente en las propiedades reológicas, sugieren la utilidad de este almidón en sistemas alimenticios que requieran una rápida viscosidad, así como en productos que conlleven procesos de refrigeración, debido a su baja tendencia a la retrogradación.
- 5.- En la aplicación del almidón como espesante se utilizó en la elaboración de flan listo para consumir, aderezos para salsa blanca y de crema pastelera.

## VII. RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda modificar el almidón porque presenta una mayor viscosidad (3,500 – 3,800) que el almidón no modificado (2,500 – 2,700), para que sea utilizado con fines industriales.
- 2.- Utilizar almidón como espesante en la elaboración de flan listo para consumir, aderezos para salsa blanca y de crema pastelera, entre otros productos de consumo humano que se puede emplear.
- 3.- Profundizar el análisis del almidón sin modificar y modificado por calorimetría diferencial de barrido para verificar su temperatura de fusión y así conocer si puede ser empleado como sustituto de polímeros sintéticos en el desarrollo de plásticos biodegradables.
- 4.- Que los estudiantes tanto de Ingeniería en Agroindustrias y los Alimentos realicen más reconocimiento o recorridos en las diferentes empresas alimentarias que hay en la Provincia.

## VIII. RESUMEN

En el presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Análisis Instrumental que pertenece a la Industria La Fabril S.A Ubicada en el Km. 5 1/2 vía Manta-Montecristi en la Provincia de Manabí, tuvo como finalidad Generar tecnología para la obtención del Almidón de Yuca Modificado además de poner a consideración que el estudiante de Ingeniería en Alimentos puede realizar ensayos de experimentación tomando como materia prima los alimentos o sus subproductos para su mejor aprovechamiento.

Se puso de manifiesto la teoría sobre la Yuca y se describe una técnica de modificación química del almidón utilizando ácido acético orgánico en vez del ácido acético glacial 99.7% de origen químico del petróleo a diferentes temperaturas (30, 35, 40°C) y tiempos (1,2, 2:30 y 3 horas) para realizar dicha transformación siguiendo un desarrollo experimental Bifactorial A x B, la cual se verifico con la ecuación porcentual para encontrar el porcentaje de acetilación y su grado de sustitución de los grupos carboxilos y que fueron tomados dichos datos para ser sometidos a un estudio estadístico mediante un análisis de ANOVA, así como también se realizó una observación de su comportamiento reológico Viscosidad (aparente) medido por Reómetro AR1000 mediante un barrido de temperatura, del almidón sin modificar vs el ya modificado.

También se realizó un ensayo reométrico empleando un equipo denominado Reómetro AR1000el cual nos da una idea del cambio en su viscosidad sometiendo este almidón a un periodo de tiempo y temperatura de almacenamiento.

Para la interpretación de la información se utilizó un SoftwareInfoStat/L el cual pone de manifiesto que no existe diferencia significativa entre los tratamientos realizados y el gráfico un histograma podemos observar un máximo valor de resultado obtenido 0.09 – 0.1 en el grado de sustitución

encontrado, pero con frecuencia relativa mayor en un rango 0- 0.03 lo que nos da a comprender que el empleo del ácido acético orgánico es poco efectivo, que en literatura el grado de sustitución llega hasta 2.5 y más siendo este valor permitido por el FDA, **(Revista Enfoques Oct. 2006)**

Los datos obtenidos permite manifestar que el almidón modificado presenta una mayor viscosidad (3,500 – 3,800) que el almidón no modificado (2,500 – 2,700), además que el almidón acetato que típicamente se utiliza en alimentos contiene 0,5-2,5% de grupos acetilos

Así mismo puede mencionar que la acetilación y la oxidación del almidón de yuca producen cambios de diferente intensidad en las características químicas, físicas y funcionales, en comparación con el almidón nativo. Los mayores cambios observados en el almidón acetilado, especialmente en las propiedades reológicas, sugieren la utilidad de este almidón en sistemas alimenticios que requieran una rápida viscosidad, así como en productos que conlleven procesos de refrigeración, debido a su baja tendencia a la retrogradación.

Además se realizó un ensayo aplicando el almidón como espesante en la elaboración de flan listo para consumir, aderezos para salsa blanca y de crema pastelera, dando muy buenos resultados.

## IX. SUMMARY

Presently work was carried out in the Laboratory of Instrumental Analysis that belongs to the Industry The Industrial Located S.A in the Km. 5 1/2 via Blanket-Montecristi in the County of Manabí, he/she had as purpose to Generate technology for the obtaining of the As amended Starch of Yucca besides putting to consideration that the student of Engineering in Allowances can carry out experimentation rehearsals taking as raw material the allowances or her by-products for her best use.

It showed the theory on the Yucca and a technique of chemical modification of the starch is described using organic acetic acid instead of the acetic acid glacial 99.7% of chemical origin from the petroleum to different temperatures (30, 35, 40°C) and times (1,2, 2:30 and 3 hours) to carry out this transformation following an experimental development Bifactorial TO x B, which you verifies with the percentage equation to find the acetilación percentage and its grade of substitution of the groups carboxilos and that this data were taken to be subjected to a statistical study by means of an analysis of ANOVA, as well as he/she was carried out an observation of its behavior reológico Viscosity (apparent) measured by Reómetro AR1000 by means of a sweeping of temperature, of the starch without already modifying vs the as amended.

It was also carried out a rehearsal reométrico using a denominated team Reómetro AR1000 which gives us an idea of the change in their viscosity subjecting this starch to a period of time and storage temperature.

For the interpretation of the information a Software InfoStat/L the one was used which puts of manifesto that significant difference doesn't exist between the realized treatments and the graph a histogram we can observe a maximum value of obtained result 0.09 - 0.1 in the biggest opposing, but frequently relative substitution grade in a range 0 - 0.03 what gives us to

understand that the employment of the organic acetic acid is not very effective that in literature the substitution grade arrives up to 2.5 and more being this value allowed by the FDA.

The obtained data allow to manifest that the as amended starch presents a bigger viscosity (3,500 - 3,800) that the non as amended starch (2,500 - 2,700), also that the starch acetate that typically is used in allowances it contains 0,5-2,5% of groups acetyls

Likewise I can mention that the acetilación and the oxidation of the yucca starch produce changes of different intensity in the chemical, physical and functional characteristics, in comparison with the native starch. The biggest changes observed in the starch acetilado, especially in the estates reológicas, they suggest the utility of this starch in nutritious systems that require a quick viscosity, as well as in products that bear refrigeration processes, due to their low tendency to the retrogradación.

I was also carried out a rehearsal applying the starch like thickener in the elaboration of clever custard to consume, seasonings for white sauce and of cream pastrycook, giving very good results.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Acton, W.s.f. The Manufacture of Dextrins and British Gums., 1976, En: Radley, J.Starch Production Technology, England, Applied Science Publisher, p. 276-28
2. Arenas, U. y Márquez, D.2000, Opciones y requerimientos tecnológicos para la producción de almidones modificados de yuca en aplicaciones industriales para el entorno colombiano., Trabajo de grado presentado a la Universidad Nacional de Colombia, para optar al grado de Ingeniero Químico, Bogotá,Colombia, p. 10-12, 48-69.
3. Aristizábal, J., 2004. Estudio de la viabilidad técnica y económica de la producción de dextrinas a partir de yuca utilizando tecnologías de vía seca., MADRCLAYUCA-CIAT, Cali,Colombia, p. 115.
4. Aristizábal, J. y Robles, S.,2001, Estudio de la dextrinización del almidón de yuca por vía seca., Trabajo de grado presentado a la Universidad Nacional de Colombia, para optar al grado de Ingeniero Químico, Bogotá, Colombia, p. 125.
5. Ávila, M. y Agudelo, V.1983, Estudio comparativo de excipientes empleados en la formulación de formas farmacéuticas sólidas, Parte IV, Granulación por vía húmeda de mezclas de almidón y lactosa., Trabajo de grado presentado a la Universidad Nacional de Colombia, para optar al grado de Químico Farmacéutico, Bogotá, Colombia.

6. Adebawale KO, Olu-Owolabi BI, Olawumi EK, Lawal OS. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpusartilis*) starch. *IndCropsProd* 2005;21: p.343-351
7. Agboola SO, Akingbala JO y Oguntimein GB. 1991. Physicochemical and functional properties of low DS cassava starch acetates and citrates, *Starch/ Starke* 1991;43:p.62–66.
8. Badui DS. *Química de los Alimentos*. 3ra Edición, México. Editorial. Alhambra Mexicana. p. 429. 1999.
9. Betancur-Ancona D, Chel-Guerrero L, Cañizares-Hernandez E. Acetylated and characterization of *Canavaliaensiforme* Starch. *J Agric Food Chem* 1997;45: p.362-378.
10. Bello-Pérez L, Contreras-Ramos S, Romero-Manilla R, Solorza-Feria J, Jiménez-Aparicio A. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia* 2002; 36:p.169-180.
11. Corrado, V.1996, *A method of modifying starch.*, Milano, EP 710.670.
12. Centro de desarrollo de productos bióticos del IPN,2008. *Caracterización morfológica, molecular y fisiológica del almidón de plátano oxidado y lintnerizado*, México.
13. Fleche,G.1985. *Chemical modification and degradation of starch*. In: *Starch Conversion Tecnology*. Van Beynum, GM. And Roel, J.A.(ed). Marcel Dekker Inc., New York, p.733-99

14. Fredrickson, R.1958, Dextrinization process., Decatur, US Patent 2.845.368.
15. French D. 1984. Organization of starch granules. In: Starch Chemistry and Tecnology. Whistler, R.L., BeMiller, J.N. and Paschall,E.F.(eds). Academic Press., New York, p.183-247.
16. FOA, Revista enfoques oct. 2006. El mercado de almidón añade valor a la yuca.
17. Grace M.R. Elaboración de la Yuca, colección FAO: Producción y protección vegetal 1977; p.3-4.
18. INIAP, 1997. Guía para el cultivo de la yuca. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Portoviejo.
19. Jarowenko,W.1986. Acetylated starch and miscellaneous organic esters. In:Modified Starch:Properties and Uses. Wurzburg, O.B.(ed) CRC Press,Inc., Boca Raton, FL p.55-77.
20. Lawal OS, Adebowale KO. Physicochemical characteristics and thermal properties of chemically modified jack bean (Canavaliaensiformis) starch. CarbohPolym 2005;60:p.331-341.
21. Moreno, L., 2003. Bases para el diseño de una unidad de dextrinización de almidón por la vía seca., Trabajo de grado presentado a la Universidad Nacional de Colombia, para optar al grado de Ingeniero Químico, Bogotá, Colombia, p. 53-73.

22. Reis, R. L., Cunha, A.M., Encyclopedia Of Materials: Science and Technology, 2005.
23. Rodríguez, C. y Zoque, M., 2002. Estudio de la obtención de dextrinas para alimentos por ruta seca., Trabajo de grado presentado a la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, para optar al grado de Ingeniero Químico, p: 47-80.
24. Sangseethong K, Lertpanit S, Sriroth, K. Hypochlorite oxidation of cassava starch. *Starch/Starke* 2005; 58(2): p.53-54.
25. Singh NS, Singh N. 2005. Characteristic of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars. *J Food Engineering* 2005;70: p.117-127.
26. Singh J, Kaur L, McCarthy O.J. 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications. *Food Hydrocoll* 2007;21 p.1-22.
27. Tester, R.F., Karkalas, J., Qi, X., Starch Structure and digestibility enzyme-Substrate relation ship., *World's Poultry Science Journal*, Vol.60, 2004, p.186-195.
28. Thomas D, Atwell W. 1999. Starch structure in: Practical guide for the food industry. EaganPressHandbook Serie. St Paul Mn. USA. p.49-86.
29. Wurzburg, O.B., Modified Starches: properties and uses., Boca Raton, florida, 1986, p.277.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1.**

Exportaciones de yuca año 2005 – 2010

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PAÍS</b>	<b>PESO KILOS</b>	<b>FOB DOLAR</b>	<b>% (TOTAL POR DÓLAR )</b>
RAÍCES DE  YUCA (MANDIOCA )	ESTADOS UNIDOS	13,093.60	6,010.72	45.29
	PUERTO RICO	4,045.25	2,318.48	17.47
	COLOMBIA	28,797.23	2,153.79	16.23
	ESPAÑA	3,783.91	1,055.57	7.96
	REINO UNIDO	1,442.94	1,040.78	7.85
	HOLANDA(PBAJOS)	723.74	419.19	3.16
	REUNION	94.61	119.55	0.91
	BELGICA	172.34	118.15	0.90
	CANADA	23.96	15.05	0.12
	OTROPAISES T.NO DETERMINADOS	3.91	5.46	0.05
	FRANCIA	4.28	4.73	0.04
	BAHAMAS	4.37	4.44	0.04
	ANTILLAS HOLANDESAS	25.47	4.23	0.04
	PANAMA	1.12	1.72	0.02
	ALEMANIA	1.88	0.57	0.01
	REP.DOMINICANA	1.64	0.42	0.01
	CHILE	0.42	0.20	0.01
	MEXICO	0.08	0.09	0.01
	TOTAL GENERAL		52,220.67	13,273.05

FUENTE: Banco Central del Ecuador.

## ANEXO 2.

Exportaciones de Almidones y Féculas año 2005 – 2010

DESCRIPCIÓN	PAÍS	PESO KILOS	FOB DOLAR	% (TOTAL POR DÓLAR )
LOS DEMÁS	ESPAÑA	20.30	39.74	70.99
ALMIDONES Y FECULAS	COLOMBIA	3.25	9.34	16.68
	ESTADOS UNIDOS	2.29	5.48	9.80
	ITALIA	0.84	0.93	1.65
	FRANCIA	0.17	0.51	0.91
TOTAL GENERAL		26.84	55.98	100.00

FUENTE: Banco Central del Ecuador.

### ANEXO 3.

Exportaciones de Almidones y Féculas año 2005 – 2010

DESCRIPCIÓN	PAÍS	PESO KILOS	FOB DOLAR	CIF- DOLAR	% (TOTAL POR DÓLAR )
ALMIDONES Y FECULAS	LOS DEMÁS ESTADOS UNIDOS	236.36	344.65	388.15	35.46
	COLOMBIA	292.89	317.54	322.48	32.67
	CHINA	144.78	127.65	144.45	13.13
	MEXICO	37.07	72.66	77.15	7.48
	ARGENTINA	148.50	62.37	77.31	6.42
	ALEMANIA	9.27	23.98	25.86	2.47
	PERU	15.30	14.10	14.50	1.45
	BELGICA	1.60	8.29	8.69	0.86
	FRANCIA	0.75	0.75	0.81	0.08
	RUSIA	9.39	0.21	0.32	0.03
	BRASIL	11.84	0.01	0.01	0.01
TOTAL GENERAL		907.72	972.18	1,059.67	100.00

FUENTE: Banco Central del Ecuador.



## Anexo 5. Análisis microbiológico

### DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

#### INFORME DE ANALISIS DE ALIMENTO

Fecha de emisión del resultado: Abril 23 del 2010

Fecha de recepción de la muestra: Abril 17 del 2010

Fecha de análisis de la muestra: Abril 18 del 2010

Muestreo: Realizado por Laboratorio de Microbiología

#### MUESTRA: Almidón de yuca.

Tipo de alimento: Almidón

Envase externo: Funda plástica

Número de lote: S/L

Fecha de elaboración:

Tiempo máximo de consumo:

#### EXAMEN MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAYO	DESCRIPCION
			ALMIDÓN DE YUCA
Aerobios mesófilos <b>REP</b>	ufc/g	AOAC (BAM)FDA	7.0 X 10 <sup>4</sup>
Coliformes totales	ufc/g	INEN 1529-7	2.0 X 10 <sup>3</sup>
<i>E. coli</i>	ufc/g	AOAC 991.14	Ausencia
Mohos	ufc/g	AOAC (BAM)FDA	1.0 X 10 <sup>3</sup>
Levaduras	ufc/g	AOAC (BAM)FDA	1.0 X 10 <sup>3</sup>

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

## ANEXO 6. PRIMER ENSAYO

FECHA: Abril 2 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times N \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T1R1a

$$\% \text{ acetilación} = (36.9 - 43.2) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-6.3) \times 2.15 / 1 = -13.545 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 13.545}{4300 - (42x - 13.545)}$$

$$\text{GS} = \frac{-2194.29}{4300 + 568.89}$$

$$\text{GS} = -0.45067$$

### T1R1b

$$\% \text{ acetilación} = (36.9 - 44.8) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-7.9) \times 2.15 / 1 = -16.98 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 16.98}{4300 - (42x - 16.98)}$$

$$\text{GS} = \frac{-2750.76}{4300 + 713.16}$$

$$\text{GS} = -0.5487$$

**T1R1c**

$$\% \text{acetilación} = (38.6 - 39) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (-0.4) \times 2.15 / 1 = -0.86 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 0.86}{4300 - (42x - 0.86)}$$

$$\text{GS} = \frac{-139.32}{4300 + 36.12}$$

$$\text{GS} = -0.0321$$

**T1R1d**

$$\% \text{acetilación} = (38.6 - 39) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (-0.4) \times 2.15 / 1 = -0.86 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 0.86}{4300 - (42x - 0.86)}$$

$$\text{GS} = \frac{-139.32}{4300 + 36.12}$$

$$\text{GS} = -0.0321$$

## SEGUNDO ENSAYO

FECHA: Abril 3 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T1R2a

$$\% \text{ acetilación} = (38.6 - 39.4) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-0.8) \times 2.15 / 1 = -1.72 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x (-1.72)}{4300 - (42x -1.72)}$$

$$\text{GS} = \frac{-278.64}{4300 + 72.24}$$

$$\text{GS} = -0.0637$$

### T1R2b

$$\% \text{ acetilación} = (38.6 - 37.7) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.9) \times 2.15 / 1 = 1.935 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 1.935}{4300 - (42x 1.935)}$$

$$\text{GS} = \frac{313.47}{4300 - 81.27}$$

$$\text{GS} = 0.0743$$

**T1R2c**

$$\% \text{acetilación} = (38.6 - 37) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (1.6) \times 2.15 / 1 = 3.44 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 3.44}{4300 - (42x 3.44)}$$

$$\text{GS} = \frac{557.28}{4300 - 144.48}$$

$$\text{GS} = 0.1341$$

**T1R2d**

$$\% \text{acetilación} = (38.6 - 37.7) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.9) \times 2.15 / 1 = 1.935 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 1.935}{4300 - (42x 1.935)}$$

$$\text{GS} = \frac{313.47}{4300 - 81.27}$$

$$\text{GS} = 0.0743$$

### TERCER ENSAYO

FECHA: mayo1 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

#### T1R3a

$$\% \text{ acetilación} = (32.8 - 31.6) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (1.2) \times 2.15 / 1 = 2.58 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 2.58}{4300 - (42 \times 2.58)}$$

$$\text{GS} = \frac{417.96}{4300 - 108.36}$$

$$\text{GS} = 0.0997$$

#### T1R3b

$$\% \text{ Acetilación} = (32.8 - 32.3) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.5) \times 2.15 / 1 = 1.075 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 1.075}{4300 - (42 \times 1.075)}$$

$$\text{GS} = \frac{174.15}{4300 - 45.15}$$

$$\text{GS} = 0.0409$$

**T1R3c**

$$\% \text{Acetilación} = (32.8 - 32.3) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.5) \times 2.15 / 1 = 1 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 1}{4300 - (42x1)}$$

$$\text{GS} = \frac{162}{4300 - 42}$$

$$\text{GS} = 0.0380$$

**T1R3d**

$$\% \text{acetilación} = (32.8 - 32.4) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.4) \times 2.15 / 1 = 0.86 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 0.86}{4300 - (42x0.86)}$$

$$\text{GS} = \frac{139.32}{4300 - 36.12}$$

$$\text{GS} = 0.03267$$

## CUARTO ENSAYO

FECHA: mayo2 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T1R4a

$$\% \text{ acetilación} = (32.4 - 32.5) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-0.1) \times 2.15 / 1 = -0.215\%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 0.215}{4300 - (42x - 0.215)}$$

$$\text{GS} = \frac{-34.83}{4300 + 9.03}$$

$$\text{GS} = -0.0080$$

### T1R4b

$$\% \text{ Acetilación} = (32.4 - 32.6) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-0.2) \times 2.15 / 1 = -0.43\%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 0.43}{4300 - (42x - 0.43)}$$

$$\text{GS} = \frac{-69.66}{4300 + 18.06}$$

$$\text{GS} = -0.01613$$

**T1R4c**

$$\% \text{acetilación} = (37.7 - 38.7) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (-1) \times 2.15 / 1 = -2.1 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 2.1}{4300 - (42x - 2.1)}$$

$$\text{GS} = \frac{-340}{4300 + 88.2}$$

$$\text{GS} = -0.078$$

**T1R4d**

$$\% \text{Acetilación} = (37.0 - 37.7) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (-0.7) \times 2.15 / 1 = -1.5\%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 1.5}{4300 - (42x - 1.5)}$$

$$\text{GS} = \frac{-243.81}{4300 + 63.0}$$

$$\text{GS} = -0.055$$

## QUINTO ENSAYO

FECHA: mayo3 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times N \text{ normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T2R1a

$$\% \text{ acetilación} = (32.4 - 31.9) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.5) \times 2.15 / 1 = 1.075 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 1.075}{4300 - (42 \times 1.075)}$$

$$\text{GS} = \frac{174.15}{4300 - 45.15}$$

$$\text{GS} = 0.0409$$

### T2R1b

$$\% \text{ acetilación} = (38.6 - 37.5) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (1.1) \times 2.15 / 1 = 2.36 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 2.36}{4300 - (42 \times 2.36)}$$

$$\text{GS} = \frac{382.32}{4300 - 99.12}$$

$$\text{GS} = 0.0910$$

**T2R1c**

$$\% \text{Acetilación} = (32.4 - 31.9) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.5) \times 2.15 / 1 = 1.0 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 1.0}{4300 - (42x 1.0)}$$

$$\text{GS} = \frac{162}{4300 - 42}$$

$$\text{GS} = 0.0380$$

**T2R1d**

$$\% \text{Acetilación} = (38.6 - 37.5) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (1.1) \times 2.15 / 1 = 2.36 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 2.36}{4300 - (42x 2.36)}$$

$$\text{GS} = \frac{382.32}{4300 - 99.12}$$

$$\text{GS} = 0.0910$$

## SEXTO ENSAYO

FECHA: mayo 4 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testig}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times N \times \text{Normalidad del Ácid} \times 0.043 \times 100}{\text{pes} \text{ de la muestra (g Base seca)}}$$

### T2R2a

$$\% \text{ acetilación} = (32.4 - 32.5) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-0.1) \times 2.15 / 1 = -0.215\%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 0.215}{4300 - (42x - 0.215)}$$

$$\text{GS} = \frac{-34.83}{4300 + 9.03}$$

$$\text{GS} = -0.008$$

### T2R2b

$$\% \text{ acetilación} = (32.4 - 32.8) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-0.4) \times 2.15 / 1 = -0.86 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x - 0.86}{4300 - (42x - 0.86)}$$

$$\text{GS} = \frac{-139.32}{4300 + 36.12}$$

$$\text{GS} = -0.032$$

### T2R2c

$$\% \text{Acetilación} = (32.4 - 32.5) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (-0.1) \times 2.15 / 1 = -0.215 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x -0.215}{4300 - (42x -0.215)}$$

$$\text{GS} = \frac{-34.83}{4300 + 9.03}$$

$$\text{GS} = -0.008$$

### T2R2d

$$\% \text{acetilación} = (32.4 - 32.6) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (-0.2) \times 2.15 / 1 = -0.43 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x -0.43}{4300 - (42x -0.43)}$$

$$\text{GS} = \frac{-69.66}{4300 + 18.06}$$

$$\text{GS} = -0.016$$

## SÉPTIMO ENSAYO

FECHA: junio 1 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times N \text{ normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T2R3a

$$\% \text{ acetilación} = (32.8 - 32.8) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.0) \times 2.15 / 1 = \text{nd \%}$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0}{4300 - (42 \times 2.365)}$$

$$\text{GS} = \frac{0}{4300 - 99.33}$$

$$\text{GS} = \text{nd}$$

### T2R3b

$$\% \text{ acetilación} = (32.4 - 32.1) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.3) \times 2.15 / 1 = 0.645 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.645}{4300 - (42 \times 0.645)}$$

$$\text{GS} = \frac{104.49}{4300 - 27.09}$$

$$\text{GS} = 0.0244$$

### T2R3c

$$\% \text{acetilación} = (32.4 - 32.13) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.27) \times 2.15 / 1 = 0.58 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.58}{4300 - (42 \times 0.58)}$$

$$\text{GS} = \frac{93.96}{4300 - 24.36}$$

$$\text{GS} = 0.022$$

### T2R3d

$$\% \text{Acetilación} = (32.4 - 37.5) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.3) \times 2.15 / 1 = 0.6 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.6}{4300 - (42 \times 0.6)}$$

$$\text{GS} = \frac{104.19}{4300 - 25.2}$$

$$\text{GS} = 0.0227$$

## OCTAVO ENSAYO

FECHA: julio 20 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times N \text{ normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T2R4a

$$\% \text{ acetilación} = (32.8 - 32.2) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.6) \times 2.15 / 1 = 1.29 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 1.29}{4300 - (42 \times 1.29)}$$

$$\text{GS} = \frac{208.98}{4300 - 54.18}$$

$$\text{GS} = 0.049$$

### T2R4b

$$\% \text{ acetilación} = (32.2 - 31.9) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.3) \times 2.15 / 1 = 0.645 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.645}{4300 - (42 \times 0.645)}$$

$$\text{GS} = \frac{104.19}{4300 - 27.09}$$

$$\text{GS} = 0.0244$$

**T2R4c**

$$\% \text{acetilación} = (32.2 - 31.9) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.3) \times 2.15 / 1 = 0.645 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 0.645}{4300 - (42x 0.645)}$$

$$\text{GS} = \frac{104.49}{4300 - 27.09}$$

$$\text{GS} = 0.0244$$

**T2R4d**

$$\% \text{Acetilación} = (32.2 - 32.8) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (-0.6) \times 2.15 / 1 = -1.29 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x -1.29}{4300 - (42x -1.29)}$$

$$\text{GS} = \frac{-208.98}{4300 + 54.18}$$

$$\text{GS} = -0.0479$$

## NOVENO ENSAYO

FECHA: julio 22 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T3R1a

$$\% \text{ acetilación} = (32.4 - 32.58) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.18) \times 2.15 / 1 = 0.39 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.39}{4300 - (42 \times 0.39)}$$

$$\text{GS} = \frac{63.18}{4300 - 16.38}$$

$$\text{GS} = 0.015$$

### T3R1b

$$\% \text{ Acetilación} = (32.1 - 32.6) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-0.5) \times 2.15 / 1 = -1.075 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times -1.075}{4300 - (42 \times -1.075)}$$

$$\text{GS} = \frac{-174.15}{4300 + 45.15}$$

$$\text{GS} = -0.040$$

**T3R1c**

$$\% \text{acetilación} = (32.1 - 30.9) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (1.2) \times 2.15 / 1 = 2.58 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 2.58}{4300 - (42x 2.58)}$$

$$\text{GS} = \frac{417.96}{4300 - 108.36}$$

$$\text{GS} = 0.0997$$

**T3R1d**

$$\% \text{Acetilación} = (32.1 - 32.3) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (-0.2) \times 2.15 / 1 = -0.43 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x -0.43}{4300 - (42x -0.43)}$$

$$\text{GS} = \frac{-69.66}{4300 + 18.06}$$

$$\text{GS} = -0.016$$

## Décimo ensayo

FECHA: julio 23 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T3R2a

$$\% \text{ acetilación} = (32.1 - 31.6) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.5) \times 2.15 / 1 = 1.075 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 1.075}{4300 - (42 \times 1.075)}$$

$$\text{GS} = \frac{174.15}{4300 - 45.15}$$

$$\text{GS} = 0.0409$$

### T3R2b

$$\% \text{ Acetilación} = (32.1 - 32) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.1) \times 2.15 / 1 = 0.215 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.215}{4300 - (42 \times 0.215)}$$

$$\text{GS} = \frac{34.83}{4300 - 9.03}$$

$$\text{GS} = 0.0081$$

### T3R2c

$$\% \text{acetilación} = (32.8 - 32.6) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.2) \times 2.15 / 1 = 0.43 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.43}{4300 - (42 \times 0.43)}$$

$$\text{GS} = \frac{69.66}{4300 - 18.06}$$

$$\text{GS} = 0.0162$$

### T3R2d

$$\% \text{acetilación} = (32.8 - 32.8) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.) \times 2.15 / 1 = \text{nd.}$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.}{4300 - (42 \times 0.)}$$

$$\text{GS} = \frac{0}{4300 - 0}$$

$$\text{GS} = \text{nd.}$$

## DÉCIMO PRIMER

FECHA: Agosto 28 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T3R3a

$$\% \text{ acetilación} = (32.1 - 31.9) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.2) \times 2.15 / 1 = 0.43 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.43}{4300 - (42 \times 0.43)}$$

$$\text{GS} = \frac{69.66}{4300 - 99.33}$$

$$\text{GS} = 0.0162$$

### T3R3b

$$\% \text{ Acetilación} = (32.1 - 31) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (1.2) \times 2.15 / 1 = 2.58 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162 \times \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 2.58}{4300 - (42 \times 2.58)}$$

$$\text{GS} = \frac{41.96}{4300 - 27.09}$$

$$\text{GS} = 0.0997$$

### T3R3c

$$\% \text{acetilación} = (32.1 - 32) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.1) \times 2.15 / 1 = 0.215 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.215}{4300 - (42 \times 0.215)}$$

$$\text{GS} = \frac{34.83}{4300 - 9.03}$$

$$\text{GS} = 0.00811$$

### T3R3d

$$\% \text{acetilación} = (32.1 - 32.1) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0) \times 2.15 / 1 = \text{nd.}$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162 \times 0.}{4300 - (42 \times 0.)}$$

$$\text{GS} = \frac{0}{4300 - 27.09}$$

$$\text{GS} = \text{nd.}$$

## DÉCIMO SEGUNDO

FECHA: Agosto 30 del 2010

$$\% \text{ acetilación} = \frac{[\text{mL}(\text{testigo}) - \text{mL}(\text{muestra})] \times N \times \text{Normalidad del Ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{peso de la muestra (g Base seca)}}$$

### T3R4a

$$\% \text{ acetilación} = (32.8 - 31.9) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (0.9) \times 2.15 / 1 = 1.935 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 1.935}{4300 - (42x 1.935)}$$

$$\text{GS} = \frac{313.47}{4300 - 81.27}$$

$$\text{GS} = 0.0743$$

### T3R4b

$$\% \text{ acetilación} = (32.8 - 40.1) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{ acetilación} = (-7.3) \times 2.15 / 1 = -15.695 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x -15.695}{4300 - (42x -15.69)}$$

$$\text{GS} = \frac{-2542.59}{4300 + 659.19}$$

$$\text{GS} = -0.5127$$

**T3R4c**

$$\% \text{Acetilación} = (32.8 - 32.1) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (0.7) \times 2.15 / 1 = 1.505 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 1.505}{4300 - (42x 1.505)}$$

$$\text{GS} = \frac{243.81}{4300 - 63.21}$$

$$\text{GS} = 0.0575$$

**T3R4d**

$$\% \text{Acetilación} = (32.8 - 31.5) \times 0.5 \times 0.043 \times 100 / 1 =$$

$$\% \text{acetilación} = (1.3) \times 2.15 / 1 = 2.795 \%$$

$$\text{Grado de Sustitución (GS)} = \frac{162x \% \text{ Acetilación}}{4300 - (42x \% \text{ de Acetilación})}$$

$$\text{GS} = \frac{162x 2.795}{4300 - (42x 2.795)}$$

$$\text{GS} = \frac{452.79}{4300 - 117.39}$$

$$\text{GS} = 0.1082$$

Sacadas del baño de maria y colocación a cámara de 37 °C por 72 horas



Sometimiento de las muestras a un baño maria a 50°C por media hora



Preparación de crema Pastelera con almidón modificado



Preparación de crema pastelera con almidón modificado



Retirando muestras luego del temperado en cámaras a 37°C



Titulación de la muestra con Acido Clorhídrico (0.5N)



Titulación de las muestras método volumétrico



Estudios de los datos de Viscosidad en el Reómetro AR1000

