



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TÍTULO:**

**DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS EN LA APLICACIÓN DE CAL ( $\text{CaO}$ ), CEMENTINA ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), CENIZA E HIDRÓXIDO DE SODIO ( $\text{NaOH}$ ), PARA REALIZAR EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) BLANCO VARIEDAD INIAP 101 Y AMARILLO VARIEDAD GUANDANGO.**

**TÉSIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR: Jorge Vicente Vásquez Pilco**

**DIRECTOR: Ing. Jimmy Cuarán MSc.**

**Ibarra – Ecuador**

**Noviembre 2015**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Determinación de los parámetros óptimos en la aplicación de cal (CaO), cementina (Ca(OH)<sub>2</sub>), ceniza e Hidróxido de Sodio (NaOH), para realizar el nixtamalizado de maíz (*Zea mays l.*), blanco variedad INIAP 101 y amarillo variedad guandango.

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

### INGENIERO AGROINDUSTRIAL

#### APROBADA:

Ing. Jimmy Cuarán MSc. ....

#### DIRECTOR DE TESIS

Dra. Lucía Toromoreno .....

#### MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Marcelo Vacas MSc. ....

#### MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Pedro Sandoval .....

#### MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **1. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Jorge Vicente Vásquez Pilco, con cédula de identidad número 020185343-9, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **2. CONSTANCIAS**

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

Ibarra, a los 23 días del mes de Noviembre de 2015.

**EL AUTOR:**

**ACEPTACIÓN:**

.....

.....

**Vásquez Pilco Jorge Vicente**

**Ing. Bethy Chávez**

**JEFE DE BIBLIOTECA**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**3. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

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

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	020185343-9		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Vásquez Pilco Jorge Vicente		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Teodoro y Atahualpa		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jorge_v002@hotmail.com">jorge_v002@hotmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b> 032989557	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b> 991540817		
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	Determinación de los parámetros óptimos en la aplicación de cal (CaO), cementina (Ca(OH) <sub>2</sub> ), ceniza e hidróxido de sodio (NaOH), para realizar el nixtamalizado de maíz (Zea mays l.) blanco variedad INIAP 101 y maíz amarillo variedad guandango.		
<b>AUTOR:</b>	Vásquez Pilco Jorge Vicente		
<b>FECHA:</b>	2015 /noviembre/23		
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA:</b>	<table border="1"><tr><td>PREGRAO</td><td>POSTGRADO</td></tr></table>	PREGRAO	POSTGRADO
PREGRAO	POSTGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Agroindustrial		
<b>ASESOR / DIRECTOR:</b>	Ing. Jimmy Cuarán MSc.		

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Vásquez Pilco Jorge Vicente, bajo mi supervisión.

.....

Ing. Jimmy Cuarán Guerrero MSc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## **DECLARACIÓN**

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

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

.....

Sr. Jorge Vásquez

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

Yo, Sr Jorge Vicente Vásquez Pilco, con cédula de identidad Nro. 020185343-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **Determinación de los parámetros óptimos en la aplicación de cal (CaO), cementina (Ca(OH)<sub>2</sub>), ceniza e hidróxido de sodio (NaOH), para realizar el nixtamalizado de maíz (*Zea mays l.*) blanco variedad INIAP 101 y amarillo variedad guandango**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

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

.....

Sr. Jorge Vicente Vásquez Pilco

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme fuerzas para seguir adelante y jamás dejarme claudicar en el camino del saber , a mis padres por el apoyo incondicional desde siempre, a ellos lo debo todo y por ellos sigo en la lucha de un mejor porvenir, gracias a su esfuerzo, sacrificio y enseñanza cumpliré un logro más que me he trazado en la vida, a mis hermanos por ayudarme en momentos difíciles de mi carrera, a mi familia por el apoyo recibido a mis amigos por ser parte en este arduo camino y a todas las personas que me brindaron su apoyo conocidos y demás, gracias a todos por ayudarme a ser una mejor persona y un buen profesional.

.....

**Sr. Jorge Vicente Vásquez Pilco.**



## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica del Norte por brindar ciencia y tecnología al servicio del Pueblo, y darnos la oportunidad de haber concluido con los estudios de tercer nivel.

A la FICAYA en especial a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial y sus dignos catedráticos, que pusieron todos sus conocimientos, para que, mediante la investigación y el esfuerzo personal, lleguemos a culminar con éxito nuestra carrera, y con sus sabios conocimientos han fraguado nuestro espíritu y han forjado nuestra personalidad.

Mi más profundo reconocimiento y gratitud imperecedera al Ing. Jimmy Cuarán MSc. director de tesis quien con su experiencia y vastos conocimientos guió de manera ágil y acertada la ejecución de este trabajo.

A mis señores asesores: Ing. Marcelo Vacas MSc., Ing. Pedro Sandoval y Dra. Lucía Toromoreno que en forma oportuna, entusiasta y desinteresada ayudaron y colaboraron en todo momento.

Al Ing. Marco Cahueñas Biométrista quien con su conocimiento estadístico supo guiarme con este tema de investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes. ....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
<b>1.4. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
1.4.1. Objetivo general. ....	4
1.4.2. Objetivos específicos. ....	4
<b>1.5. HIPÓTESIS.....</b>	<b>5</b>
1.5.1. Hipótesis nula.....	5
1.5.2. Hipótesis alternativa.....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1. El maíz.....	6
2.2. Origen del maíz y ubicación geográfica .....	6
2.3. Clasificación del maíz .....	7
2.3.1. Clasificación botánica o taxonómica .....	7
2.3.2. Clasificación estructural especial.....	8
2.3.3. Variedades de maíz híbrido.....	9
2.3.4. Zonas de cultivo del maíz en el Ecuador. ....	11
2.4. Composición física del grano de maíz.....	11
2.5. Composición química y nutritiva del grano de maíz. ....	12

2.6.Maíz iniap 101 .....	14
2.6.1.Origen .....	14
2.7.Maíz variedad guandango.....	16
2.7.1.Origen .....	16
2.7.2.Reacción a enfermedades.....	17
2.8. Origen de la nixtamalización.....	18
2.9. La nixtamalización .....	18
2.9.1.Beneficios del maíz nixtamalizado.....	20
2.9.2.Importancia del nixtamalizado. ....	21
2.9.3.Subproductos del maíz nixtamalizado.....	22
2.10. Cambios físicos-químicos que produce la nixtamalización. ....	23
2.10.1.Gelatinización del almidón.....	24
2.10.2.Hidratación del grano .....	25
2.10.3.Degradación de la cutícula .....	26
2.10.4.Cambios en el grano de maiz durante la nixtamalización .....	26
2.11. Materiales para la nixtamalización. ....	27
2.11.1.Ceniza. ....	29
2.11.2.Acacia macracantha.....	30
2.12. Cementina (hidróxido de calcio (Ca (OH) <sub>2</sub> ).....	31
2.13. Cal viva (óxido de calcio (CaO)).....	33
2.14. Hidróxido de sodio (NaOH) .....	35
2.14.1. Hidróxido de sodio (98,4 % de pureza). ....	37

<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>38</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
3.1. Materiales y equipos.....	38
3.1.1. Materiales .....	38
3.1.2. Equipos .....	38
3.2. Métodos .....	39
3.2.1. Características del sitio experimental.....	39
3.2.2. Determinación de la eficiencia y el porcentaje adecuado de las sustancias alcalinas para la remoción de la cutícula del maíz. ....	39
3.2.3. Análisis funcional.....	42
3.3. Evaluación de los análisis físico químico: humedad, fibra y minerales (calcio, sodio, potasio), al inicio y en los mejores tratamientos al final del proceso. ....	42
3.3.1. Rendimiento.....	43
3.3.2. pH.....	43
3.3.3. Humedad.....	43
3.3.4. Fibra .....	43
3.3.5. Calcio .....	44
3.3.6. Sodio.....	44
3.3.7. Potasio.....	44
3.4. Manejo del experimento .....	44
3.5. Diagrama de procesos para el nixtamalizado de maíz .....	47

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>48</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>48</b>
4.1 Determinación de la eficiencia después del proceso de nixtamalización.....	48
4.2. Prueba de tukey para la eficiencia. ....	49
4.3. Prueba dms para factores.....	50
4.3.1. Cuadro de interacciones para la eficiencia.....	52
4.3.2. Tabla de resultados de los mejores tratamientos.....	54
4.4. Determinación del pH inicial al realizar la cocción del maíz.....	55
4.5. Prueba de tukey para pH inicial.....	55
4.5.1. Prueba dms para factores.....	57
4.5.2. Cuadro de interacciones para el pH inicial .....	59
4.6. Determinación de pH final al terminar la cocción de maíz. ....	60
4.7. Prueba de tukey para pH final. ....	61
4.7.1. Prueba dms para factores.....	62
4.7.2. Cuadro de interacciones de pH final.....	64
4.8. Resultados físicos químicos.....	65
4.9. Diagrama de flujo para el nixtamalizado de maíz blanco con cal (balance de masa) .....	67
4.10. Diagrama de flujo para realizar el nixtamalizado de maíz amarillo con cal (balance de masa) .....	68
4.11. Diagrama de flujo para el nixtamalizado de maíz amarillo con cementina (balance de masa) .....	70

4.12. Diagrama de flujo para el nixtamalizado de maíz blanco con ceniza (balance de masa).....	71
4.13. Diagrama de flujo para el nixtamalizado de maíz amarillo con ceniza (balance de masa).....	72
4.14. Diagrama de flujo para el nixtamalizado de maíz blanco con NaOH (balance de masa).....	73
4.15. Diagrama de flujo para el nixtamalizado de maíz amarillo con NaOH (balance de masa).....	74
4.16. Porcentajes adecuado para utilización de las sustancias alcalinas para realizar el proceso de nixtamalizado. ....	75
4.17. Costos de procesamiento .....	76
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>77</b>
5. Conclusiones .....	77
5.1. Recomendaciones .....	79
Bibliografía.....	79
Anexos.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación botánica.....	7
<b>Tabla 2.</b> Zonas de cultivo del maíz en el Ecuador .....	11
<b>Tabla 3.</b> Composición química proximal de las partes principales del grano de maíz %.....	14
<b>Tabla 4.</b> Características Agronómicas INIAP 101.....	15
<b>Tabla 5.</b> Producción INIAP 101.....	15
<b>Tabla 6.</b> Características Maíz Guandango. ....	17
<b>Tabla 7.</b> Comparación nutricional entre maíz crudo y maíz nixtamalizado. ....	21
<b>Tabla 8.</b> Agentes cáusticos.....	28
<b>Tabla 9.</b> Composición Acacia Macracantha (Ceniza de Espino).....	31
<b>Tabla 10.</b> Composición e información de los ingredientes.....	36
<b>Tabla 11.</b> Dosis de aplicación experimental. ....	40
<b>Tabla 12.</b> Tratamientos en estudio para los parámetros de dosis óptimas para el nixtamalizado. ....	41
<b>Tabla 13.</b> Esquema del análisis de varianza para el nixtamalizado del maíz.....	42
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza de rendimiento. ....	48
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Tukey para la eficiencia .....	49
<b>Tabla 16.</b> Prueba DMS para factor A.....	50
<b>Tabla 17.</b> Prueba DMS para factor B.....	51

<b>Tabla 18.</b> Prueba DMS para factor C .....	51
<b>Tabla 19.</b> Tratamientos de mayor eficiencia .....	54
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza de pH inicial .....	55
<b>Tabla 21.</b> Prueba de Tukey para pH inicial.....	56
<b>Tabla 22.</b> Prueba DMS para factor A.....	57
<b>Tabla 23.</b> Prueba DMS para factor B .....	58
<b>Tabla 24.</b> Prueba DMS para factor C .....	58
<b>Tabla 25.</b> Análisis de varianza de pH final .....	60
<b>Tabla 26.</b> Prueba de Tukey para pH final .....	61
<b>Tabla 27.</b> Prueba DMS para factor A.....	62
<b>Tabla 28.</b> Prueba DMS para factor B .....	63
<b>Tabla 29.</b> Prueba DMS para factor C .....	63
<b>Tabla 30.</b> Resultados Fisico Químico Maíz Blanco.....	65
<b>Tabla 31.</b> Resultados Fisico Químico Maiz Amarillo.....	65
<b>Tabla 32.</b> Resultados Fisico Químico Cutícula Maiz Blanco .....	66
<b>Tabla 33.</b> Resultados Fisico Químico Cutícula Maiz Amarillo .....	66
<b>Tabla 34.</b> Porcentaje a utilizar.....	75
<b>Tabla 35.</b> Porcentaje a utilizar.....	75
<b>Tabla 36.</b> Determinación de dosis cal. ....	86
<b>Tabla 37.</b> Determinación de dosis Cementina .....	86



<b>Tabla 38.</b> Determinación de dosis Cementina .....	87
<b>Tabla 39.</b> Dosis de las sustancias cal, cementina y ceniza.....	87
<b>Tabla 40.</b> Determinación de dosis hidróxido de sodio.....	88
<b>Tabla 41.</b> Dosis de aplicación experimental. ....	88

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Comportamiento de las medias para la eficiencia .....	50
<b>Gráfico 2.</b> Interacción AxB.....	52
<b>Gráfico 3.</b> Interacción AxC.....	53
<b>Gráfico 4.</b> Interacción BxC .....	53
<b>Gráfico 5.</b> pH inicial.....	57
<b>Gráfico 6.</b> Interacción AxB.....	59
<b>Gráfico 7.</b> Interacción AxC.....	59
<b>Gráfico 8.</b> pH final .....	62
<b>Gráfico 9.</b> Interacción AxB .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Grano de maíz y sus partes.....	12
<b>Figura 2.</b> Maíz blanco .....	14
<b>Figura 3.</b> Maíz Amarillo .....	16
<b>Figura 4.</b> Tasa de Consumo .....	22

<b>Figura 5.</b> Ceniza de espino.....	30
<b>Figura 6.</b> Cementina Rocafuerte .....	32
<b>Figura 7.</b> Cal P-24 .....	34
<b>Figura 8.</b> Hidróxido de sodio .....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Determinación del agente pelante de la ceniza de espino. ....	85
<b>Anexo 2.</b> Determinación de dosis (cal, ceniza, cementina).....	85
<b>Anexo 3.</b> Proceso de Nixtamalización.....	89
<b>Anexo 4.</b> Ficha Técnica Cal – P24 .....	92
<b>Anexo 5.</b> Ficha Técnica Cementina Rocafuerte .....	93
<b>Anexo 6.</b> Ficha Técnica Hidróxido de Sodio.....	94
<b>Anexo 7.</b> Normas INEN .....	98
<b>Anexo 8.</b> Norma INEN 2051 .....	99
<b>Anexo 9.</b> Norma oficial Mexicana NOM-187 – Ssa/Scfi-2002 .....	100
<b>Anexo 10.</b> Análisis de laboratorio (ceniza de espino).....	101
<b>Anexo 11.</b> Análisis de laboratorio (tratamientos de maíz) .....	102

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Rendimiento .....	43
--------------------------------------	----

## RESUMEN

El proceso de nixtamalizado del maíz en nuestro medio se realiza en forma empírica, proceso en el cual la cementina, cal y ceniza se utilizan sin dosificaciones adecuadas. Para el proceso de nixtamalizado se determinó las dosis, baja, media y alta de cal, ceniza y cementina estableciéndose según la cantidad (%) de Hidróxido de Calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) que es el agente pelante. Como unidad experimental se utilizaron 1000g de maíz blanco variedad INIAP 101 y amarillo variedad Guandango que se llevaron a cocción durante 15 minutos, en dos litros de agua con las dosis establecidas. Al alcanzar la ebullición se midió la temperatura mientras que el pH se tomó al inicio y final de la etapa de cocción, se dejó en reposo por 5 minutos para ser llevado a la peladora por un lapso 5 minutos en donde se produjo el desprendimiento de la cutícula y su salida junto con residuos de sustancias alcalinas y agua. En el caso de Hidróxido de Sodio no existió cocción si no una etapa de inmersión durante 5 minutos, a una temperatura constante, para posteriormente ser llevado a una etapa de lavado y escurrido, logrando como producto final el maíz pelado.

El maíz pelado para su almacenamiento se necesitó llevar a una humedad del 12%, la cual se alcanzó mediante la utilización de una secadora de bandejas a una temperatura de  $45^\circ\text{C}$  por 5 horas. Luego de esta etapa del proceso se procedió a la separación manual de los granos utilizados se separó los granos pelados de los no pelados, con la finalidad de establecer la eficiencia de las sustancias en la remoción de la cutícula.

Como resultado de la evaluación del nixtamalizado por las sustancias alcalina se obtuvieron los siguientes valores: la cementina con el tratamiento T9 (A2B2C1) para maíz blanco con una eficiencia del 99,42% y para el maíz amarillo el T12 (A2B3C2) con una eficiencia del 99,31 %, los cuales conservan los minerales, la fibra y un incremento significativo del calcio por lo que se recomienda la utilización de cementina o cal.

## SUMMARY

The process of nixtamalized corn is done regularly empirically, process in which the cementina, lime, ash without Suitable dosages are used. To perform the process of nixtamalized is determined pelante agent concentration of alkali, calcium hydroxide  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , so that the doses of these substances are in the same conditions. As experimental unit was used 1000g of white and yellow corn was cooked for 15 minutes in two liters of water with established dose reaching the boiling temperature was measured while the pH was taken at the beginning and end of the cooking stage, let stand for 5 min to be brought to the peeling by a 5-minute period where the detachment of the cuticle and its output together with alkaline substances and water waste occurs. In the case of sodium hydroxide there was no cooking but a dipping step for 5 minutes at a constant temperature, to be subsequently carried to a washing step and drained, making the end product peeling corn. Once you obtained the bare corn for storage humidity of 12%, which was achieved by using a tray dryer at a temperature of  $45^\circ\text{C}$  for 5 hours is required. After this stage we proceeded to separate the corn peeled unpeeled, in order to establish the efficiency of removal of substances in the cuticle.

As a result of the evaluation of alkaline substances the following values were obtained: the cementina with T9 (A2B2C1) treatment of white corn with an efficiency of 99, 42% and for yellow maize T12 (A2B3C2) with an efficiency of 99, 31% which retain the minerals, fiber and even produced a significant increase in calcium so cementina using lime or recommend.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

El maíz constituye la base de la alimentación para la mayor parte de los países en desarrollo; pertenece a la especie *Zea* de la familia de las gramíneas, es una planta anual dotada de un amplio sistema radicular fibroso. La producción mundial anual en 2014 de este cereal fue de 800 millones de toneladas y los principales productores fueron: Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, India, Francia e Indonesia. Las variedades criollas de maíz presentan granos pigmentados de múltiples colores, tales como el blanco, amarillo, rojo, morado, mezclado, entre otros que se encuentran dentro de las 59 razas de maíz (FAO, 2013).

El aprovechamiento del maíz en sus subproductos tales como: mote, harina, hojuelas, frituras, botanas, bebidas fermentadas, industria de panadería, balanceados, masas y tortillas, entre otros, necesita de un proceso de pelado previo a su elaboración; en México este proceso es denominado nixtamalización, la cuál es un práctica antigua desarrollada por las culturas Mesoamericanas (Centro América), que consiste en cocer el grano en una solución alcalina, en una relación de 1:3, (maíz: solución alcalina). Esta técnica de cocimiento sirve para suavizar el grano que permite el desprendimiento y degradación de la cutícula, además produce cambios que ayudan a mejorar la cualidades nutricionales del maíz (Izquierdo, 2011).

Los hábitos alimenticios en la provincia de Imbabura están basados en su mayoría en el consumo del maíz pelado conocido como mote, en sus diferentes platos típicos, este alimento es elaborado por productores de la zona que realizan este proceso en forma empírica. El aporte de esta investigación es determinar los parámetros adecuados en la aplicación de cal, cementina, ceniza, e hidróxido de sodio en el nixtamalizado de maíz Iniap 101 y Guandango, para mejorar la calidad del producto terminado.

## **1.2. PROBLEMA**

En la provincia de Imbabura la producción del maíz está dirigido al consumo humano, en donde las principales formas de consumo de este grano es el maíz tostado y el cocinado llamado mote, también se utiliza para la elaboración de harina, masas húmedas para tortillas, y en la preparación de bebidas fermentadas, todos estos productos son obtenidos luego de haber realizado un proceso de nixtamalizado (pelado) del maíz.

El proceso de nixtamalizado del maíz regularmente se realiza en forma empírica, proceso en el cuál la cementina, cal y ceniza se utilizan sin dosificaciones adecuadas lo que da como resultado un tratamiento no estandarizado del maíz, condiciones en las cuales dicho proceso no garantiza la calidad de maíz pelado para la elaboración de sus distintos subproductos de los cuales es materia prima.

La aplicación de dosis sin la utilización de registros de medidas adecuadas genera el reproceso en el producto cuando la cantidad de sustancia alcalina es insuficiente, la cutícula no es retirada completamente, es decir se obtiene un pelado deficiente; en caso contrario, la aplicación de la sustancia de manera excesiva o sobre dosificada provoca el deterioro del endospermo, afectando la homogeneidad del grano. Todas estas actividades realizadas de manera empírica generan gastos innecesarios por el desperdicio de insumos que provoca el encarecimiento del producto y afecta la productividad, lo cual repercute en la rentabilidad y eficiencia de esta actividad económica.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación tiene como finalidad proporcionar a los productores de maíz nixtamalizado y de sus subproductos, una guía técnica para la aplicación de las sustancias alcalinas con parámetros de utilización y dosis adecuadas que permitan obtener un proceso eficiente de pelado y como resultado obtener un producto uniforme, con características nutricionales importantes.

Mediante la aplicación de estos parámetros en el proceso de nixtamalizado de maíz se garantiza la efectividad del proceso, la calidad del producto y una disminución de costos de producción, lo cual genera un beneficio económico importante al productor dedicado a esta actividad.

Es importante demostrar a los productores los beneficios de un manejo técnico del maíz en el proceso de pelado, con una dosificación adecuada de las sustancias alcalinas con los resultados obtenidos y detallados a través de un análisis estadístico.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar los parámetros óptimos en la aplicación, de cal, cementina, ceniza, e hidróxido de sodio, en el nixtamalizado (pelado) del maíz Iniap 101 y Guandango.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Medir la eficiencia del pelado del grano de maíz.
- Determinar el porcentaje adecuado de cal (óxido de calcio (CaO)), cementina, (hidróxido de calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>), ceniza e hidróxido de sodio (NaOH) utilizado para la remoción de la cutícula del maíz.
- Evaluar el análisis físico químico: humedad, fibra y minerales (calcio, sodio, potasio), al inicio y en los mejores tratamientos al final del proceso.



## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS NULA.**

$H_0$  = No existe diferencia significativa en la nixtamalización del maíz para las dosis y entre sustancias a utilizar.

### **1.5.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA.**

$H_1$  = Existe diferencia significativa en la nixtamalización del maíz para las dosis y entre sustancias a utilizar.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. EL MAÍZ**

El maíz (*Zea Mays L*) pertenece a la especie *Zea* de la familia de las gramíneas y es una planta de cultivo anual palabra de origen indio caribeño, significa literalmente “Lo que sustenta la vida”, el maíz es una planta monoica con una flor femenina (elote, mazorca, choclo, espiga) y una masculina (espiguilla) con las cuales se reproduce una polinización cruzada. El maíz, que es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación y derivados que son la base de nuestra alimentación (Serratos & Bye, 2011).

El grano es la principal fuente de la alimentación humana en América. El gluten de la semilla de maíz tiene un gran valor como materia alimenticia. Los principales son los concentrados de gluten, con el 23% de sustancias proteicas, y las tortas de gluten con el 41%. Está formado por una mezcla de sustancias nitrogenadas (proteínas) contenidas en el grano (Cobrerizo, 2008).

El almidón del grano de maíz sirve como materia prima para la industria alimentaria. A partir del almidón se obtienen múltiples productos de panadería, maicena, confitería, goma de mascar, cervecera, etc. También se benefician algunos aminoácidos de gran valor alimenticio, tales como el ácido glutámico, leucina y tirosina (Cobrerizo, 2008).

#### **2.2. ORIGEN DEL MAÍZ Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

En la actualidad se acepta que el maíz es originario de América, concretamente en la zona situada el Sur de México y el Sur de Guatemala. Los registros fósiles más antiguos tienen entre 70 y 80 mil años encontrados en México y consisten en muestras de polen primitivo. Descubrimientos arqueológicos establecieron que el maíz proviene de un antecesor de tipo

silvestre denominado “teocintle”, del cual existe diferencias notables entre las mazorcas actuales y el teocintle, especialmente éste era un grano duro de menor tamaño que estaba contenido en una vaina o cubierta individual similar a la del arroz (Asturias, 2010).

En Sudamérica las pruebas arqueológicas de la transformación del maíz son más recientes y escasas, se localizan principalmente en las zonas costeras del Perú. A partir de estas áreas, el cultivo de maíz fue extendiéndose, primero en América del Norte y, tras la llegada de Colón al continente y el resto del mundo (Verissimo, 2011)

## 2.3. CLASIFICACIÓN DEL MAÍZ

La clasificación del maíz puede ser: Botánica o taxonómica, comercial, estructural especial.

### 2.3.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA O TAXONÓMICA

**Tabla 1.** Clasificación botánica

<b>Reino:</b>	Planta (vegetal)
<b>Sub-reino:</b>	Tracheophyta
<b>División:</b>	Fanerógamas
<b>Clase:</b>	Monocotiledóneas
<b>Sub-clase:</b>	Micrانتinas
<b>Orden:</b>	Glumiflorales
<b>Familia:</b>	Gramináceos
<b>Subfamilia:</b>	Gramináceo
<b>Género:</b>	Zea
<b>Especie:</b>	Mays
<b>Nombre Científico:</b>	Zea Mays

Fuente: (Bello & Paredes, 2012)

**2.3.2 CLASIFICACION POR COMERCIALIZACION.-** Dependiendo del mercado y del tipo de producción a comercializarse las mazorcas de maíz presenta propiedades características dependiendo a la variedad que 22 corresponda, de acuerdo a es este cereal se clasifica en dos grandes grupos manera:

- **Maíz blanco.-** La norma oficial mejicana lo define como el maíz que corresponde a este color, que presenta un valor menor o igual a 5% de maíces amarillos.
- **Maíz amarillo.-** La norma oficial mejicana lo define como aquel maíz de granos amarillos o amarillos con un trozo rojizo (Fernández, 2011).

### **2.3.3. CLASIFICACION ESTRUCTURAL ESPECIAL**

Este se puede dividirse en varios tipos (razas o grupos), en función de calidad, cantidad y patrón de composición del endospermo. Una clasificación común de las diferentes variedades de maíz es la siguiente:

- **Dent (dentado)** Este es el maíz de mayor importancia comercial. Ocupa casi el 73% de la producción global. Se utiliza para alimento para ganado y fabricación de productos industriales como almidón, aceite, alcohol, jarabes de maíz, etc. Consiste de un núcleo harinoso con inclusiones laterales de almidón duro.  
Debido a que la parte alta del grano contiene almidón harinoso, la pérdida de humedad de esta área provoca un ligero colapso durante la maduración, que produce la apariencia dentada característica.
- **Flint (duro)** Similar al maíz reventador pero de grano más grande. Este grano es cultivado en lugares en donde se requiere tolerancia al frío o donde las condiciones de germinación y almacenamiento son pobres. Ocupa aproximadamente el 14% de la producción.

- **Flour (blando)** Es la variedad favorita para consumo humano. Consiste de granos suaves que son fácilmente molidos/o cocinados para preparar alimentos como tortillas, atole, tamales, etc. Ocupa aproximadamente el 12% de la producción global.
- **Pop (reventador)** Consiste de un grano esférico y pequeño con un núcleo harinoso (suave) y una cubierta cristalina (dura). La humedad atrapada en la parte harinosa se expande cuando se aplica calentamiento y estalla a través de la cubierta dura, creando las palomitas de maíz. Ocupan menos del 1% de la producción mundial.
- **Sweet (dulce)** Tiene un endospermo constituido principalmente por azúcar con muy poco almidón. La producción anual es de menos del 1% del total, pero tiene un alto valor comercial por su utilidad como vegetal procesado (Yanez, 2010).

#### **2.3.4. VARIEDADES DE MAÍZ HÍBRIDO**

Los híbridos simplemente tienen rendimientos más altos, debido al efecto conocido como heterosis o vigor híbrido, las variedades de polinización libre son las que producen rendimientos menores.

No obstante, para que los híbridos consigan manifestar todo su potencial genético es necesario aplicar técnicas de cultivo que les proporcione un ambiente favorable. **(Chimbo C., y Malatay, F., 2001).**

Existe una gran diversidad de variedades de maíz, sin embargo la preferencia de los productores locales están en los cultivares blancos harinosos para el uso principal del choclo. Los productores utilizan la polinización libre por los costos. **(Monar, C., 2002).**

En el Ecuador existe una gran diversidad de maíz distribuido en casi todo el territorio, desde cerca al nivel del mar hasta las tierras altas de la serranía (3200 msnm), en suelos fértiles, así como en terrenos pobres, pedregosos, planos o de pendiente, en colinas y en cerros y los más variados rendimientos.

Las principales 24 variedades de maíz existentes en el Ecuador son: Canguil, sabanero, cuzco, patillo, mishca, racimo de uva, chillo, chulpi, morochón, guandango y uchima. Las variedades mejoradas conservan las mismas características de mazorca y grano que el material original, así como la adaptación específica a las regiones que notablemente superan a las variedades tradicionales (Yanez, 2010). Entre las variedades más importantes para la sierra ecuatoriana tenemos:

<b>INIAP-101:</b>	Blanco harinoso precoz.
<b>INIAP-102:</b>	Blanco suave “Blanco blandito”
<b>INIAP-111:</b>	Blanco harinoso tardío “Guagal mejorado”
<b>INIAP-122:</b>	Amarillo suave precoz “Caucho mejorado”
<b>INIAP-124:</b>	Amarillo suave precoz “Mishca”
<b>INIAP-130:</b>	Amarillo suave precoz.
<b>INIAP-131:</b>	Amarillo suave precoz.
<b>INIAP-153:</b>	Blanco semi duro de precocidad intermedia.
<b>INIAP-160:</b>	Blanco duro de precocidad intermedia.
<b>INIAP-180:</b>	Amarillo duro de precocidad intermedia.
<b>INIAP-192:</b>	Chulpi mejorado.
<b>INIAP-198:</b>	Canguil.
<b>INIAP- 528:</b>	Amarillo suave
<b>INIAP-542:</b>	Amarillo duro
<b>INIAP-H-601:</b>	Hibrido
<b>GUAGAL:</b>	Blanco harinoso tardío
<b>GUAGAL DE LECHE:</b>	Blanco harinoso tardío (Yanez, 2010)

### 2.3.5. ZONAS DE CULTIVO DEL MAÍZ EN EL ECUADOR

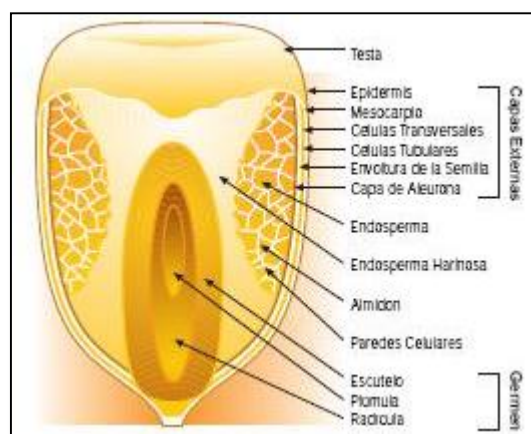
**Tabla 2.** Zonas de cultivo del maíz en el Ecuador

Provincia	Maíz (%)
Guayas	21
Los Ríos	33
Manabí	22
Loja	8
Pichincha	1
Imbabura	1
Tungurahua	0
Restos de Provincias	14

Fuente: (Bello & Paredes, 2012)

### 2.4. COMPOSICIÓN FÍSICA DEL GRANO DE MAÍZ

La composición química del grano de maíz, y por ende su valor nutritivo, dependen del genotipo de la variedad, el ambiente y las condiciones de siembra. En promedio, el contenido de proteína del maíz es de 10% y una buena parte se encuentra en el germen del grano. No obstante, tanto el endospermo como el pedicelo llegan a tener hasta 9% de proteínas —clasificadas en cuatro tipos de acuerdo con su solubilidad: albúminas (solubles en agua), globulinas (solubles en soluciones de sales), pro laminas (solubles en soluciones alcohólicas) y glutaminas (solubles en soluciones alcalinas o ácidas diluidas). En el maíz, la pro lamina se encuentra principalmente en el endospermo y han recibido el nombre de ceínas, mientras que las glutaminas se encuentran en la matriz proteínica de esta misma estructura; ambas proteínas constituyen cerca de 90% de las proteínas del grano completo. Por el contrario, las del germen son casi en su totalidad albúminas y globulinas (Bello & Paredes, 2012).



**Figura 1.** Grano de maíz y sus partes.

Fuente: (Bello & Paredes, 2012)

## 2.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRITIVA DEL GRANO DE MAÍZ

Los granos de maíz están constituidos principalmente de tres partes: la cascarilla, el endospermo y el germen. La cascarilla o pericarpio es la piel externa o cubierta del grano, que sirve como elemento protector. El endospermo, es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso del grano. Contiene aproximadamente el 90% de almidón y el 9% de proteína, y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos traza. El germen contiene una pequeña planta en miniatura, además de grandes cantidades de energía en forma de aceite, que tiene la función de nutrir a la planta cuando comienza el período de crecimiento, así como otras muchas sustancias necesarias durante el proceso de germinación y desarrollo de la planta (Cordero, 2012).

- **El pericarpio:**

Encierra la semilla y está compuesto de varias capas de células. Básicamente esta estructura se divide en epicarpio, mesocarpio y endocarpio. Este último tejido a su vez se subdivide en células intermedias, cruzadas y tubulares. Las funciones primordiales del pericarpio son proteger el grano contra agentes bióticos externos, como los insectos y los



microorganismos, impedir la pérdida de humedad, conducir y distribuir el agua y otros nutrientes durante la germinación. El pericarpio constituye el 5 y el 7 % del peso del grano, y está caracterizado por un alto contenido de fibras hemicelulosa (67%) y celulosa (23%). (Peña Chapa, 2014)

- **El endospermo:**

Constituye el 82-84% del peso en seco del grano y su componente mayoritario es el almidón, 86-84%, está conformado por células en las cuales se encuentran los gránulos de almidón de 5 a 30 micras embebidos en una matriz continua de cuerpos proteicos. El endospermo es de dos tipos: vítreo y harinoso. El endospermo harinoso rodea al germen y es opaco, debido posiblemente, a las bolsas de aire que rodean los gránulos de almidón y la matriz proteica es delgada a su alrededor, mientras que el endospermo vítreo la matriz proteica es más gruesa. Los cuerpos proteicos constituyen el 8 % del endospermo, son redondos y están compuestos casi enteramente de zeína. La capa externa del endospermo, la aleurona, es una capa simple de células de una apariencia completamente diferente (Peña Chapa, 2014).

- **El germen:**

Está compuesto del axis embrionario y el escutelum. El escutelum, que funciona como órgano nutritivo para el embrión, constituye el 10-12% del peso en seco del grano. El germen almacena nutrientes y hormonas, que son movilizadas por enzimas elaboradas durante etapas iniciales de germinación. El escutelum presenta células tipo parénquima que contiene un núcleo, citoplasma y organelos que contiene aceite líquido. Estos objetos de color negro, son organelos específicos conocidos como “cuerpos de aceite” o ferosomas y constituyen el 33% del germen. De este porcentaje el 43.55% corresponde al ácido linoleico, el 36,6% al ácido oleico, el 15,95% al ácido palmítico y el restante al ácido mirístico y araquídico (Peña Chapa, 2014).

**Tabla 3.** Composición química proximal de las partes principales del grano de maíz %.

<b>Componentes</b>	<b>Pericarpio</b>	<b>Endospermo</b>	<b>Germen</b>
Proteínas	3,7	8	18,4
Extracto etéreo	0,1	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: (Cordero, 2012).

## 2.6. MAÍZ INIAP 101

Es un maíz de grano blanco con textura harinosa, precoz, de buen rendimiento y adaptada para cultivarse en altitudes entre 2400 y 2800 m. es recomendable para las zonas maiceras del callejón interandino.



**Figura 2.** Maíz blanco

Fuente: (INIAP, Maíz Variedad INIAP 101, 2014)

### 2.6.1. ORIGEN

Fue desarrollada por el programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina, en el periodo 1971 a 1979. Tiene como progenitor la variedad “Cacahuazintle” de México.

El material original de esta variedad fue introducido de CIMMYT (México) e ICA (Colombia).

En las tablas 2 y 3 se observa las características agronómicas y de rendimiento del maíz, blanco variedad INIAP 101, que se muestran a continuación:

**Tabla 4.** Características Agronómicas INIAP 101.

<b>Características Agronómicas INIAP 101</b>		
Floración femenina	92 días	
Altura de planta	1.95 m	
Altura de inserción de mazorca	094m	
Numero de hileras	12 a 14	
Porcentaje de grano	0,79	
Porcentaje de tusa	21	
Topo de grano:	Grande blanco harinoso	
Peso de 100 semillas	74 gramos	
Periodo vegetativo	205 días (desde la siembra hasta la cosecha)	
Cosecha en choclo	120 a 130 días	
La variedad es tolerante a “roya” ( <i>Puccinia spp</i> ) y medianamente tolerante a la pudrición de la mazorca, producida por el hongo	Fusarium graminearum	
El grano contiene	7,6 - 8% de proteína	

Fuente: (INIAP, Rendimiento, 2014).

**Tabla 5.** Producción INIAP 101.

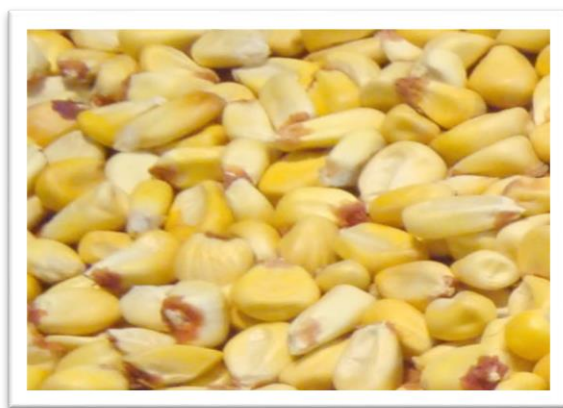
<b>PROVINCIA</b>	<b>VARIEDAD INIAP – 101</b>	
	<b>Kg/ha</b>	<b>qq/ha</b>
Imbabura	2640	58
Pichincha	4582	100
Cotopaxi	2485	54
Chimborazo	3825	84

Fuente: (INIAP, Rendimiento, 2014).

## 2.7. MAÍZ VARIEDAD GUANDANGO

En cuanto a las variedades del maíz existe el maíz amarillo guandango. La calidad del grano de maíz para el consumo humano está asociada tanto con su constitución física que determina la textura y dureza, como con su composición química que define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas: granos sanos, limpios, uniformes de tamaño, textura y color.

El maíz suave amarillo de esta variedad es el más importante de los maíces en la alimentación humana; es de grano grande, harinoso y además produce granos blandos que se pueden cocinar tiernos (choclo), semi tiernos (cau), en mote con grano semi tierno (mote choclo), en mote (grano seco), en mote molido, germinados y luego molidos (chicha de jora), secos y tostados, secos y molidos en harina, (Carrera, 2009).



**Figura 3.** Maíz Amarillo

**Fuente:** (INIAP, Maíz Variedad Guandango, 2014)

### 2.7.1. ORIGEN

Chauchó guandango mejorado se deriva de un cruzamiento múltiple entre 4 colecciones de maíces locales, provenientes de Chaltura (ECU-07203), La Florida (ECU-07297), Natabuela (ECU-07302), e Imantag (ECU-07310) en Imbabura. Estas colectas presentaron buenas características agronómicas y de calidad de grano durante 2 ciclos de cultivo, 1993-94 y 1994-95. Luego se formó la población o compuesto y se sometió a 2 ciclos de selección en 3 localidades (INIAP, Maíz Variedad Guandango, 2010).

## 2.7.2. REACCIÓN A ENFERMEDADES

La variedad es tolerante a las enfermedades foliares “tizón de la hoja” y “roya” causadas por los hongos *Helminthosporium turcicum* y *Puccinia* sp, respectivamente. Así mismo es tolerante a la “podrición de la mazorca” causado por *Fusarium moniliforme* (INIAP, Maíz Variedad Guandango, 2010).

En la tabla 4, se demuestra las características agronómicas y morfológicas del maíz variedad guandango, como se muestra a continuación.

- **Características importantes:**

**Tabla 6.** Características Maíz Guandango.

<b>Agronómicas y morfológicas</b>	<b>Promedio</b>
Días a la floración femenina:	102
Días a la cosecha en choclo:	135
Días a la cosecha en seco:	225
Altura de planta:	250 cm
Altura de mazorca:	140 cm
Longitud de la mazorca:	18 cm
Formas de consumo:	Choclo, tostado, harina, mote, humitas
Rendimiento comercial en choclo:	190 sacos de 125 unidades/ha
Rend. Comercial grano seco:	85 qq/ha
No. de hileras por mazorca:	10
Color del grano seco:	Amarillo
Color del grano tierno:	Crema
Color de la tusa:	Rosada 80%
	Blanca 15%
	Morada 5%
Tipo de grano:	Harinoso
Textura del grano:	Suave
2.-De calidad * (base seca)	
Humedad:	0,1303
Proteína:	0,0813
Azúcares totales:	0,0232
Almidón:	0,7457
Aceptación de choclo y grano seco:	Buena
* Dpto. de Nutrición y Calidad de la E.E. “Santa Catalina”	

Fuente: (INIAP, Maíz Variedad Guandango, 2014).

## **2.8. ORIGEN DE LA NIXTAMALIZACIÓN**

La nixtamalización es el proceso milenario de origen mesoamericano que sirve para quitar la cáscara al maíz, proceso que se realiza hirviéndolo en agua con cal. Una vez hervido y sin cáscara (llamada hollejo), se puede preparar la harina de maíz. La palabra proviene de nixtamal, a su vez del náhuatl nextli ("cenizas de cal") y tamalli (masa de maíz cocido) con este fin el principio específico que se utiliza es la ebullición del maíz con la utilización de un elemento físico o químico Hidróxido de calcio (Cal) (Peralta, 2011).

Otra manera de realizar el nixtamalizado tradicional es la utilización de ceniza. Ante los factores ambientales la ceniza (*Centaurea cinearia*), ha sido reemplazado por cementina (Hidróxido de Calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>) en otros casos se utiliza cal viva (Óxido de Calcio (CaO)). En este proceso de nixtamalización se disminuyen ligeramente el contenido de vitaminas presentes, el almidón y la solubilidad de la proteína del maíz pero incrementa los aminoácidos, el contenido de fósforo y calcio, fibra soluble y almidón resistente; por lo que es importante que se determine el mejor procedimiento para no alterar la calidad del producto (Peralta, 2011).

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana-147-SSA1-1996, se denomina Maíz nixtamalizado o nixtamal, al maíz sano y limpio que ha sido sometido a cocción parcial con agua en presencia de hidróxido de calcio (cal).

## **2.9. LA NIXTAMALIZACIÓN**

El maíz nixtamal es el nombre que se da al maíz pelado que en el Ecuador se le conoce como mote. La preparación del maíz blanco especialmente se ha popularizado a nivel de la región interandina del país (Peralta, 2011).

La Asociación de productores de mote, 23 de septiembre ubicados en la Provincia de Bolívar, Cantón Chimbo, Parroquia San José, Sector Tumbiguan, el proceso de nixtamalizado lo realizan utilizando 1kg de cal en 1 quintal de maíz según los datos tomados y realizando los cálculos respectivos nos indica que utilizan 22g de cal por cada 1000g de maíz, tomando estos datos de referencia se pudo determinar las dosis utilizadas

en nuestra investigación, obteniendo así las dosis: baja, media ,alta que corresponden a 10, 20 y 30g de sustancia alcalina, con una unidad experimental de 1000g, estos datos nos permitieron concluir en las dosis de nuestra investigación lo cual concuerda con los diferentes autores (Productores, 2015).

Vélez (2011) afirma que la nixtamalización es un proceso que consiste en el cocimiento del grano de maíz con suficiente agua (1 kilogramo de maíz por 2-3 litros de agua), con álcali cal al 2%, preferentemente  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , a temperatura menor a la de ebullición, por 30-60 minutos. El grano se deja reposar entre 12-14 horas en la solución (nejayote), el nixtamal resultante es lavado de 2-4 veces para eliminar el exceso de cal, el nixtamal obtenido es molido en un molino de piedras para obtener la masa.

Mientras que Gutierrez (2010) sostiene que el proceso tradicional es el siguiente: se hierve el maíz en agua con 1-3% de cal (Hidróxido de calcio) de 20 a 40 minutos. El tiempo de cocción depende del tipo de endospermo del maíz. La proporción de maíz: agua es de 1:3 (peso: volumen), con un pH de 11-13. Posteriormente se deja reposar al maíz de 8 a 12 horas. El agua de cocción denominada “nejayote” se elimina y el maíz se lava con agua limpia para eliminar el exceso de álcali.

El maíz nixtamal es el nombre que se da al maíz pelado que en el Ecuador se le conoce como mote. La preparación del maíz blanco especialmente se ha popularizado a nivel de la región interandina del país (Peralta, 2011).

Existen alternativas en la utilización de sustancias alcalinas en el proceso del nixtamalizado inicialmente se utiliza la ceniza y posteriormente o en la actualidad es más común la Cal.

Según Cordero (2011) la ceniza producida por la leña utilizada para cocer los alimentos les sería de gran utilidad, porque la ceniza (óxido de sodio y potasio), mezclada con agua, se convierte en una lejía alcalina que ablanda y destruye la cáscara del grano.

Cuando se descubrió que en presencia del agua, la cal viva (óxido de calcio) forma hidróxido de calcio (la llamada cal apagada o cal hidráulica), se encontró el primer elemento químico que se probó en la nixtamalización.

Luego de que el maíz se limpiaba, se cocía con cal, se dejaba reposar en agua caliente durante la noche y al día siguiente se limpiaba y se hacía la masa usando el metate, un molino prehispánico de piedra volcánica. Elaborada la masa, se palmeaba y se hacían discos de diámetro y espesor variables: las tortillas, que se cocían en una superficie de barro caliente llamada comal (Cordero, 2012).

### **2.9.1. BENEFICIOS DEL MAÍZ NIXTAMALIZADO**

Entre los cambios químicos del mote según se identifican los siguientes:

- Aumenta el contenido de calcio en el maíz.
- Permite que la calidad de la proteína de los productos de la masa no se vea afectada. Minimiza la pérdida de nutrimentos.
- Incrementa la disponibilidad de la mayoría de los aminoácidos esenciales: es una de las principales contribuciones a la nutrición humana.
- Aumenta la biodisponibilidad de los aminoácidos, entre ellos el triptófano, a partir del cual se puede sintetizar niacina en el organismo. Por este motivo estas poblaciones no tienen riesgo de desarrollar pelagra.

Mejora considerablemente en forma global el aporte nutritivo de las proteínas del grano de maíz (Salvador, Subproductos del maíz, 2011).

En la tabla inferior se muestra la comparación nutricional entre el maíz crudo y maíz nixtamalizado.



**Tabla 7.** Comparación nutricional entre maíz crudo y maíz nixtamalizado.

	<b>Maíz Crudo</b>	<b>Maíz Nixtamalizado</b>
<b>Calorías de grasas:</b>	38,70 Kcal	24,30 kcal
<b>Calorías de proteínas:</b>	37,60 kcal	1 9,60 Kcal
<b>Calorías de Carbohidratos:</b>	297,60 Kcal	178,00 kcal
<b>Agua:</b>	10,60 gr	47,10 gr
<b>Vitamina A, RAE:</b>	2,00 mcg	0,00 mcg
<b>Vitamina B1 (Tiamina):</b>	0,43 mg	0,18 mg
<b>Vitamina B2 (Riboflavina):</b>	0,10 mg	0,06 mg
<b>Vitamina B3 (Niacina):</b>	1,90 mg	0,84 mg
<b>Calcio, Ca:</b>	9,00 mg	98,00 mg
<b>Hierro, Fe:</b>	2,50 mg	2,20 mg
<b>Fósforo, P:</b>	290,00 mg	127,00 mg
<b>Grasas totales:</b>	4,30 gr	2,70 gr
<b>Carbohidratos:</b>	74,40 gr	44,50 gr
<b>Proteínas:</b>	9,40 gr	4,90 gr
<b>Magnesio Mg:</b>	147,00 mg	0,00 mg
<b>Potasio:</b>	284,00 mg	0,00 mg
<b>Sodio Na:</b>	1,00 mg	0,00 mg
<b>Fibra alimentaria:</b>	12,20 mg	0,00 mg

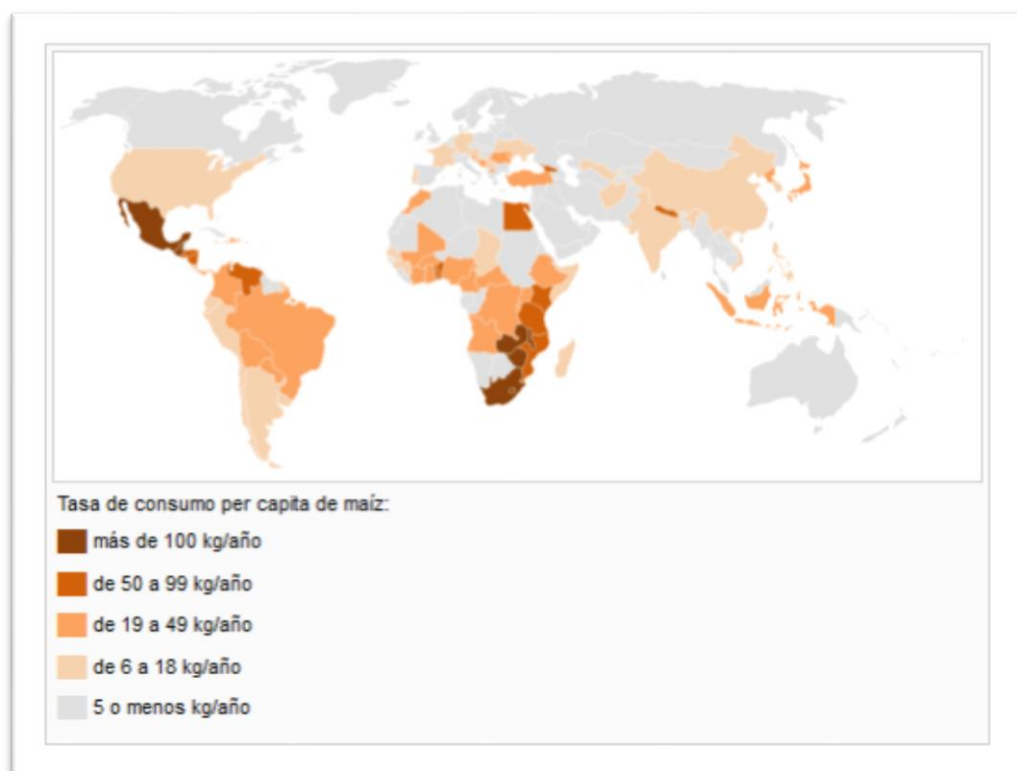
Fuente: (Agusto Tosi, 2013)

Como se puede ver en el gráfico anterior, el aumento más significativo en el maíz nixtamalizado es el calcio, componente que limpia el grano del maíz de los efectos de pelagra principalmente y es aprovechado por el cuerpo humano en diferentes proporciones dependiendo de la edad, razón por la cual se puede considerar que la población mexicana y sudamericana menor a 11 años, con un consumo promedio de 25 gr de maíz nixtamalizado diario cubre 31 % de lo recomendado nutricionalmente y en una población a partir de 11 años con consumo de 500 gr de maíz nixtamalizado diario cubre el 41%, por lo tanto lo convierte en una fuente de alta aportación de calcio.

### **2.9.2. IMPORTANCIA DEL NIXTAMALIZADO**

El nixtamal es una de las formas básicas de procesar el maíz en todo el mundo, ya que, si bien es un proceso de origen netamente americano, se utiliza actualmente en todo el mundo para retirar la cutícula del maíz.

En el mapa inferior se muestra la tasa de consumo de maíz per cápita a nivel mundial; como se ve en el mapa, México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y los países del sur de África encabezan la lista de los principales consumidores de maíz (Días Roig & Miaja, 2011).



**Figura 4.**Tasa de Consumo

Fuente: (Días Roig & Miaja, 2011).

### 2.9.3. SUBPRODUCTOS DEL MAÍZ NIXTAMALIZADO

- **Mote de maíz**

Es un alimento completo porque también aporta con minerales como el magnesio, calcio, hierro y fósforo; Todos estos elementos favorecen el metabolismo del organismo, es decir, la forma en que el cuerpo trabaja, consume energía y funciona. El mote tiene fibra. Lo que reduce los niveles de colesterol, mantiene saludable el aparato digestivo y evita los estreñimientos. La fibra del mote arrastra el colesterol malo y lo elimina a través de las heces (Marzon, 2012).

- **Harina de maíz**

Es el polvo más o menos fino, que se obtiene de la molienda del grano seco de maíz puede ser integral, por lo que presenta un color amarillo, o refinado en cuyo caso es de color blanco. Está formado fundamentalmente por almidón y zeína, un tipo de proteína. También se obtienen los siguientes subproductos, Peña (2005).

- Hojuelas de harina de maíz
- Frituras
- Botanas
- Bebidas fermentadas
- Industria de panadería
- Masa y tortillas
- Balanceado, Peña (2005).

## **2.10. CAMBIOS FÍSICOS-QUÍMICOS QUE PRODUCE LA NIXTAMALIZACIÓN**

En el proceso de nixtamalizado se produce cambios en el almidón, anteriormente se creía que durante la nixtamalización gran parte de los almidones eran gelatinizados, sin embargo, hoy con el uso de técnicas más modernas se sabe que sólo una porción pequeña, que no sobrepasa el 15% es la que se gelatiniza.

Asociados con la gelatinización, se presentan en el almidón otros cambios tales como: pérdida de la birrefringencia implica un alto grado de orientación molecular dentro del gránulo y no hace referencia a ninguna forma cristalina en particular y cristalinidad es el envejecimiento de los geles de almidón gelatinizados del gránulo, modificación del patrón de rayos X, e incremento en la solubilidad. Sobre este último aspecto se ha observado que la masa de maíz contiene menos de 10% de sólidos solubles, de los cuales entre el 30% y 50% es almidón solubilizado, en el que predomina el amilopectina de bajo peso molecular. El tiempo de cocimiento afecta la cantidad de sólidos solubles y almidón solubilizado; al aumentarlo, los sólidos solubles y el almidón solubilizado decrecen, como consecuencia de la retrogradación que este último sufre durante el reposo y enfriamiento después de la

molienda. Por otro lado, la dureza del grano determina en gran medida el tiempo de nixtamalización requerido por un maíz para obtener una calidad adecuada de manera que los maíces duros requieren tiempos de cocimiento más largos que los suaves.

En los maíces duros el acceso del agua y los agentes gelatinizantes hacia el gránulo de almidón se dificulta más que en los maíces suaves, por encontrarse embebidos en una densa matriz proteínica y completamente rodeados por numerosos cuerpos de zeína, lo que le confiere al endospermo una estructura sólida y compacta. Al prolongar el tiempo de cocimiento en estos maíces, se busca lograr la parcial gelatinización de los almidones. (Moreno, Herrera, & Castillo, 2009).

Durante la cocción y el remojo, una serie de cambios químicos tienen lugar en los granos de maíz, debido a que los componentes de la membrana celular de los granos del maíz, entre los cuales se incluyen hemicelulosa y pectina, son altamente solubles en soluciones alcalinas, los granos se suavizan y sus pericarpios (cáscaras) se aflojan. El grano se hidrata y absorbe calcio y potasio (según los compuestos utilizados) a lo largo de todo el proceso. Los almidones se disuelven y gelatinizan, algunos almidones se dispersan en el líquido. Se liberan ciertos productos químicos del germen que permiten que el grano cocido sea más fácil de triturar. La cocción produce cambios en la proteína principal del maíz, al igual que otros nutrientes del endosperma haciéndoles más asimilables para el cuerpo humano. Tras la cocción, el caldo alcalino (conocido como nejayote) que contiene disueltas las cáscaras, el almidón del maíz y otras sustancias, se decanta y se descarta. Los granos se lavan completamente para limpiarlos de los restos de nejayote el cual tiene un desagradable sabor. El pericarpio se desecha, y se deja sólo el germen y endospermo del grano. Esta operación se realiza a mano de modo tradicional o en preparaciones a pequeña escala o mecánicamente, a mayor escala en la producción industrial (Salvador A. , 2011).

### **2.10.1. GELATINIZACIÓN DEL ALMIDÓN**

La gelatinización es quizá la transición más importante del almidón. Es una transición de orden desorden que sufren los polímeros de almidón sometidos a procesos de calentamiento lo cual tiene gran impacto en el procesamiento, calidad y estabilidad de los

productos basados en almidón a gelatinización ocurren cambios irreversibles que provocan el hinchamiento y disrupción del gránulo con una consecuente pérdida de cristalinidad.

Los cambios que ocurren en la transición están influenciados por factores intrínsecos como tipo de almidón, tamaño de los gránulos etc. Y por factores extrínsecos, como la velocidad de calentamiento, el contenido de humedad, el daño mecánico de los gránulos, la historia térmica de la muestra y las condiciones de extracción del almidón. Para la transición se requiere un porcentaje de agua mayor al 30% y una temperatura entre 60 y 75 °C, valor que depende de la fuente de origen del almidón.

Durante el proceso, las moléculas de almidón vibran rompiendo los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas de los gránulos, lo que provoca el hinchamiento por una absorción progresiva e irreversible de agua que finalmente se liga a la estructura.

La gelatinización del almidón con la fusión de los polímeros homogéneos durante la gelatinización ocurren tres procesos: difusión del agua dentro del gránulo de almidón, la separación de la birrefringencia, y expansión del gránulo (Salvador A. , 2011)

### **2.10.2. HIDRATACIÓN DEL GRANO**

La hidratación del grano de maíz durante el proceso de cocción alcalina es importante debido a que es el medio por el cual se incorporan los iones de calcio al interior del grano de maíz, durante las fases de cocción y reposo del proceso de la nixtamalización. En las fases de cocción y reposo alcalino, ocurre de manera simultánea la hidratación y el proceso de gelatinización parcial de los almidones del grano de maíz, de manera paralela también se tiene el proceso de difusión de los iones de calcio que van a determinar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto final. Algunos resultados del estudio del proceso de nixtamalización indican que la solución alcalina degrada y solubiliza a los componentes de la pared celular del pericarpio y produce un ablandamiento de la estructura del endospermo.

Durante este proceso, ocurre la difusión de agua y de iones calcio en los gránulos de almidón, los cuales se hinchan, gelatinizan parcial o totalmente y se desorganiza su estructura cristalina (Vélez, 2011).

La función que tienen los iones calcio durante el remojo del maíz es limitar la gelatinización en los gránulos de almidón debido a la posible interacción calcio-amilosa. Esta interacción previene que el agua siga absorbiéndose, evitando una mayor hinchazón y degradación de los gránulos (García, 2009).

### **2.10.3. DEGRADACIÓN DE LA CUTÍCULA**

Para Martínez (2010) el entendimiento de los cambios físicos y químicos que sufren las distintas partes de los granos del maíz, en función de los parámetros que caracterizan el proceso de la nixtamalización es fundamental para el mejoramiento del producto y la optimización en su elaboración.

Durante la nixtamalización, diversos cambios físicos y químicos ocurren en los constituyentes del maíz. En particular, el pericarpio experimenta una severa degradación de su estructura como consecuencia de este proceso. Puesto que el pericarpio determina en gran medida la calidad alimenticia de la harina y masa de maíz, es de suma importancia estudiar en detalle los efectos inducidos por la nixtamalización que conduzcan a un óptimo control de calidad de este proceso.

La nixtamalización produce un efecto favorable por su acción química que destruye la capa – cáscara que cubre al maíz; esta acción se lleva a cabo cuando se mezcla con el agua y se somete al calor en el cual se disuelven componentes químicos del grano, provocando su deseado desprendimiento del grano, los almidones se disuelven y gelatinizan, el grano se hidrata y absorbe calcio.

### **2.10.4. CAMBIOS EN EL GRANO DE MAIZ DURANTE LA NIXTAMALIZACIÓN**

- **Nixtamalización de granos de maíz Reacciones Físicoquímicas.**

Durante las distintas etapas del proceso de nixtamalización ocurren las siguientes reacciones físicoquímicas en el interior del grano de maíz: la hidrólisis de la hemicelulosa del pericarpio, la gelatinización parcial o total del almidón, la difusión de los iones  $\text{Ca}^{++}$ , y la interacción Ca-almidón, es decir, al comenzar la nixtamalización la solución alcalina

degrada y solubiliza a los componentes de la pared celular del pericarpio y produce un ablandamiento del endospermo.

Esto permite que el agua y el  $\text{Ca}^{++}$  se difundan en los intersticios del endospermo y del germen y también en los gránulos de almidón los cuales se hinchan, se gelatinizan parcial o totalmente y se desorganiza su estructura semi cristalina. Posteriormente, durante el remojo del maíz, los iones  $\text{Ca}^{++}$  limitan la gelatinización de los gránulos de almidón debido a la interacción Ca-almidón (principalmente con la amilosa).

Esta interacción previene que el agua siga absorbiéndose, evitando una mayor hinchazón y degradación de los gránulos. Después de un tiempo prolongado, el Ca se presenta de manera significativa en el germen (García, 2009).

## **2.11. MATERIALES PARA LA NIXTAMALIZACIÓN**

- **Agentes Cáusticos:**

Las sustancias cáusticas incluyen una gran variedad de materiales con propiedades diferentes, pero con la particularidad de ser todos ellas ácidos o álcalis, estar en estado sólido o líquido y ser capaces de causar lesiones químicas directas en la mucosa del tramo digestivo o superior (TDS).

- **Álcalis:**

La lejía es el nombre genérico de los álcalis fuertes. Son sustancias cáusticas que se disuelven en agua formando soluciones con un pH bastante superior a 7 (al neutro): amoníaco, hidróxido amónico, hidróxido y óxido cálcicos, hidróxido de potasio, hidróxido y carbonato potásico, hidróxido de sodio, carbonato, hidróxido, peróxido y silicatos sódicos y fosfato trisódico.

Los álcalis, ya sea en sólido, o en soluciones concentradas, son más destructivos para los tejidos humanos que la mayoría de los ácidos. Provocan destrucciones (quemaduras) profundas y dolorosas (disuelven la grasa cutánea) (Zambrano, 2013).

- **Riesgos.**

Los polvos, nieblas, y vapores provocan desde irritación respiratoria, de piel, ojos, y lesiones del tabique de la nariz, etc., hasta lesiones destructivas en piel y tejidos humanos. Especialmente riesgo en ojos si hay salpicaduras o proyección de partículas.

En la tabla 6, se indica los diferentes agentes cáusticos que de acuerdo a su pH tienen su diferente clasificación.

**Tabla 8.** Agentes cáusticos.

<b>AGENTES CAUSALES</b>	
<b>ÁCIDOS INORGÁNICOS</b>	
Ácido clorhídrico	Ácido selénico
Ácido yodhídrico	Ácido carbónico
Ácido sulfúrico	Ácido perclórico
Ácido sulfónico	Ácido nítrico
Ácido fluorhídrico	Ácido fosfórico
<b>SUSTANCIAS INORGÁNICAS</b>	
Cloruro de aluminio	Fósforo
Cloruro de zinc	Aleación sodio plomo
Magnesio y litio	Peróxido de hidrógeno
Permanganato de potasio	Cloruro de titanio
Ioduros	
<b>ÁCIDOS ORGÁNICOS</b>	
Ácido acético	Ácido fórmico
Ácido clorobenzoico	Ácido tioglicólico
<b>ÁLCALIS</b>	
Soda cáustica	Hidróxido de calcio
Cemento	Óxido de calcio
Bromuros y derivados	Hidróxido de potasio
<b>OTROS</b>	
Fenol	Hidrocarburos aromáticos
Bencina	Kerosene
Asfalto	Lubricantes

Fuente: (González, 2001).



### **2.11.1. CENIZA**

La ceniza es el producto que resulta de la combustión de “algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales” la parte que queda como residuo en forma de polvo depositado en el lugar donde se ha quemado el combustible como la madera, basura, papel, o cualquier otro elemento se llama ceniza. (Salvat, 2010)

Las cenizas de madera son los restos orgánicos e inorgánicos de la madera quemada o las fibras de madera blanqueada. Las propiedades químicas y físicas de la ceniza de madera difieren considerablemente dependiendo de muchos factores. Los árboles de madera dura como el arce, roble y nogal americano generalmente producen más ceniza que los árboles de coníferas como el pino, la piel, y el cedro. La corteza y las hojas de los árboles normalmente producen más ceniza que las partes interiores de la madera del árbol. Por lo general, la quema de madera se traduce en un 6 a 10 por ciento de cenizas.

El reciclaje de la ceniza de madera tiene muchos beneficios para los jardines, las plantas y los cultivos (Abbott, 2014). En el análisis de alimentos también se conoce con el nombre de cenizas al conjunto de minerales que no arden ni se evaporan. La ceniza es utilizada como abono orgánico en el cultivo de plantas ornamentales y en otros tipos de aplicaciones agrícolas, así como el control de plagas como las hormigas (Prezi, 2012).

- **Composición química y beneficios de la ceniza de madera:**

Las cenizas de madera presentan contenidos importantes de diferentes nutrientes como: K, P, Mg y Ca, los cuales se encuentran en formas relativamente solubles. Algunos de estos elementos se encuentran como óxidos, hidróxidos y carbonatos, por lo que el material presenta un fuerte carácter alcalino. De este modo, el potencial neutralizante expresado en términos de equivalentes de  $\text{CaCO}_3$ , varía entre el 25 y el 100 %, por lo que es posible su uso para corregir la acidez de suelos ácidos. Estas cenizas presentan, en general, concentraciones muy bajas de metales pesados.

Todas estas características hacen que en algunas zonas de EEUU y en Suecia (en este caso las cenizas proceden de plantas de bioenergía municipales) la mayor parte de las cenizas que se generan se apliquen a suelos agrícolas o forestales para mejorar sus propiedades.

La ceniza natural, es decir que provienen de plantas, árboles, hojas o rastrojos, tiene un alto contenido de potasio, calcio, magnesio y otros minerales esenciales para ellas. La ceniza “puede utilizarse como fertilizante si no contiene metales pesados u otros contaminantes. Como suele ser muy alcalina, se puede mezclar con agua y dejarla un tiempo al aire para que se neutralice en parte combinándose con el CO<sub>2</sub> ambiental”; este producto orgánico se utiliza mezclándolo con otro abono más ácido como es el caso del humus.

La descomposición en el humus, además hace a los minerales más biodisponibles (Cobrerizo, 2008).

Para el estudio se utilizó la ceniza de acacia macracantha (árbol de espino).

### **2.11.2. ACACIA MACRACANTHA**

Es una especie de árbol perteneciente a la familia de las Fabáceas. Originaria de América, se encuentra desde México y las Antillas hasta el noroeste de Argentina.



**Figura 5.** Ceniza de espino

Fuente: (Elaborado por el autor)

## Características

Acacia macracantha es un árbol espinoso que alcanza un tamaño de 4 m de altura, tronco macizo, de color gris oscuro.

Hojas con espinas largas y anchas en su base. Flores amarillas, con frutos en forma de vaina.

Florece y da frutos en tiempo de lluvias. Se encuentra en los barrancos, dentro y fuera de la población, en los terrenos de siembra, en las cañadas, laderas y cerros (Garden, 2012).

### 2.11.2.1. Composición de la ceniza de espino

**Tabla 9.** Composición Acacia Macracantha (Ceniza de Espino).

Parámetros Físicos	Unidad	Valor	Método Aplicado
pH		12,59	Potencio métrico
Parámetros Químicos	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Método Aplicado</b>
Calcio (Ca)	g/100g	16,82	Espectrofotometría de absorción
Magnesio	g/100g	2,02	
Potasio (K)	g/100g	6,54	
Sodio (Na)	g/100g	0,05	

Fuente: (Elaborado por el autor)

## 2.12. CEMENTINA (HIDRÓXIDO DE CALCIO (Ca (OH)<sub>2</sub>))

Conocida también como cal apagada o cal muerta, es un producto Hidróxido cáustico su fórmula es: Ca (OH)<sub>2</sub>, la cementina es un polvo blanco que se obtiene al reaccionar Óxido de Calcio con agua.

Al someterse al calentamiento a 512°C, “el Hidróxido de calcio se descompone en Óxido de Calcio y agua. La solución de Hidróxido de Calcio en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y ataca varios metales” en este proceso se enturbia en presencia de Dióxido de Carbono por la precipitación de Carbonato de Calcio.

El Hidróxido de Calcio se utiliza en la industria de la construcción, también se le ha incluido en la producción alimenticia como es el tratamiento del trigo y el maíz; porque no es tóxico, sin embargo se ha establecido que es irritante para la piel y para las vías respiratorias como para la vista.

La cementina no es combustible por lo que no ocasiona peligro en este aspecto para la nixtamalización del maíz (Certifier, 2011).

- **Cementina Rocafuerte**

Es un producto de acción cementante a base de hidróxido de calcio, de tamaño de partícula muy fina, de color blanco grisáceo, con ciertas propiedades hidráulicas elaborado bajo estricto control de calidad. (Disensa, 2014).



**Figura 6.** Cementina Rocafuerte

Fuente: (Elaborado por el autor)

La cementina Rocafuerte por ser un derivado de la cal, tiene acción cáustica sobre la piel, por lo que el albañil debe usar guantes plásticos al momento de trabajar con el producto.

- **Especificaciones técnicas**

Es un producto a base de hidróxido de calcio, de color grisaseo, de alta finura, de baja densidad, con un contenido del 33% mínimo de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Obtenido luego de la calcinación de calizas en hornos verticales a  $1.200^\circ\text{C}$ .

- **Presentación**

Sacos de 25 Kilos en envase doble de papel kraft.

Se recomienda que el sitio donde se hace el almacenamiento de la CEMENTINA ROCAFUERTE sea fresco, seco, ventilado y bajo sombra. La rotación de los sacos en las bodegas no debe ser mayor a un año (Disensa, 2014).

### **2.13. CAL VIVA (ÓXIDO DE CALCIO (CaO))**

Tlatoan (2011) sostiene que el Óxido de Calcio (CaO) es un álcali fuerte al ser utilizado en la nixtamalización del maíz produce un efecto favorable por su acción química que destruye la capa – cáscara que cubre al maíz; esta acción se lleva a cabo cuando se mezcla con el agua y se somete al calor proceso en el cual se disuelven componentes químicos del grano haciéndolo más suave para la posterior cocción y más maleable la masa que se obtiene, “como sucede con la celulosa de la cascarilla provocando su deseado desprendimiento del grano, los almidones se disuelven y gelatinizan, el grano se hidrata y absorbe Calcio.

#### **CAL –P24.**

- **Descripción**

Es un producto de uso múltiple a base de hidróxido de calcio obtenido luego de un proceso de calcinación en hornos verticales a 1200°C, temperatura óptima que garantiza que el producto tenga una excelente capacidad de reacción.



**Figura 7.** Cal P-24

**Fuente:** (Elaborado por el autor)

- **Uso y aplicaciones**

Sus principales usos son la acuicultura, industria agrícola, sanidad urbana, sanidad animal, sanidad vegetal.

- **Beneficios**

La Cal P-24 por ser obtenida en hornos verticales en donde solo en estos se alcanza los 1200°C necesarios para lograr un producto sumamente reactivo, de color blanco y tamaño muy fino de su partícula (malla 230), esto asegura un efecto inmediato de acción o corrección de parámetros en los diversos usos que se le da.

- **Empleo y usos:**

**-En acuicultura.-** corrige el pH agua de camarones, truchas y tilapia.

**-En ingenios azucareros** se usa para eliminar ácidos orgánicos en la molienda.

**-En curtiembres.-** se lo usa para eliminar sangre y pelambre de las pieles

**-En agua potable.-** quita la dureza del agua.

En carreteras mejora plasticidad del suelo y las estabiliza minimizando índices de expansión y contracción de las arcillas, ayudando a secar los suelos para obtener una

mejor compactación, lo anterior producto de los componentes del suelo se aglutinan mejor mesa de trabajo.

**-En agricultura.-** Es el mejor y más rápido neutralizante de acidez del suelo lo que permite que todo el fertilizante que se aplica para nutrir las plantas, sea asimilado por ellas en caso contrario si no se corrige la acidez del suelo el abono se desperdicia

En frutales es ideal para preparar el “caldo bordeles” que se usa para tratar heridas después de la poda de los árboles frutales (100 litros de agua + 2 kilos de CAL P-24 +2 kilos de sulfato de cobre

**-En sanidad animal.-** Se la debe usar para prevenir moscas e insectos en gallinero, porquerizas, establos de leche pesebreras, etc.

**-Especificaciones específicas:**

Producto con alto contenido de Hidróxido de Calcio de 79% mínimo.

**-Almacenamiento:**

Se recomienda que el sitio donde se almacena CAL – P24 sea fresco, seco ventilado y bajo sombra. La rotación de las bodegas no debe ser mayor de un año (Disensa, 2014).

## **2.14. HIDRÓXIDO DE SODIO (NaOH)**

Según Elvers y Hawkins (2009) a temperatura ambiente el Hidróxido de Sodio es un sólido cristalino, blanco, sin olor y que absorbe rápidamente Dióxido de Carbono y humedad del aire (delicuescente). Es una sustancia muy corrosiva. Cuando se disuelve en agua o cuando se neutraliza con algún ácido libera gran cantidad de calor, el cual puede ser suficiente para hacer que material combustible en contacto con el Hidróxido haga ignición. Se usa generalmente como solución del 50% en peso o como sólido que se comercializa como pellets, hojuelas, barras y tortas.

Es una sustancia exclusivamente producida por el hombre y por tal razón no se encuentra en la naturaleza en su estado normal.

**Tabla 10.** Composición e información de los ingredientes.

Hidróxido de Sodio Sólido		
Componente	Contenido	Peligroso
Hidróxido de Sodio	99 – 100%	SÍ
Hidróxido de Sodio en Solución Acuosa		
Componente	Contenido	Peligroso
Hidróxido de Sodio	10 – 60%	SÍ
Agua	40 – 90%	NO

Fuente: (Elders, 2009).

Normalmente las aplicaciones del hidróxido de sodio requieren soluciones diluidas. En la industria de alimentos tiene importancia en los procesos de pelado químico.

Por medio de la inmersión de algunas hortalizas, en soluciones calientes de hidróxido de sodio provoca el pelado mediante erosión química la piel y el tejido subyacente. Para este mecanismo de pelado, se requiere contar con Hidróxido de Sodio, en solución que va desde el 2% hasta el 10 %, según el tipo de hortaliza, un y para potencializar su capacidad abrasiva se requiere que la solución se caliente entre 85°C – 90°C de esta manera se presenta el desprendimiento, finalmente se le somete en una solución de ácido cítrico, para su neutralización (págs. 265-266).



**Figura 8.** Hidróxido de sodio

Fuente: (Elaborado por el autor)



### 2.14.1. HIDRÓXIDO DE SODIO (98.4 % DE PUREZA)

- **Datos Generales**

Nombre comercial: Hidróxido de Sodio (98.4% pureza)

- **Datos de la sustancia química**

Familia Química: Hidróxidos

Nombre Químico: Hidróxido de sodio (98.4 pureza)

Nombre común: Hidróxido de sodio (98.4% pureza)

Sinónimos: Sosa Cáustica (anhídrida), Cáustico Blanco, Legía, Hidrato de Sodio, Sosa Cáustica en escamas.

- **Métodos químicos de pelado con la utilización de Hidróxido de Sodio:**

La inmersión de algunas hortalizas, tales como las raíces, en soluciones calientes de hidróxido de sodio provoca el pelado mediante erosión química de la piel y el tejido subyacente. Para este mecanismo de pelado, se requiere contar con hidróxido de sodio, en solución que va desde 2% al 10%, según el tipo de hortaliza, y para potenciar su capacidad abrasiva requiere que la solución se caliente entre 85 y 90°C, de esta manera se presenta el desprendimiento de la piel frotando con la protección apropiada (guantes de nitrilo) con un lavado posterior de agua potable y el producto se sumerge en una solución acida cítrico para su neutralización.

#### **CONDICIONES PARA REALIZAR EL PELADO QUÍMICO:**

<b>Producto</b>	<b>Zanahoria</b>	<b>Durazno</b>	<b>Papas</b>
NaOH concentración	5%	10%	6%
Temperatura	95°C	85°C	85°C
Tiempo de contacto con álcali	2-4 minutos	3-5 minutos	2-4 minutos

(Elvers, 2009).

# **CAPÍTULO III**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **3.1.1. MATERIALES:**

- Semillas de maíz blanco INIAP 101
- Semillas de maíz amarillo Guandango
- Cal (Óxido de Calcio (CaO)), P-24 Discensa
- Cementina (Hidróxido de Calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>), cementina rocafuerte
- Ceniza, de espino acacia macracantha
- Hidróxido de Sodio (NaOH), en escama 98,4% pureza
- Agua potable
- Gas
- Recipientes plásticos
- Recipientes de aluminio
- Paleta de madera
- Tamiz

#### **3.1.2. EQUIPOS:**

- Peladora mecánica
- Balanza digital
- pHmetro
- Cronómetro
- Termómetro de alcohol
- Cocina

## **3.2.MÉTODOS**

### **3.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL**

La fase experimental se realizó, en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte, de la ciudad de Ibarra.

<b>PROVINCIA:</b>	Imbabura
<b>CANTÓN :</b>	Ibarra
<b>PRROQUIA:</b>	El Sagrario
<b>ALTITUD:</b>	2228 m.s.n.m
<b>TEMPERATURA PROMEDIO:</b>	22 °C
<b>VELOCIDAD DEL AIRE PROMEDIO:</b>	30Km/h desde el norte
<b>HR PROMEDIO:</b>	57%
<b>LATITUD:</b>	0°21° Norte
<b>LONGITUD:</b>	78°08° Este

**Fuente:** ( Estación Meteorológica Yuyucocha, 2015)

### **3.2.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA Y EL PORCENTAJE ADECUADO DE LAS SUSTANCIAS ALCALINAS PARA LA REMOCIÓN DE LA CUTICULA DEL MAÍZ**

Para medir la eficiencia del pelado del grano de maíz y determinar el porcentaje adecuado de cal óxido de calcio CaO, cementina, hidróxido de calcio Ca (OH)<sub>2</sub>, ceniza e hidróxido de sodio NaOH que se utilizó para la remoción de la cutícula con diferentes dosis en dos variedades de maíz, se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con arreglo

factorial  $A \times B \times C$ , 24 tratamientos con 3 repeticiones con un total 72 unidades experimentales y un tamaño de la unidad experimental de 1000g de grano de maíz.

Los factores considerados para el estudio fueron los siguientes:

**Factor A: SUSTANCIAS PARA LA NIXTAMALIZACIÓN**

- A1: Cal (Óxido de Calcio (CaO))
- A2: Cementina ( Hidróxido de Calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>))
- A3: Ceniza
- A4: Hidróxido de Sodio (NaOH)

**Factor B: DOSIS**

- B1: Baja
- B2: Media
- B3: Alta

**Tabla 11.** Dosis de aplicación experimental.

Dosis	Cal	Cementina	Ceniza	Agente pelante Ca(OH) <sub>2</sub>	(NaOH)
	g	g	g	g	g
<b>Baja</b>	10	23,93	25,39	7,9	127,8
<b>Media</b>	20	47,88	50,78	15,8	255,6
<b>Alta</b>	30	71,82	76,17	23,7	383,4

**Fuente:** Elaborado por Autor

Los cálculos para llegar a estos valores se detallan en el **anexo 2**.

**Factor C: VARIEDADES**

- C1: Maíz blanco
- C2: Maíz amarillo

Al ser un diseño factorial  $A \times B \times C$ , de la combinación de dichos factores se obtuvieron 24 tratamientos, que se detallan a continuación:

**Tabla 12.** Tratamientos en estudio para los parámetros de dosis óptimas para el nixtamalizado.

<b>N°</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
<b>T1</b>	A 1B1C1	Cal +Dosis baja+ Maíz blanco
<b>T2</b>	A 1B1C2	Cal + Dosis baja + Maíz amarillo
<b>T3</b>	A 1B2C1	Cal +Dosis media+ Maíz blanco
<b>T4</b>	A 1B2C2	Cal +Dosis media+ Maíz amarillo
<b>T5</b>	A 1B3C1	Cal+Dosis alta+ Maíz blanco
<b>T6</b>	A 1B3C2	Cal+Dosis alta+ Maíz amarillo
<b>T7</b>	A 2B1C1	Cementina +Dosis baja+ Maíz blanco
<b>T8</b>	A 2B1C2	Cementina +Dosis baja+ Maíz Amarillo
<b>T9</b>	A 2B2C1	Cementina +Dosis media+ Maíz blanco
<b>T10</b>	A 2B2C2	Cementina +Dosis media+ Maíz amarillo
<b>T11</b>	A 2B3C1	Cementina +Dosis alta+ Maíz blanco
<b>T12</b>	A 2B3C2	Cementina +Dosis alta+ Maíz amarillo
<b>T13</b>	A 3B1C1	Ceniza +Dosis baja+ Maíz blanco
<b>T14</b>	A 3B1C2	Ceniza +Dosis baja+ Maíz amarillo
<b>T15</b>	A 3B2C1	Ceniza +Dosis media+ Maíz blanco
<b>T16</b>	A 3B2C2	Ceniza +Dosis media + Maíz amarillo
<b>T17</b>	A 3B3C1	Ceniza +Dosis alta + Maíz blanco
<b>T18</b>	A 3B3C2	Ceniza +Dosis alta+ Maíz amarillo
<b>T19</b>	A 4B1C1	Hidróxido de sodio+ Dosis baja+ Maíz blanco
<b>T20</b>	A 4B1C2	Hidróxido de sodio + Dosis baja + Maíz amarillo
<b>T21</b>	A 4B2C1	Hidróxido de sodio + Dosis media + Maíz blanco
<b>T22</b>	A 4B2C2	Hidróxido de sodio + Dosis media + Maíz amarillo
<b>T23</b>	A 4B3C1	Hidróxido de sodio + Dosis Alta + Maíz blanco
<b>T24</b>	A 4B3C2	Hidróxido de sodio + Dosis Alta + Maíz amarillo

Fuente: Elaborado por Autor

### 3.2.2.1. Análisis estadístico

Una vez obtenidos los factores y tratamientos se esquematizó el análisis de la varianza que se detalla en siguiente tabla:

**Tabla 13.** Esquema del análisis de varianza para el nixtamalizado del maíz

<b>F de V</b>	<b>GL</b>
Total	71
Tratamientos	23
A	3
B	2
C	1
AxB	6
AxC	3
BxC	2
AxBxC	6
Error Experimental	48

Fuente: Elaborado por el Autor.

### 3.2.3. ANÁLISIS FUNCIONAL

Al detectarse diferencia estadística significativa en los tratamientos se realizó la prueba de tukey al 5%, DMS para factores y gráfico para interacciones.

### 3.3. EVALUACIÓN DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO: HUMEDAD, FIBRA Y MINERALES (CALCIO, SODIO, POTASIO), AL INICIO Y EN LOS MEJORES TRATAMIENTOS AL FINAL DEL PROCESO

En la investigación se analizó la materia prima (maíz seco) y el producto terminado (maíz pelado), para comparar si existe cambio en la composición interna del grano y si el proceso

altera la misma. Todos estos análisis se realizaron a los 2 mejores tratamientos por cada sustancia, también se calculó el rendimiento.

**3.3.1. RENDIMIENTO.-** Esta variable se aplicó en el peso del producto nixtamalizado sin clasificar, en el producto nixtamalizado y clasificado; se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Wmp}{Wpt} \times 100$$

#### **Ecuación 1. Rendimiento**

**R**= rendimiento

**Wmp**= peso del producto nixtamalizado y seleccionado

**Wpt** = peso del producto nixtamalizado no seleccionado

**3.3.2. PH.-** Se midió al inicio de la cocción de la solución alcalina con el maíz y al final del proceso. Se utilizó un potenciómetro digital Beckman, el cual fue calibrado previamente con buffer a pH=7. El valor se lo obtuvo introduciendo directamente el electrodo dentro de la muestra.

**3.3.3. HUMEDAD.-** Este parámetro fue evaluado al inicio y al final del proceso. La humedad se midió mediante el método descrito por la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC, 1990) según su procedimiento número 964,22.

Se determinó el contenido de la humedad en el grano antes del proceso de cocimiento en la solución térmica alcalina y una vez finalizado el proceso en donde el pericarpio se halla suavizado; esto se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte.

**3.3.4. FIBRA.-** Se evaluó al inicio y al final del proceso, la fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la hidrólisis del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas, mediante la norma AOAC. Método oficial 962,09.

- 3.3.5. CALCIO.-** Se realizó la determinación de calcio una vez extraídas las muestras de maíz al inicio y final del proceso, se les retiró el pericarpio, y se secó a 40°C en una estufa de vacío, se molió y tamizó con una malla y el polvo obtenido se utilizó para leer la cantidad de calcio fijado en esa estructura. Esta determinación se lo realizó por medio de una digestión ácida, en un horno de microondas y posteriormente la determinación de calcio se lo hizo por absorción atómica ( espectrometría ), esto se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte mediante la norma AOAC Método oficial 944,03.
- 3.3.6. SODIO.-** Se determinó al inicio y al final del proceso de nixtamalizado mediante la norma AOAC. Método oficial 991,25 el equipo empleado fue un espectrofotómetro de absorción atómica, esto se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte.
- 3.3.7. POTASIO.-** Se determinó al inicio y al final del proceso de nixtamalizado mediante la norma AOAC. Método oficial 991,25 el equipo empleado fue un espectrofotómetro de absorción atómica, esto se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte.

### **3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

El proceso de nixtamalización se realizó en las siguientes etapas:

- 3.4.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA:** Para efectuar el siguiente trabajo se utilizó la variedad de maíz blanco INIAP 101 y maíz amarillo Guandango adquirida de los productores del sector de Natabuela, cantón Antonio Ante provincia de Imbabura
- 3.4.2. SELECCIONADO Y CLASIFICADO:** Se retiraron impurezas, tales como piedras, pajillas, granos dañados o picados, en forma manual y por inspección visual
- 3.4.3. PESADO:** En una balanza digital de precisión se pesaron las sustancias alcalinas en sus dosis pre establecidas. Se midió 2L de agua y 1000g de maíz para cada tratamiento.



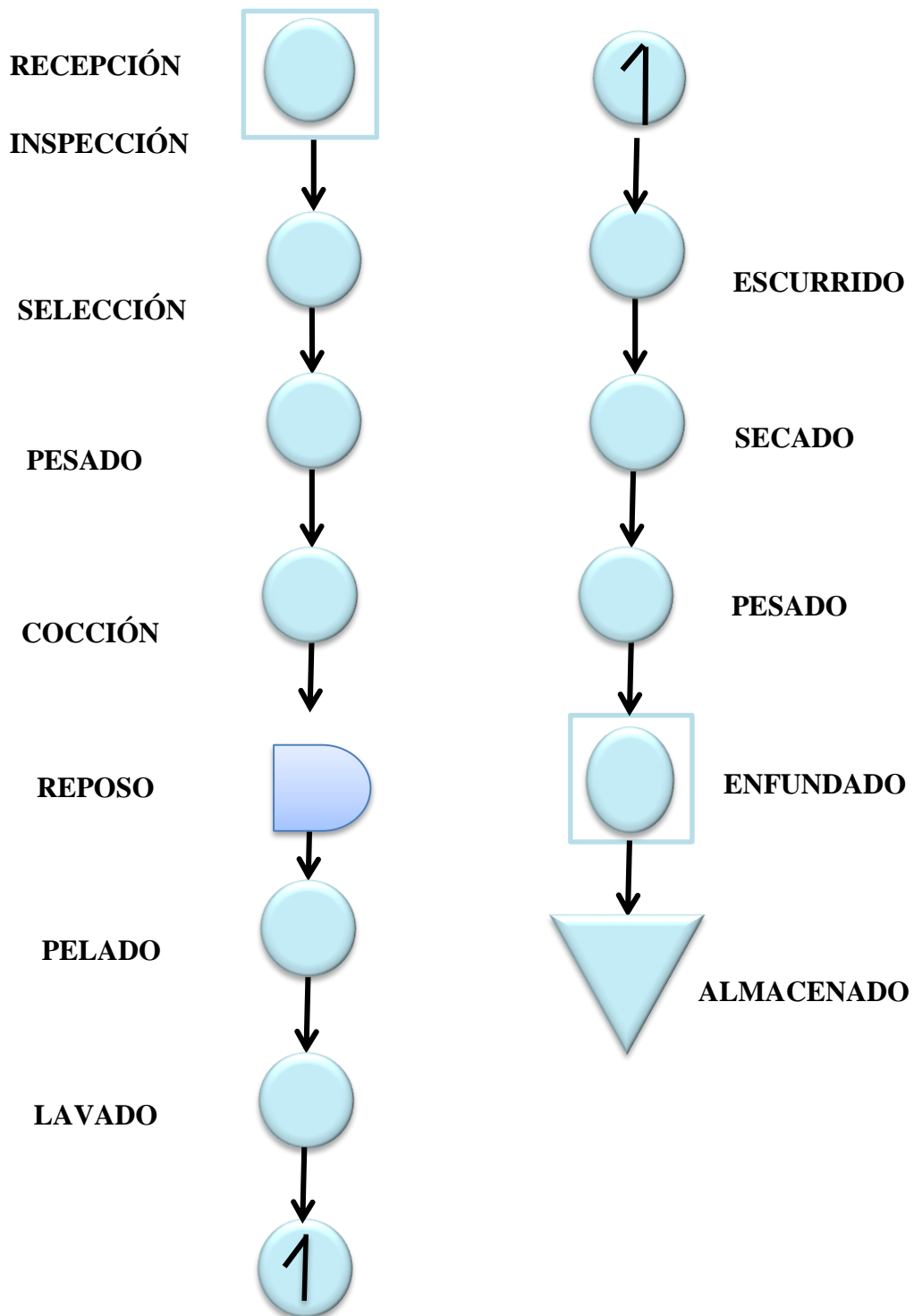
- 3.4.4. COCCIÓN:** En esta etapa del proceso se sometió a cocción la relación 2:1 (agua 2lt: grano maíz 1000 g) con la sustancia alcalina (cal, cementina, ceniza) por un lapso de 15 minutos agitando con la pala ocasionalmente. Se controló el tiempo tomado a partir de que se somete al calor. Se tomó la temperatura de ebullición y el pH al inicio y al final del proceso. En el caso del Hidróxido de sodio se realizó una etapa de inmersión que consistió en permitir que la solución alcance su punto de ebullición luego se retiró del fuego y se puso a inmersión al grano de maíz durante 5 minutos para luego ser llevado a la peladora mecánica. Mediante esta etapa podemos decir que las dosis del hidróxido de sodio son más altas debido a que el maíz no se lleva a cocción simplemente a una inmersión.
- 3.4.5. REPOSOS:** Consistió en dejar reposar por cinco minutos a los granos de maíz en llama baja, para que exista una uniformidad del mismo y se facilite el desprendimiento de la cutícula, esto en el caso de la cementina, cal, ceniza ya que a los tratados con el hidróxido de sodio pasaron a la peladora directamente sin esta etapa por su reacción inmediata.
- 3.4.6. PELADO:** Para el pelado el grano de maíz se colocó en la peladora mecánica durante 5 minutos, en esta etapa, se utilizó agua para el lavado y facilitar el desprendimiento de la cutícula. Aquí existen etapas combinadas, peladas, lavadas y escurridas, en esta etapa se realizó la recolección de la cutícula.
- 3.4.7. LAVADO:** se utilizó constantemente agua en la peladora para facilitar el desprendimiento de la cutícula del maíz, según el tratamiento dado.
- 3.4.8. ESCURRIDO:** Se escurre eliminando el excedente del agua en el maíz con la ayuda de un tamíz.
- 3.4.9. SECADO:** Este realizó en un secador de bandejas a una temperatura de 45°C por un lapso de 5 h hasta llegar a una humedad de 12 %.
- 3.4.10. SELECCIONADO:** en esta etapa se realizó la separación de los granos de maíz pelado de los no pelados.
- 3.4.11. PESADO:** Se pesó el producto obtenido para determinar el rendimiento y la eficiencia de las materias primas escogidas.
- 3.4.12. ENFUNDADO:** El maíz obtenido se lo conservó dentro de fundas de papel y a la vez éstas dentro de fundas de polipropileno (plásticas), para evitar que ésta absorba

la humedad del medio, y de igual forma mantenga sus propiedades nutritivas sin alteración alguna.

**3.4.13. ALMACENADO:** El maíz nixtamalizado enfundado y codificado se almacenó en un lugar alejado de la humedad o contaminación alguna asegurando su calidad.

El registro fotográfico del proceso de nixtamalización se encuentra en el **Anexo 3**.

### 3.5. DIAGRAMA DE PROCESOS PARA EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados que se muestran a continuación indican el comportamiento de las variables durante el proceso de nixtamalización de maíz.

#### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DESPUÉS DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN

Para determinar la eficiencia de nixtamalización del maíz, se utilizó 24 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, los resultados de análisis de varianza se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 14.** Análisis de varianza de rendimiento.

F. V.	GL	SC	CM	FC	FT	
					0,01	0,05
Total	71	1908				
Tratamientos	23	1901,79	82,69	639,16**	2,22	1,75
A	3	1842,94	614,31	4748,56**	4,24	2,81
B	2	20,48	10,24	79,15**	5,1	3,2
C	1	0,32	0,32	2,49 <sup>NS</sup>	7,22	4,05
AxB	6	30,88	5,15	39,78**	3,22	2,3
AxC	3	2,56	0,85	6,59**	4,24	2,81
BxC	2	1,7	0,85	6,56**	5,1	3,2
AxBxC	6	2,92	0,49	3,76**	3,22	2,3
Error Experimental	48	6,21	0,13			

Fuente: Elaborado por el Autor.

$$CV = 3,67\%$$

Una vez realizado el ADEVA se concluye que existe alta significación para tratamientos, para el factor A y B, y para las interacciones AxB, AxC, BxC y AxBxC; lo que nos indica que, los tratamientos los factores y las interacciones se comportan de distinta manera, a diferencia del factor C que no presenta significación estadística. Se realizó pruebas de Tukey para tratamientos, DMS para factores y gráficas para interacciones.

## 4.2. PRUEBA DE TUKEY PARA LA EFICIENCIA

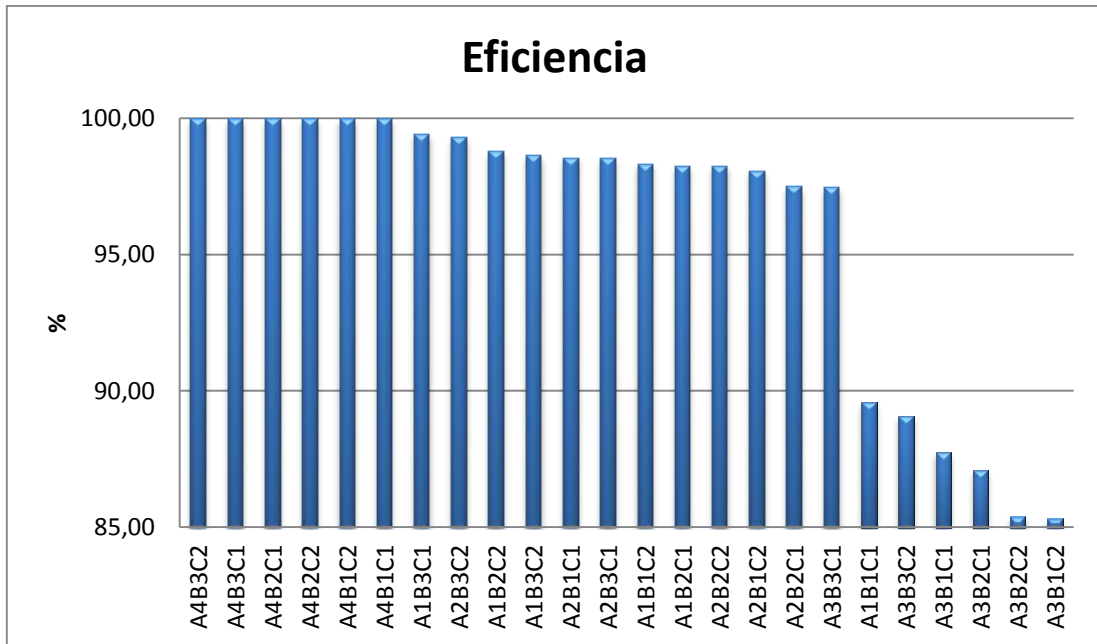
Al existir significación estadística para los tratamientos en el análisis de la varianza sobre eficiencia se procedió a realizar la prueba de tukey.

**Tabla 15.** Prueba de Tukey para la eficiencia

	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T1</b>	A4B1C1	100	a
<b>T2</b>	A4B1C2	100	a
<b>T3</b>	A4B2C1	100	a
<b>T4</b>	A4B2C2	100	a
<b>T5</b>	A4B3C1	100	a
<b>T6</b>	A4B3C2	100	a
<b>T7</b>	A2B2C1	99,42	a
<b>T8</b>	A2B3C2	99,31	a
<b>T9</b>	A2B1C1	98,78	b
<b>T10</b>	A1B2C1	98,64	b
<b>T11</b>	A1B2C2	98,55	b
<b>T12</b>	A2B3C1	98,55	b
<b>T13</b>	A1B3C1	98,33	b
<b>T14</b>	A1B1C1	98,26	b
<b>T15</b>	A2B2C2	98,26	b
<b>T16</b>	A1B3C2	98,07	b
<b>T17</b>	A1B1C2	97,5	c
<b>T18</b>	A2B1C2	97,46	c
<b>T19</b>	A3B3C2	89,58	d
<b>T20</b>	A3B3C1	89,07	e
<b>T21</b>	A3B2C2	87,74	f
<b>T22</b>	A3B2C1	87,1	f
<b>T23</b>	A3B1C2	85,39	g
<b>T24</b>	A3B1C1	85,31	g

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Al realizar la prueba de Tukey se encontró siete rangos diferentes, siendo los mejores tratamientos los del rango A, pertenecientes al NaOH y a la cementina ya que presentan los valores más altos de eficiencia de pelado del grano de maíz. Mediante este cuadro se determinó los mejores tratamientos para cada sustancia. Estos son: cal:T10-T11 cementina:T9-T12 ceniza:T20-T19 hidróxido de sodio :T3-T4.



**Gráfico 1.** Comportamiento de las medias para la eficiencia  
**Fuente:** Elaborado por el Autor.

### 4.3. PRUEBA DMS PARA FACTORES

Al existir significación estadística para los factores A, B, C, en el análisis de la varianza sobre la eficiencia se procedió a realizar la prueba de DMS

**Tabla 16.** Prueba DMS para factor A

	Medias	Rangos
A4	100	a
A2	98,63	b
A1	98,23	b
A3	87,37	c

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor A se concluye que el mejor rango es a (A4= NaOH), ya que presenta el valor más alto.

**Tabla 17.** Prueba DMS para factor B

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B3</b>	96,61	a
<b>B2</b>	96,22	a
<b>B1</b>	95,34	b

**Fuente:** Elaborado por el Autor.

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor B se concluye que el mejor rango es a (B3= dosis alta, B2= dosis media), ya que presentan el valor más alto.

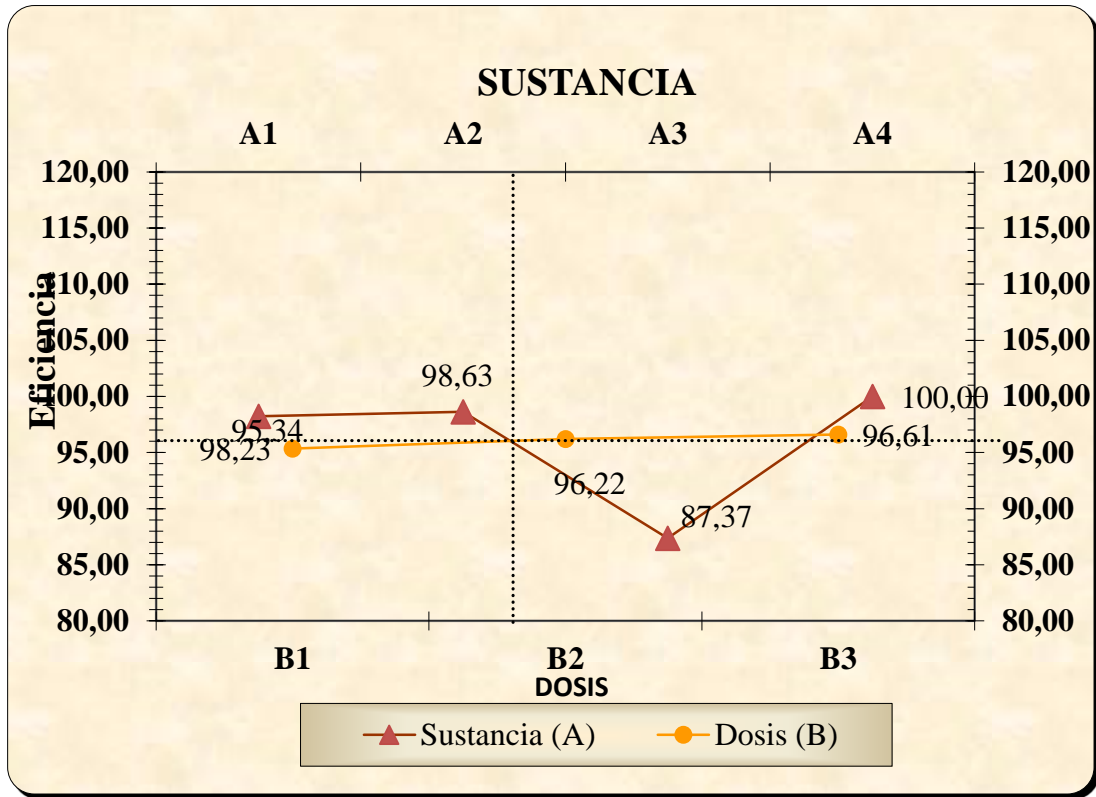
**Tabla 18.** Prueba DMS para factor C

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C1</b>	96,12	a
<b>C2</b>	95,99	a

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor C se encuentra un solo rango: a (C1= maíz blanco, B2= maíz amarillo).

**4.3.1. CUADRO DE INTERACCIONES PARA LA EFICIENCIA**

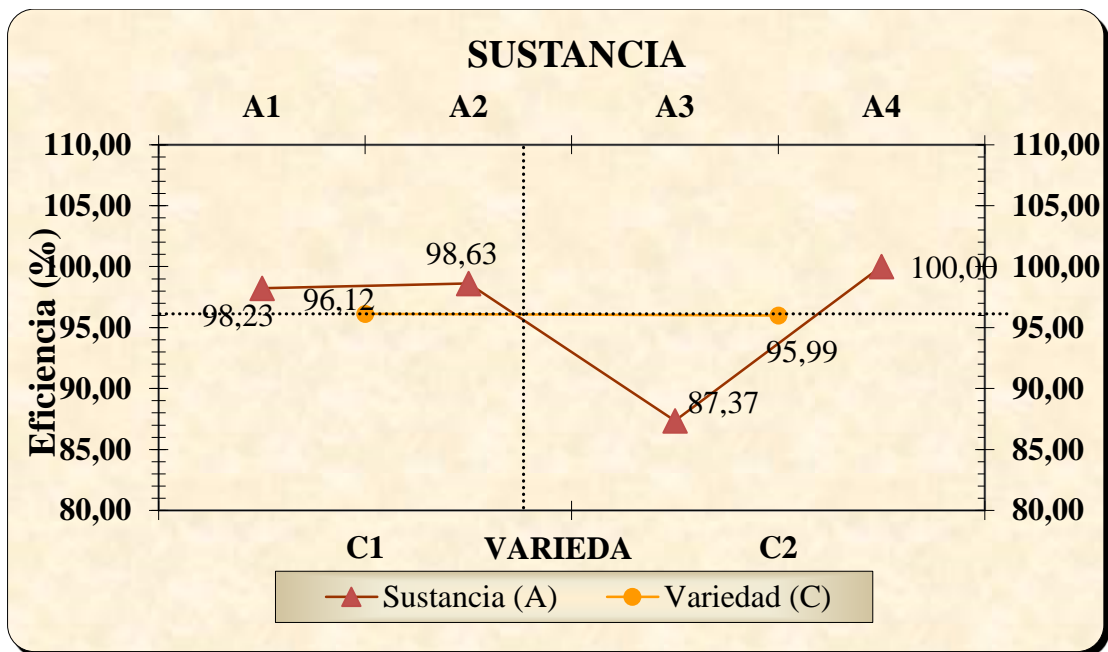


**Gráfico 2.** Interacción AxB

Fuente: Elaborado por el Autor

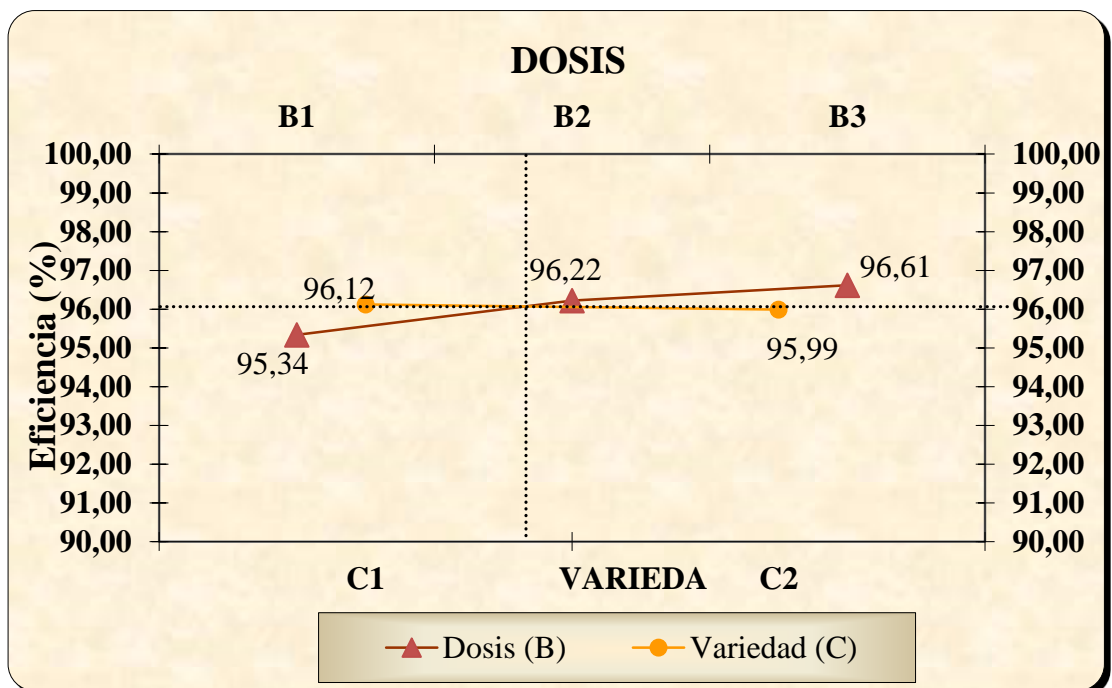
En el gráfico de esta interacción se puede observar que existe mayor eficiencia en el punto de intersección 96,00 utilizando cementina en una dosis media.





**Gráfico 3.** Interacción AxC  
Fuente: Elaborado por el Autor

En el gráfico de esta interacción se puede observar que existe mayor eficiencia en el punto de intersección 96,10 utilizando cementina y maíz blanco.



**Gráfico 4.** Interacción BxC  
Fuente: Elaborado por el Autor

En el gráfico de esta interacción se puede observar que existe mayor eficiencia en el punto de intersección 96,05 utilizando una dosis media de cualquier sustancia utilizada en esta investigación y maíz blanco.

#### 4.3.2. TABLA DE RESULTADOS DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS

Una vez realizado los análisis estadísticos se obtuvieron los mejores tratamientos que presentaron mayor eficiencia que se muestran a continuación:

**Tabla 19. Tratamientos de mayor eficiencia**

Nº	CÓDIGO	TRATAMIENTO	EFICIENCIA (%)
<b>T10</b>	A1B2C1	Cal +Dosis media+ Maíz blanco	98,64
<b>T11</b>	A1B2C2	Cal +Dosis media+ Maíz amarillo	98,55
<b>T9</b>	A2B2C1	Cementina +Dosis media+ Maíz blanco	99,42
<b>T12</b>	A2B3C2	Cementina +Dosis alta+ Maíz amarillo	99,31
<b>T20</b>	A3B3C1	Ceniza +Dosis alta + Maíz blanco	89,07
<b>T19</b>	A3B3C2	Ceniza +Dosis alta+ Maíz amarillo	89,58
<b>T3</b>	A4B2C1	Hidróxido de sodio + Dosis media + Maíz blanco	100
<b>T4</b>	A4B2C2	Hidróxido de sodio + Dosis media + Maíz amarillo	100

Fuente: Elaborado por el Autor

Mediante la presente investigación se pudo determinar que existe mayor eficiencia de nixtamalizado ( pelado) de maíz, al grano que se sometió a la solución de hidróxido de sodio ya que esta presentó una alta alcalinidad con valores altos de pH a diferencia de las otras sustancias, sin embargo no es recomendable porque desmejora las características físicas del grano al realizarse por medio de inmersión y no existir una etapa de cocción ya que esta permite la absorción de sus nutrientes, mientras que la cementina es considerada la mejor a utilizar porque produce un pH idóneo para la remoción de la cutícula y además las características nutricionales mejoran por existir la etapa de cocción permitiendo el ingreso de nutriente disueltos en el agua hacia el interior del almidón por el ablandamiento del pericarpio del maíz

#### 4.4. DETERMINACIÓN DEL pH INICIAL AL REALIZAR LA COCCIÓN DEL MAÍZ

Para determinar el pH inicial al realizar la cocción del maíz, se utilizó 24 tratamientos con 3 repeticiones cada uno.

**Tabla 20.** Análisis de varianza de pH inicial

F. V.	GL	SC	CM	FC	FT	
					0,01	0,05
Total	71	15,99				
Tratamientos	23	15,89	0,69	327,09**	2,22	1,75
A	3	14,88	4,96	2347,30**	4,24	2,81
B	2	0,42	0,21	98,86**	5,1	3,2
C	1	0,01	0,01	3,90 <sup>NS</sup>	7,22	4,05
AxB	6	0,52	0,09	41,41**	3,22	2,3
AxC	3	0,02	0,01	3,20*	4,24	2,81
BxC	2	0	0	0,92 <sup>NS</sup>	5,1	3,2
AxBxC	6	0,04	0,01	3,28**	3,22	2,3
Error Experimental	48	0,1	0			

Fuente: Elaborado por el Autor

CV= 1,32%

Una vez realizado el ADEVA se concluye que existe alta significación estadística para tratamientos, para los factores A y B, y para las interacciones AxB, AxBxC, y significancia estadística en la interacción AxC; lo que nos indica que los tratamientos, los factores y las interacciones se comportan de distinta manera, a diferencia del factor C que no presenta significación estadística. Se realizó pruebas de tukey para tratamientos, DMS para factores y gráficas para interacciones.

#### 4.5. PRUEBA DE TUKEY PARA pH INICIAL

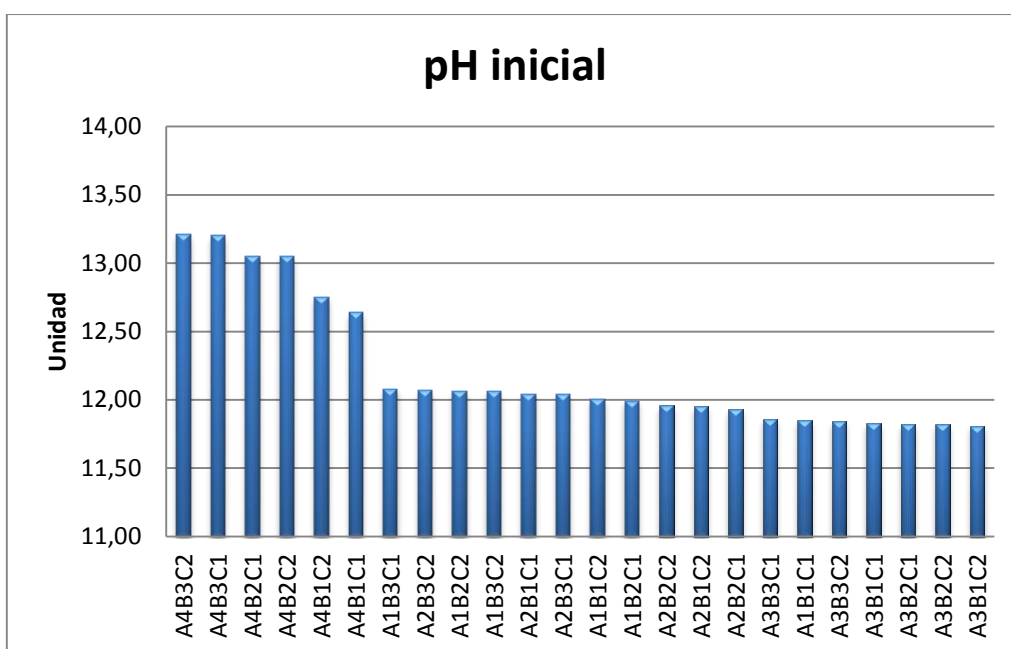
Al existir significación estadística para los tratamientos en el análisis de la varianza sobre pH inicial se procedió a realizar la prueba de tukey.

**Tabla 21.** Prueba de Tukey para pH inicial

	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T1	A4B3C2	13,21	a
T2	A4B3C1	13,2	a
T3	A4B2C1	13,05	b
T4	A4B2C2	13,05	b
T5	A4B1C2	12,75	c
T6	A4B1C1	12,64	d
T7	A1B3C1	12,08	e
T8	A2B3C2	12,07	e
T9	A1B2C2	12,06	e
T10	A1B3C2	12,06	e
T11	A2B1C1	12,04	e
T12	A2B3C1	12,04	e
T13	A1B1C2	12	e
T14	A1B2C1	11,99	e
T15	A2B2C2	11,96	e
T16	A2B1C2	11,95	e
T17	A2B2C1	11,93	f
T18	A3B3C1	11,86	f
T19	A1B1C1	11,85	f
T20	A3B3C2	11,84	f
T21	A3B1C1	11,83	f
T22	A3B2C1	11,82	f
T23	A3B2C2	11,82	f
T24	A3B1C2	11,81	f

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Al realizar la prueba de tukey se encontró seis rangos diferentes, siendo los tratamientos de rangos “A” los que presentan el valor más alto de pH.



**Gráfico 5.** pH inicial  
**Nota.** Fuente: Elaborado por el Autor

#### 4.5.1. PRUEBA DMS PARA FACTORES

Al existir significación estadística para los factores A, B, C, en el análisis de la varianza sobre el pH inicial se procedió a realizar la prueba de DMS.

**Tabla 22.** Prueba DMS para factor A.

Factores	Medias	Rangos
A4	12,98	a
A1	12,01	b
A2	12	b
A3	11,83	c

Fuente: Elaborado por el Autor.

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor A se concluye que el mejor rango es a (A4= NaOH), ya que presenta el valor más alto.

**Tabla 23.** Prueba DMS para factor B

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B3</b>	12,29	a
<b>B2</b>	12,21	a
<b>B1</b>	12,11	b

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor B se concluye que el mejor rango es a (B3= dosis alta, B2= dosis media), ya que presentan el valor más alto.

**Tabla 24.** Prueba DMS para factor C

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C2</b>	12,22	a
<b>C1</b>	12,19	a

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor C se encuentra un solo rango: a (C1= maíz blanco, B2= maíz amarillo).

4.5.2. CUADRO DE INTERACCIONES PARA EL pH INICIAL

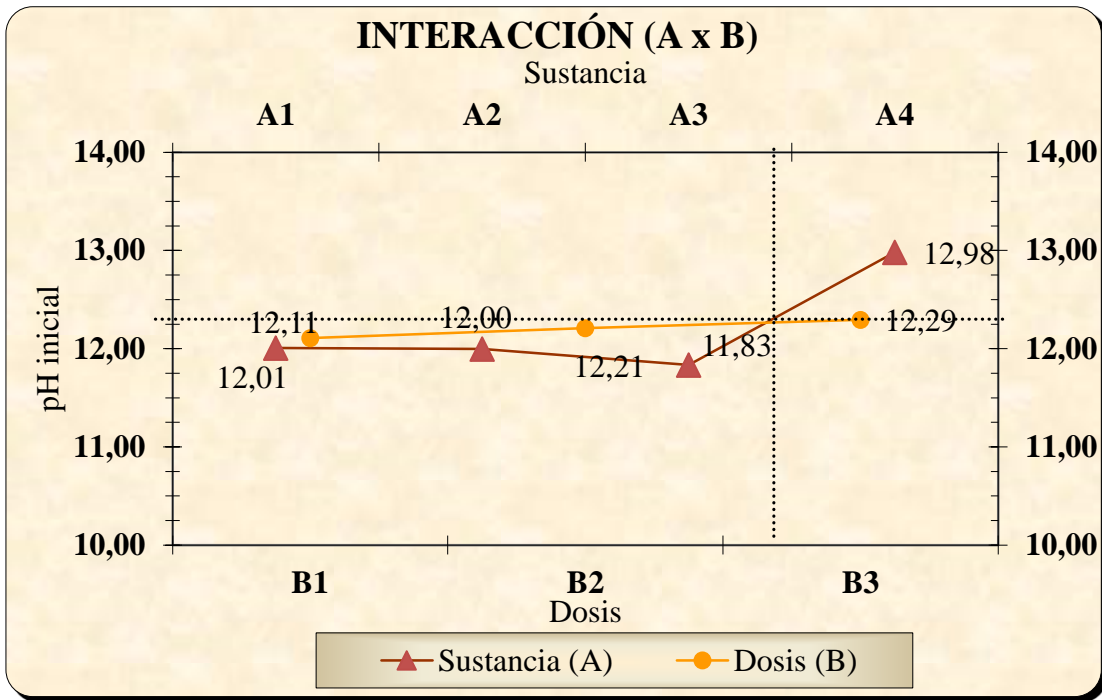


Gráfico 6. Interacción AxB  
Fuente: Elaborado por el Autor

En el gráfico de esta interacción se puede observar que existe una mejora del pH en el punto de intersección 12,30 utilizando ceniza con dosis alta.

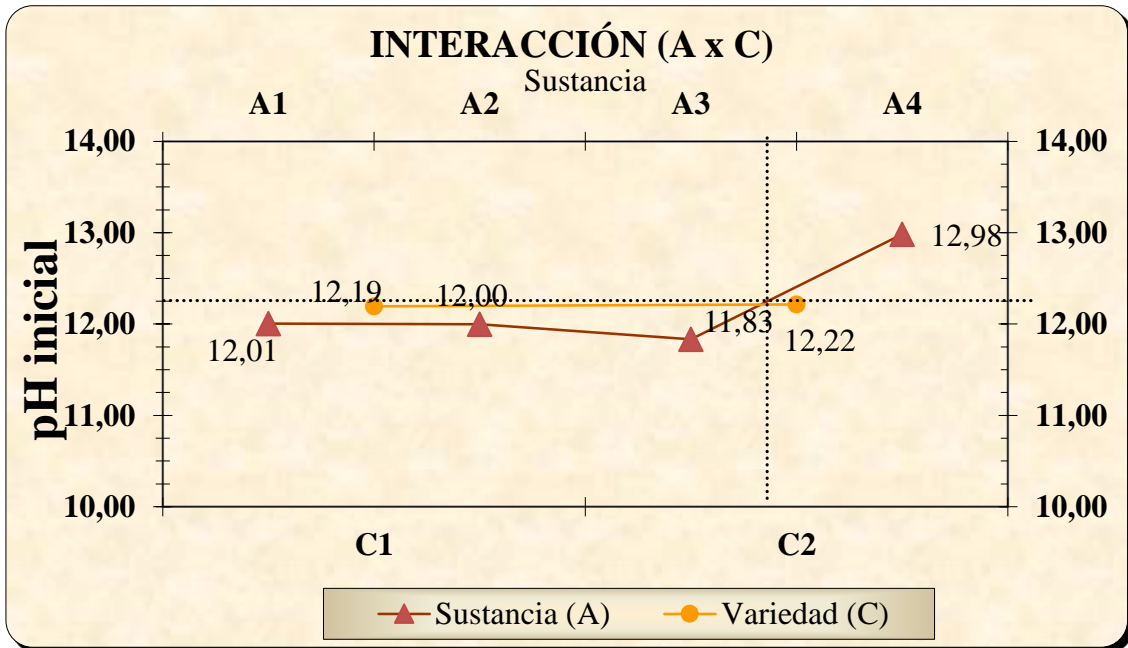


Gráfico 7. Interacción AxC  
Fuente: Elaborado por el Autor

En el gráfico de esta interacción se puede observar que existe una estabilidad del pH en el punto de intersección 12,25 utilizando ceniza en cualquier dosis utilizada en la investigación con maíz amarillo.

#### 4.6. DETERMINACIÓN DE pH FINAL AL TERMINAR LA COCCIÓN DE MAÍZ

Para determinar el pH final en la nixtamalización del maíz, se utilizó 24 tratamientos con 3 repeticiones cada uno.

**Tabla 25.** Análisis de varianza de pH final

F. V.	GL	SC	CM	FC	FT	
					0,01	0,05
Total	71	21,76				
Tratamientos	23	21,32	0,93	100,38**	2,22	1,75
A	3	19,51	6,5	704,43**	4,24	2,81
B	2	0,8	0,4	43,44**	5,1	3,2
C	1	0	0	0,13 <sup>NS</sup>	7,22	4,05
AxB	6	0,94	0,16	17,01**	3,22	2,3
AxC	3	0,01	0	0,34 <sup>NS</sup>	4,24	2,81
BxC	2	0,02	0,01	1,26 <sup>NS</sup>	5,1	3,2
AxBxC	6	0,03	0	0,47 <sup>NS</sup>	3,22	2,3
Error Experimental	48	0,44	0,01			

Fuente: Elaborado por el Autor

CV= 2,74%

Una vez realizado el ADEVA se concluye que existe alta significación estadística para Tratamientos, para los factores A y B, y para las interacciones AxB lo que quiere decir que los tratamientos, los factores y las interacciones señaladas se comportan de distinta manera, a diferencia del factor C, la interacción AxC, BxC, y AxBxC que no presentan significación estadística. Se realizó pruebas de tukey para tratamientos, DMS para factores y gráficas para interacciones.



#### 4.7. PRUEBA DE TUKEY PARA pH FINAL

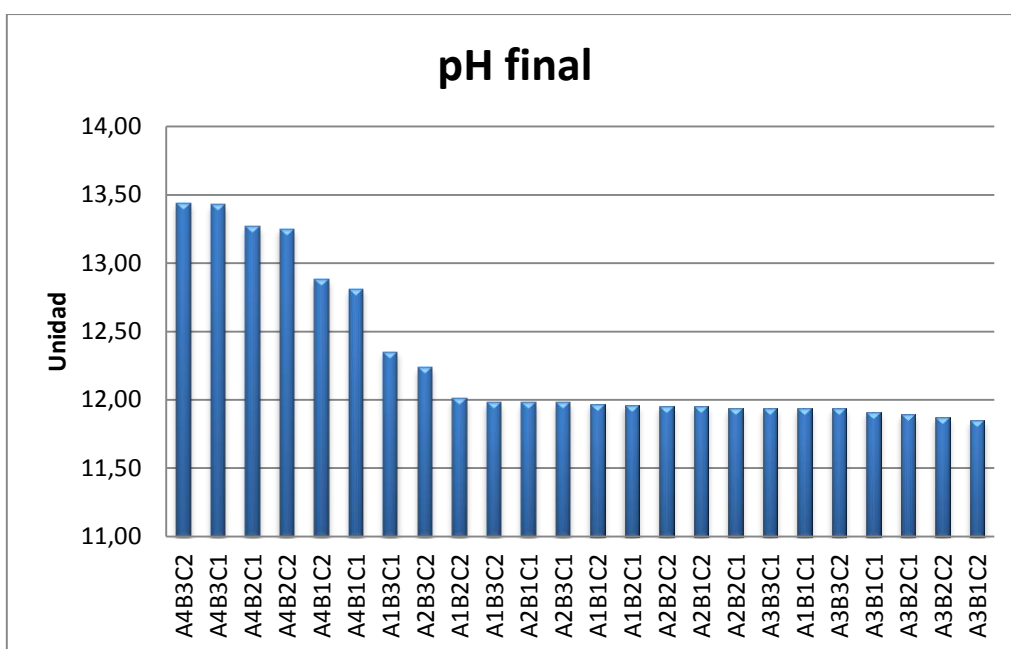
Al existir significación estadística para los tratamientos en el análisis de la varianza sobre pH final se procedió a realizar la prueba de tukey.

**Tabla 26.** Prueba de Tukey para pH final

	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
T1	A4B3C2	13,44	a
T2	A4B3C1	13,43	a
T3	A4B2C1	13,27	a
T4	A4B2C2	13,25	a
T5	A4B1C2	12,88	b
T6	A4B1C1	12,81	c
T7	A1B3C1	12,35	d
T8	A2B3C2	12,24	e
T9	A1B2C2	12,01	e
T10	A1B3C2	11,98	f
T11	A2B1C1	11,98	f
T12	A2B3C1	11,98	f
T13	A1B1C2	11,97	f
T14	A1B2C1	11,96	f
T15	A2B2C2	11,95	f
T16	A2B1C2	11,95	f
T17	A2B2C1	11,94	f
T18	A3B3C1	11,94	f
T19	A1B1C1	11,94	f
T20	A3B3C2	11,94	f
T21	A3B1C1	11,91	f
T22	A3B2C1	11,89	f
T23	A3B2C2	11,87	f
T24	A3B1C2	11,85	f

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Al realizar la prueba de Tukey se encontró seis rangos diferentes, siendo los del tratamiento “A” los que presentan el valor más alto los tratados con el NaOH.



**Gráfico 8.** pH final  
 Nota. Fuente: Elaborado por el Autor

#### 4.7.1. PRUEBA DMS PARA FACTORES

Al existir significación estadística para los factores A en el análisis de la varianza sobre el pH final se procedió a realizar la prueba de DMS.

**Tabla 27.** Prueba DMS para factor A

Factores	Medias	Rangos
A4	13,18	a
A1	12,03	b
A3	11,96	b
A2	11,95	b

Fuente: Elaborado por el Autor

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor A se concluye que el mejor rango es a (A4= NaOH), ya que presenta el valor más alto.

**Tabla 28.** Prueba DMS para factor B

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>B3</b>	12,42	a
<b>B2</b>	12,26	a
<b>B1</b>	12,16	b

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor B se concluye que el mejor rango es a (B3= dosis alta, B2= dosis media), ya que presentan el valor más alto.

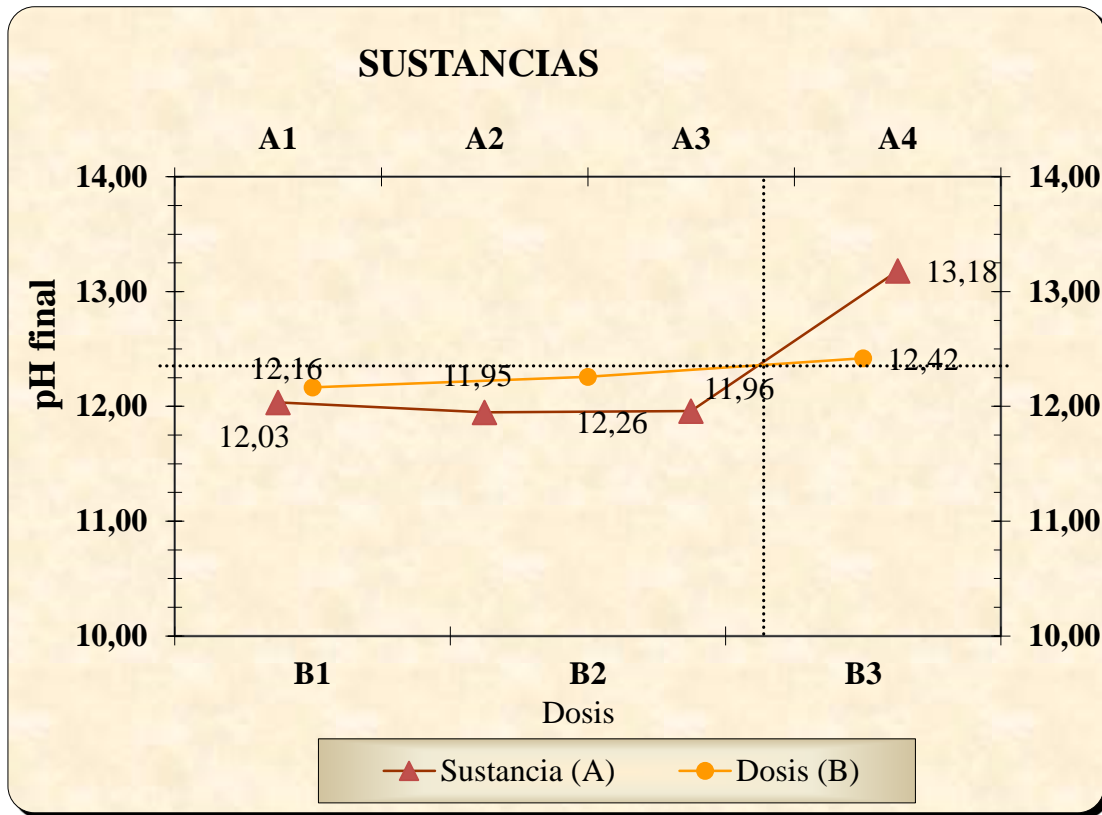
**Tabla 29.** Prueba DMS para factor C

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>C1</b>	12,28	b
<b>C2</b>	12,28	b

**Fuente:** Elaborado por el Autor

Una vez realizadas las pruebas de DMS para el factor C se encuentra un solo rango: a (C1= maíz blanco, B2= maíz amarillo).

#### 4.7.2. CUADRO DE INTERACCIONES DE pH FINAL



**Gráfico 9.** Interacción AxB .  
Fuente: Elaborado por el Autor

En el gráfico de esta interacción se puede observar que existe una estabilidad del pH en el punto de intersección 12,30 utilizando ceniza con dosis alta.

Obtenidos los respectivos resultados se puede determinar que existe un aumento significativo del pH de un nivel de 7 que posee el agua a un nivel de 11 a 13,44 que presenta la solución al inicio y al final de la etapa de cocción debido a la aplicación de las diferentes sustancias alcalinas y al ser sometida al calor, demostrándonos que existe mayor degradación de la cutícula en soluciones con un nivel de ph altamente básico en presencia de calor mediante una etapa de cocción.

## 4.8. RESULTADOS FÍSICOS QUÍMICOS

Las tablas siguientes indican los resultados de los análisis físico – químicos, realizados a los mejores tratamientos de maíz blanco y amarillo pelado y sin pelar y de igual manera a la cutícula de maíz natural y al sometido al proceso químico con las sustancias alcalinas.

### -Tabla de resultados físico químico maíz blanco

**Tabla 30.** Resultados Fisico Químico Maíz Blanco

	Unidad	Sin pelar	Cal	Cementina	Ceniza	Na OH
<b>Fibra</b>	%	3,28	3,22	3,2	3	2,6
<b>Calcio</b>	%	< 0,10	11,35	12	3,3	< 0,10
<b>Sodio</b>	(mg/100g)	17,00 (mg/100g)	0,30 (mg/100g)	0,60 (mg/100g)	<0,1 (mg/100g)	1.70 (mg/100g)
<b>Potasio</b>	(mg/100g)	255,00 (mg/100g)	4,50 (mg/100g)	9,00 (mg/100g)	16,00 (mg/100g)	28,00 (mg/100g)

En esta tabla nos indica que existe aumento significativo en el contenido de calcio (Ca) tanto para el maíz blanco como para el amarillo de 0,10 a 11,35 con cal, a 12 con cementina y a 3,3 con ceniza, ya que estas sustancias tienen mayor contenido de este mineral y al existir la cocción produce la degradación de la cutícula protectora y el ablandamiento del endospermo lo que genera el ingreso de los iones de Ca disueltos en el agua hacia interior de grano, la fibra se mantiene y el sodio (Na), potasio (K) bajaron ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior (almidón) del grano y terminó en la mezcla de agua residual por su gran solubilidad.

### -Tabla de resultados físico químico maíz amarillo

**Tabla 31.** Resultados Fisico Químico Maiz Amarillo

	Unidad	Sin pelar	Cal	Cementina	Ceniza	Na OH
<b>Fibra</b>	%	2,9	2,7	2,45	2,85	2,7
<b>Calcio</b>	%	< 0,10	10,96	12,6	4,2	< 0,10
<b>Sodio</b>	(mg/100g)	15,00(mg/100g)	0,13(mg/100g)	0,92(mg/100g)	<0,1(mg/100g)	1.70(mg/100g)
<b>Potasio</b>	(mg/100g)	225,00(mg/100g)	2,00(mg/100g)	13,80(mg/100g)	14,00(mg/100g)	25,50(mg/100g)

Fuente: Elaborado por el Autor

En esta tabla existe aumento significativo de calcio con la utilización cal y cementina, en menor porcentaje con la ceniza, la fibra se mantiene, el sodio y el potasio bajaron ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior (almidón) del grano y terminó en la mezcla de agua residual por su gran solubilidad.

**-Tabla de resultados físico químico cutícula maíz blanco**

**Tabla 32.** Resultados Fisico Quimico Cutícula Maiz Blanco

	Unidad	Sin pelar	Cal	Cementina	Ceniza	Na OH
<b>Fibra</b>	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
<b>Calcio</b>	%	0,1	14	14,8	5,7	< 0,10
<b>Sodio</b>	(mg/100g)	0,72(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	0,64(mg/100g)
<b>Potasio</b>	(mg/100g)	10,80(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	9,60(mg/100g)

**Fuente:** Elaborado por el Autor

En esta tabla se observa que existe un aumento significativo de calcio en la cutícula con la utilización de cementina, cal y ceniza, ya que aquí se forma el neyojo que es la mezcla de residuos de la sustancia alcalina, cutícula y agua, mientras que se mantiene la fibra y el sodio, el potasio bajó ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior (almidón) del grano.

**-Tabla de resultados físico químico cutícula maíz amarillo**

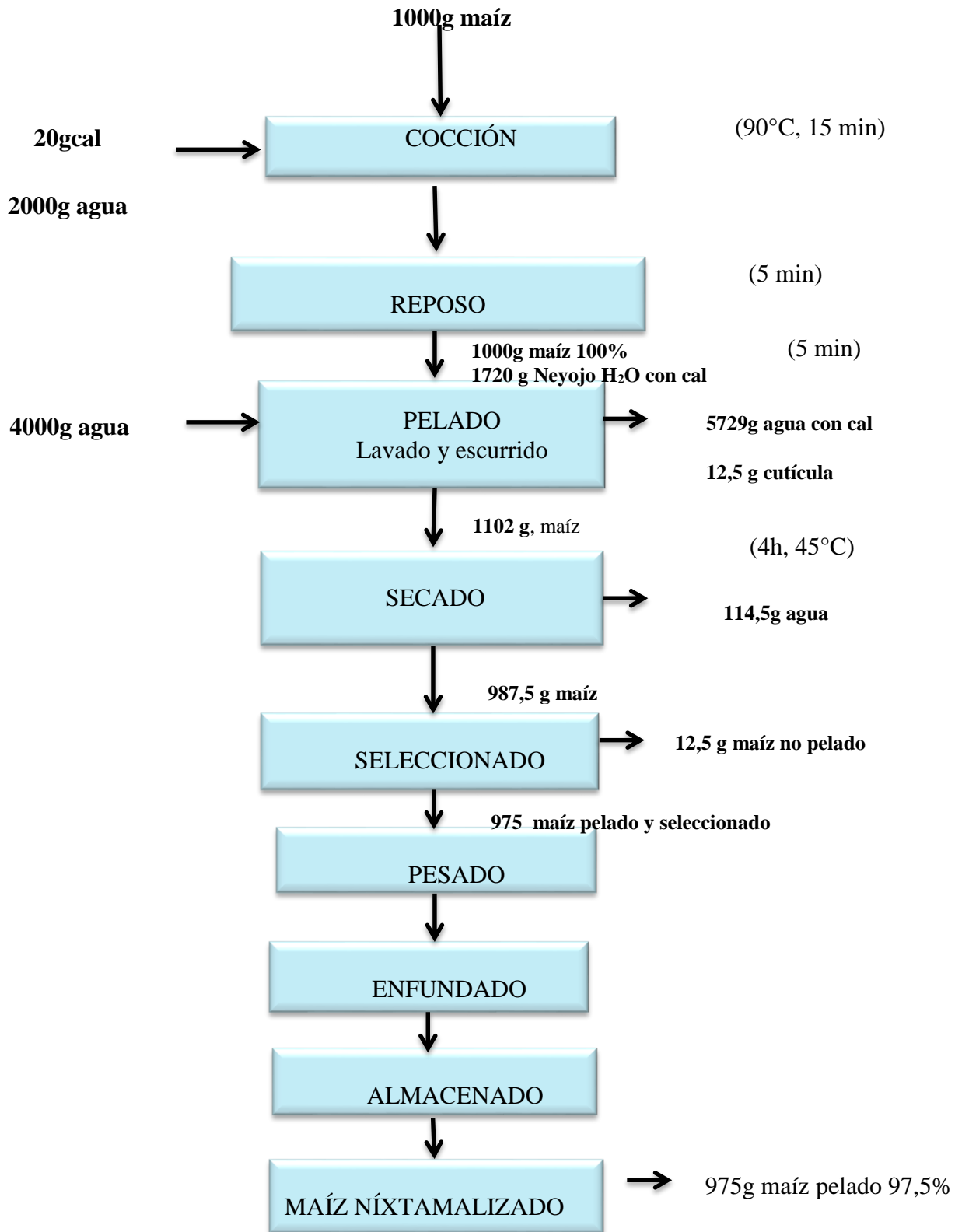
**Tabla 33.** Resultados Fisico Quimico Cutícula Maiz Amarillo

	Unidad	Sin pelar	Cal	Cementina	Ceniza	Na OH
<b>Fibra</b>	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
<b>Calcio</b>	%	0,15	14,8	19,5	1,4	< 0,10
<b>Sodio</b>	(mg/100g)	0,60(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	0,45(mg/100g)
<b>Potasio</b>	(mg/100g)	9,00(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	<0,10(mg/100g)	8,80(mg/100g)

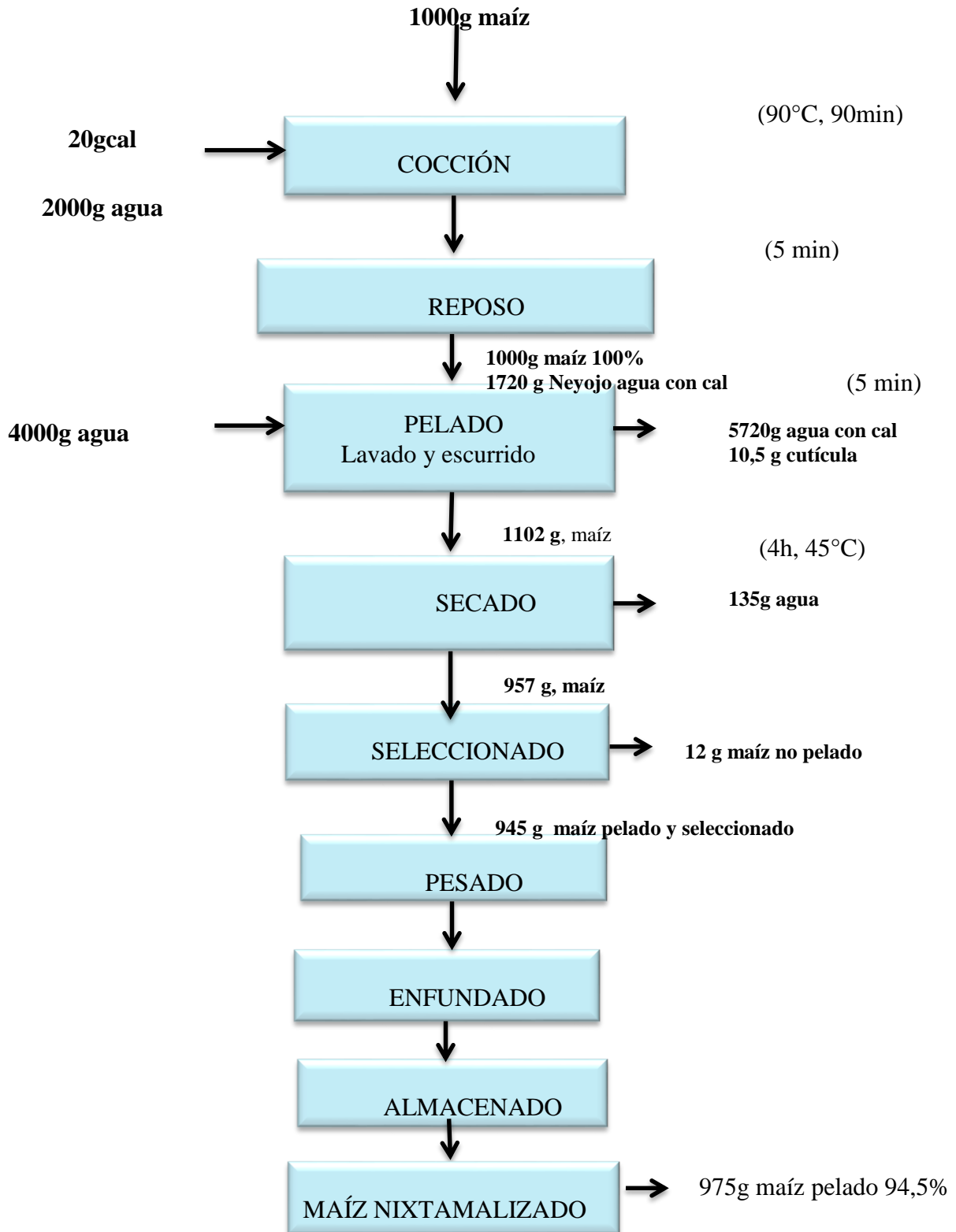
**Fuente:** Elaborado por el Autor

En esta tabla se observa que existe un aumento significativo de calcio con la cementina, cal y ceniza por la formación del neyojo, el hidróxido de sodio desmejora algunos de estos minerales en las diferentes tablas.

**4.9. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ BLANCO CON CAL (BALANCE DE MASA)**

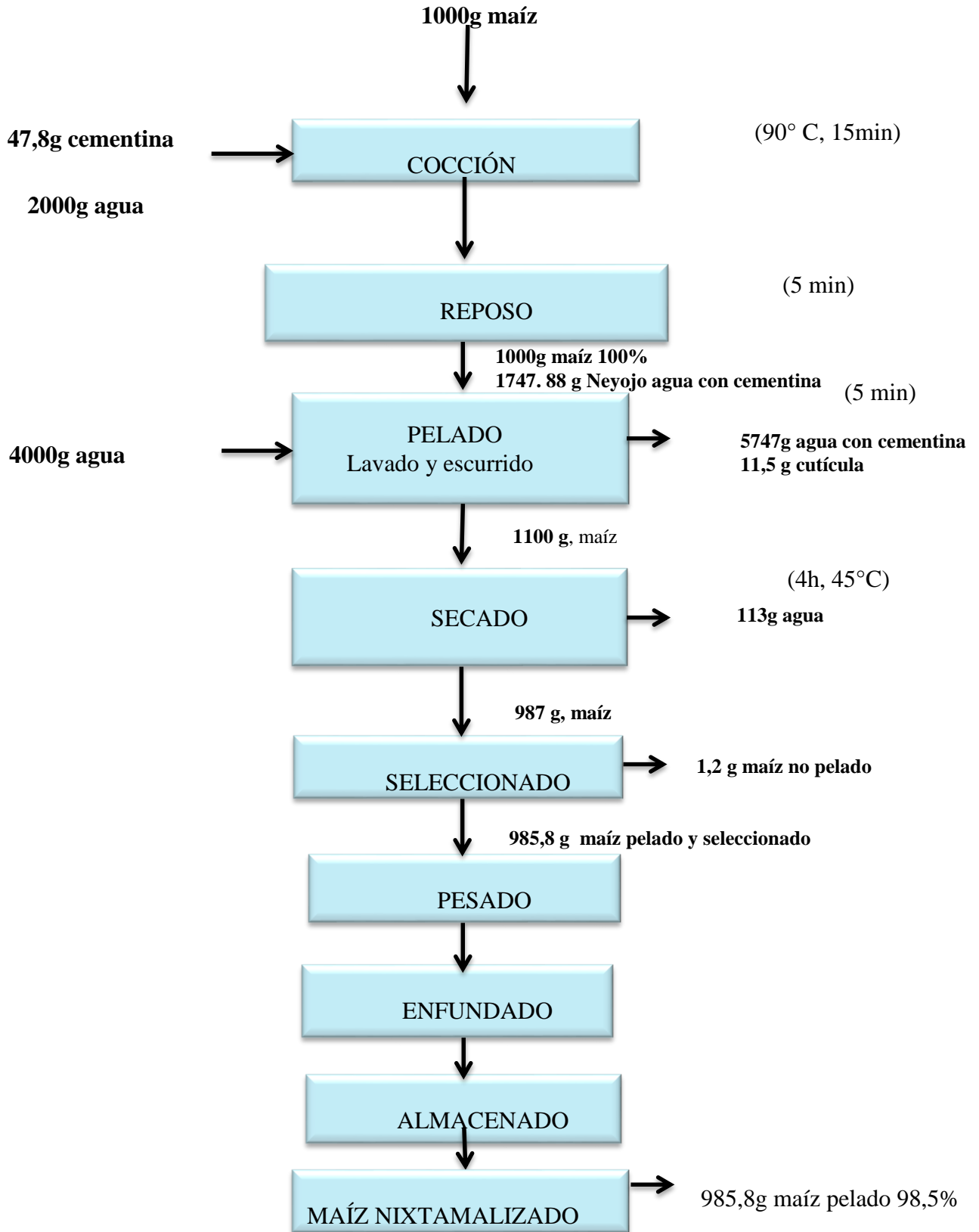


**4.10. DIAGRAMA DE FLUJO PARA REALIZAR EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ AMARILLO CON CAL (BALANCE DE MASA)**

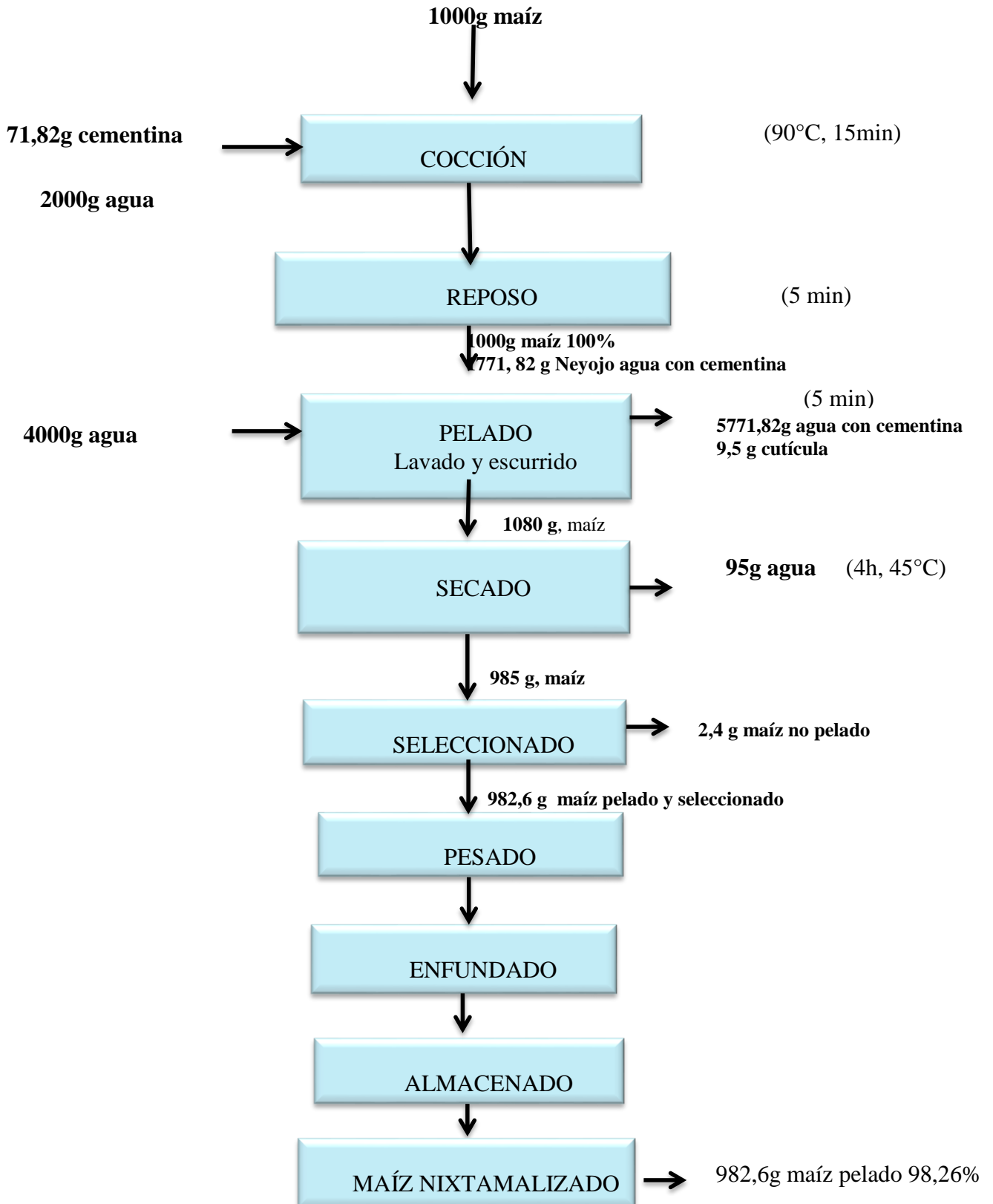




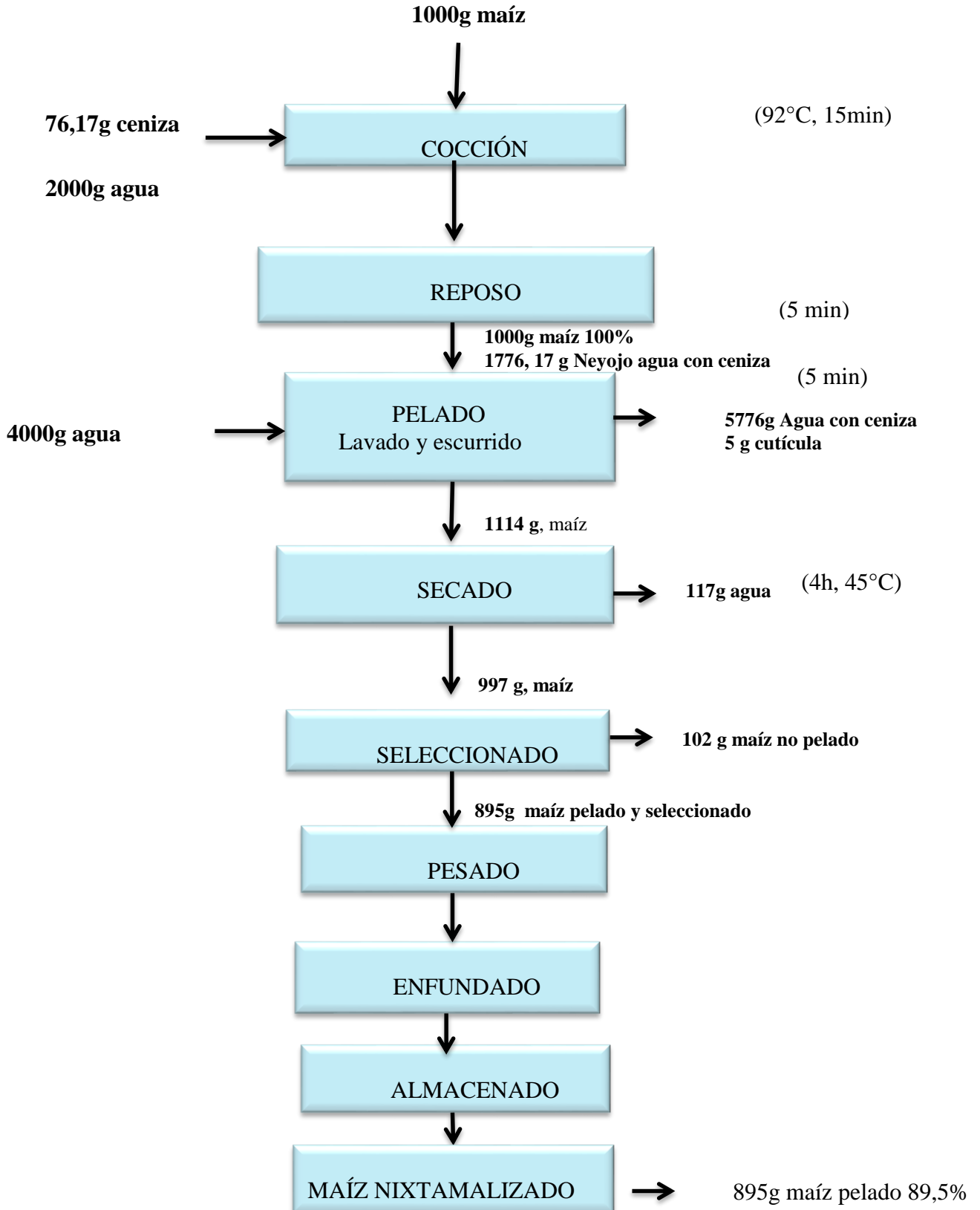
**4.11. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ BLANCO CON CEMENTINA (BALANCE DE MASA)**



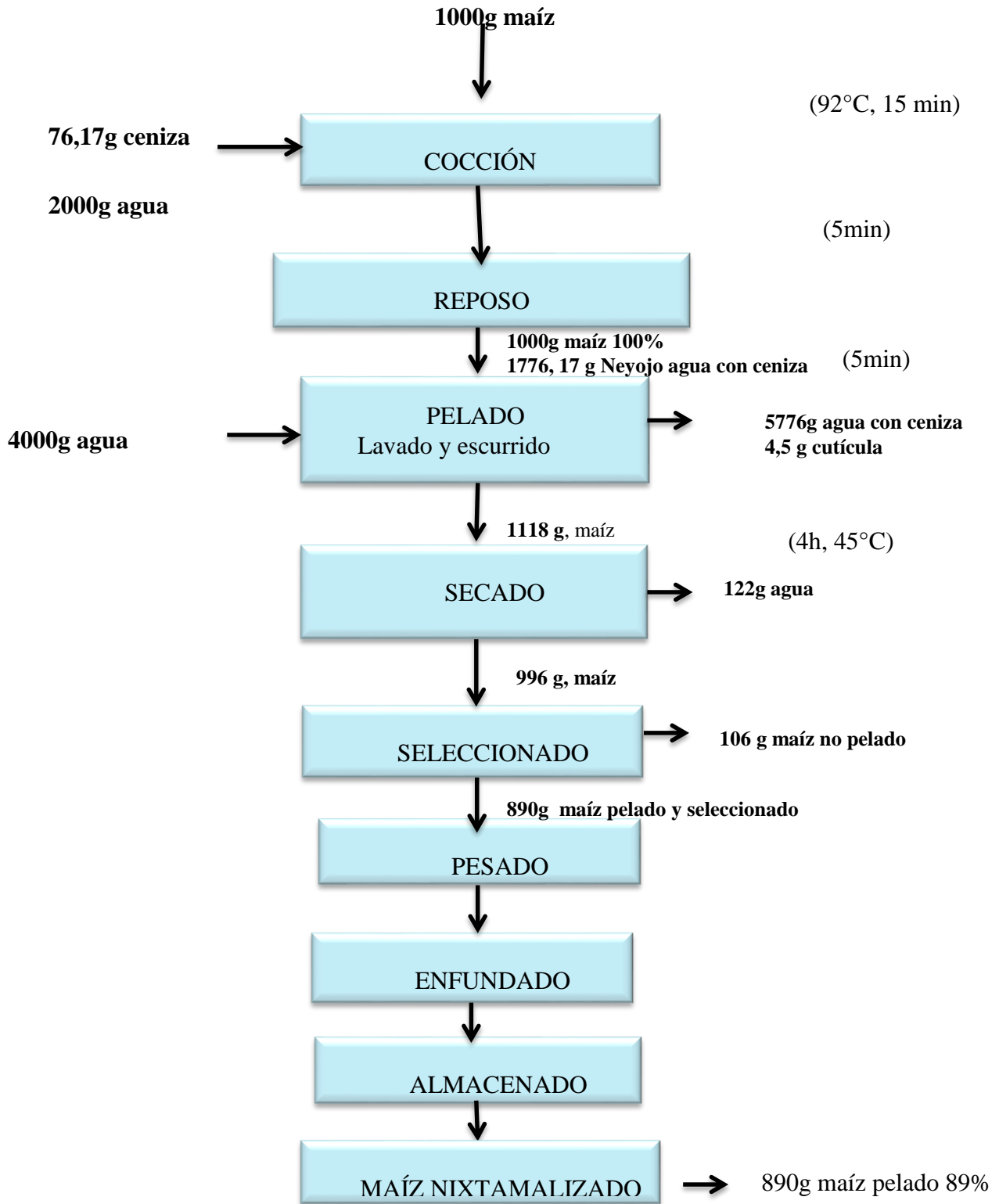
**4.12. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ AMARILLO CON CEMENTINA (BALANCE DE MASA)**



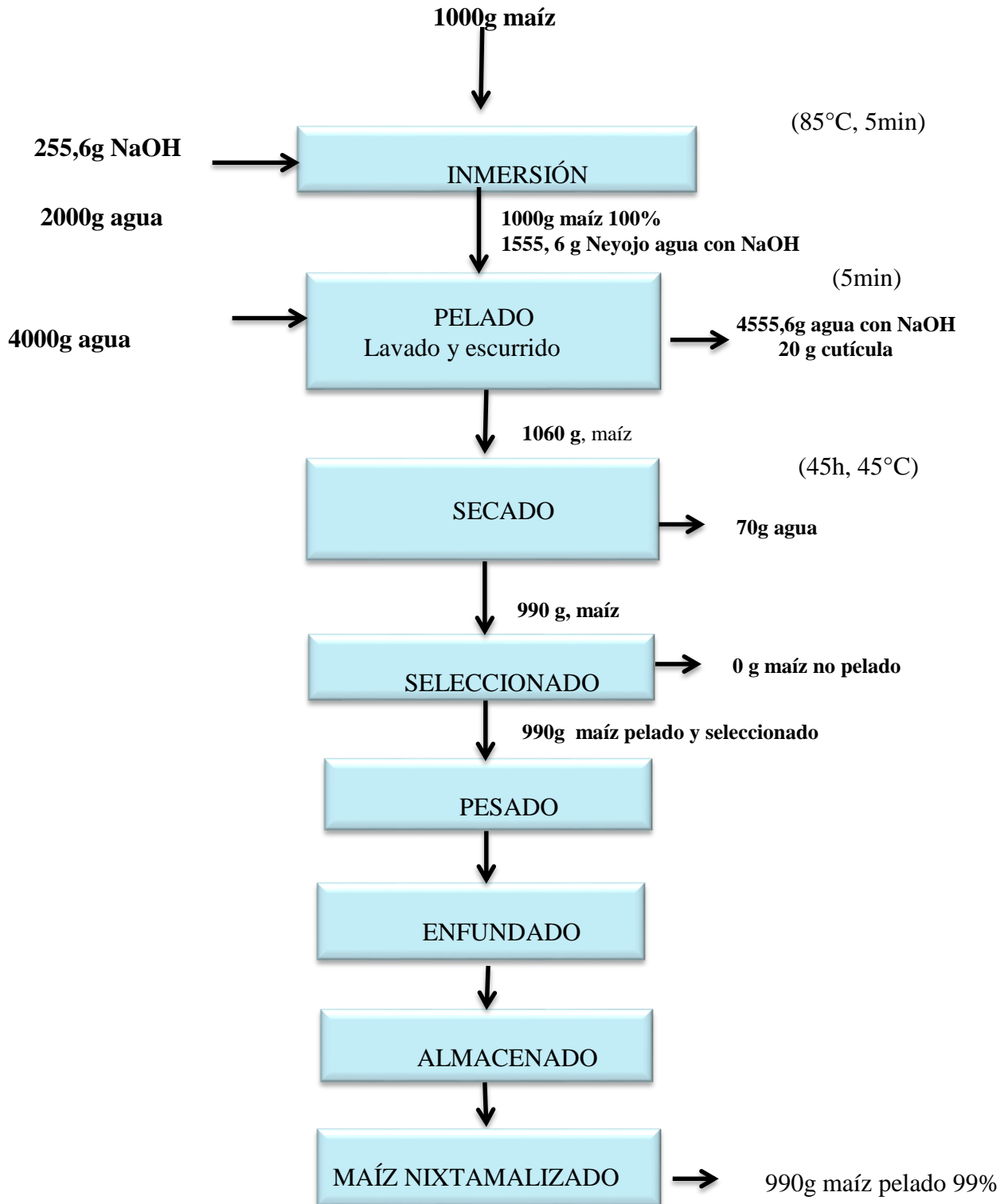
**4.13. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ BLANCO CON CENIZA (BALANCE DE MASA)**



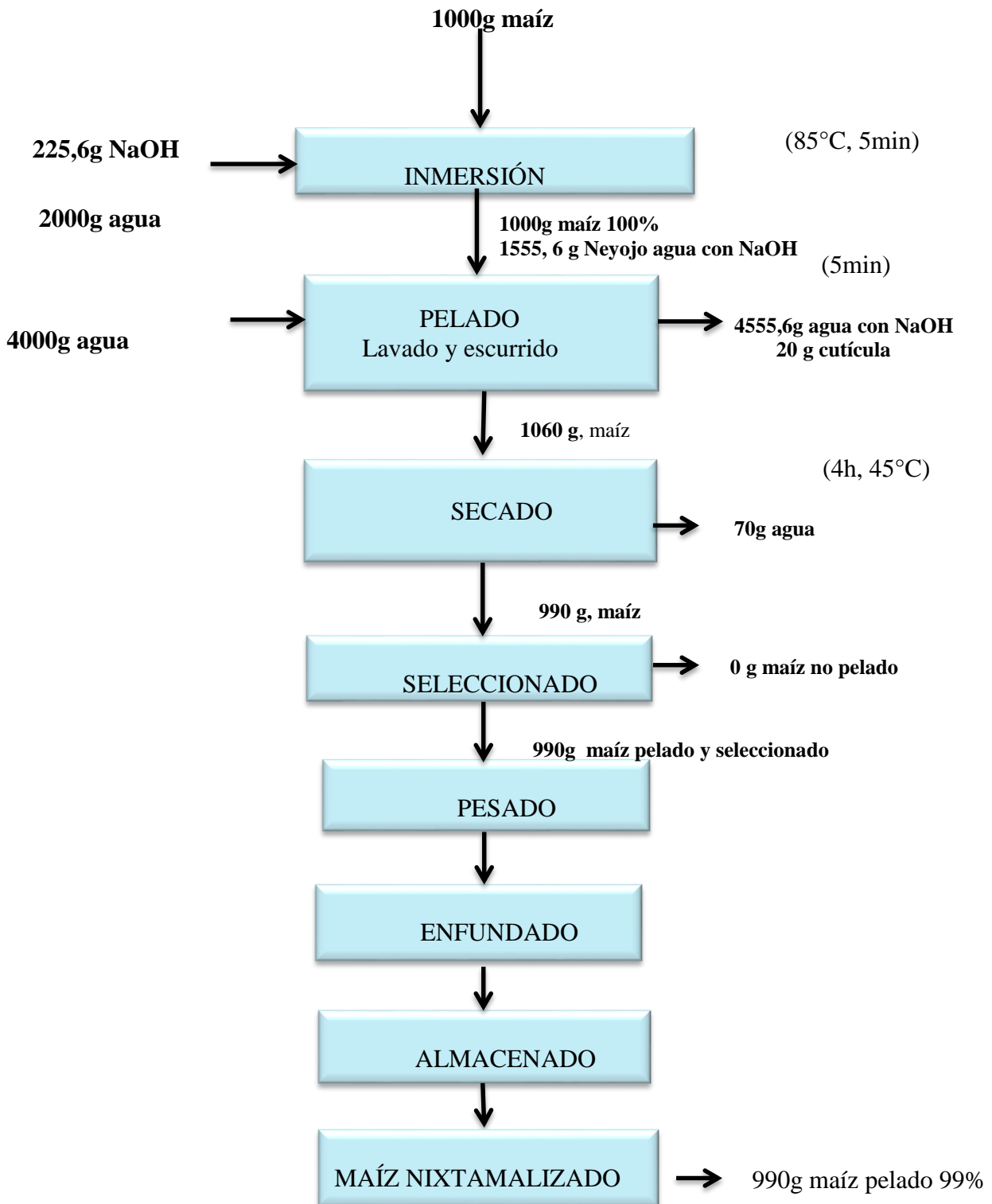
**4.14. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ AMARILLO CON CENIZA (BALANCE DE MASA)**



**4.15. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ BLANCO CON NaOH (BALANCE DE MASA)**



**4.16. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL NIXTAMALIZADO DE MAÍZ AMARILLO CON NaOH (BALANCE DE MASA)**



#### 4.17. PORCENTAJES ADECUADOS PARA UTILIZACIÓN DE LAS SUSTANCIAS ALCALINAS PARA REALIZAR EL PROCESO DE NIXTAMALIZADO

Las tablas siguientes muestran los adecuados porcentajes que se debe emplear para realizar un proceso eficiente de nixtamalización, para el maíz blanco y amarillo que se muestran a continuación:

**Tabla 34.** Porcentaje a utilizar

PORCENTAJES A UTILIZAR				
MAÍZ BLANCO				
Sustancia	Dosis%	Maíz%	H <sub>2</sub> O%	100%
Cal	0,66	33,11	66,23	100%
Cementina	1,57	32,81	65,62	100%
Ceniza	2,48	32,51	65,02	100%
NaOH	7,85	30,72	61,43	100%

Fuente: Elaborado por el Autor

**Tabla 35.** Porcentaje a utilizar

PORCENTAJES A UTILIZAR				
MAÍZ AMARILLO				
Sustancia	Dosis %	Maíz %	H <sub>2</sub> O %	100%
Cal	0,66	33,11	66,23	100%
Cementina	2,34	32,55	65,11	100%
Ceniza	2,48	32,51	65,02	100%
NaOH	7,85	30,72	61,43	100%

Fuente: Elaborado por el Autor

#### 4.18. COSTOS DE PROCESAMIENTO

Detalle	Sustancias Alcalinas		Maíz (1000g)	Servicios básicos	Mano de obra	Total
	Cantidad (g)	Precio	Precio	Precio	Precio	Precio
Cementina Maíz Blanco	47,88	0,01	0,77	0,5	1	2,28
Cementina maíz amarillo	71,82	0,02	0,66	0,5	1	2,18
Cal Maíz Blanco	20	0,02	0,77	0,5	1	2,74
Cal Maíz Amarillo	20	0,02	0,66	0,5	1	2,21
Ceniza Maíz Blanco	76,17	0,42	0,77	0,5	1	2,69
Ceniza Maíz Amarillo	76,17	0,42	0,66	0,5	1	2,58
Na OH Maíz Blanco	255,6	10,22	0,77	0,5	1	12,49
Na OH Maíz Amarillo	255,6	10,22	0,66	0,5	1	12,38
Preciototal	39,55					

Fuente: Elaborado por el Autor

**Nota:** La cementina es la sustancia alcalina más recomendable a utilizar en cuanto a costos y eficiencia.



## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

Del presente trabajo de investigación se puede expresar las siguientes conclusiones:

- Evaluadas las dosis de las distintas sustancias alcalinas en el proceso de nixtamalizado, se determinó que las más adecuadas para la remoción de la cutícula son: el Hidróxido de Sodio con el tratamiento T3 (NaOH-dosis media-maíz blanco) T4 (NaOH-dosis media-maíz amarillo) y la cementina con el T19 (cementina - dosis media - maíz blanco) T12 (cementina - dosis alta - maíz amarillo), por presentar la más alta eficiencia.
- Los resultados más altos de eficiencia para realizar el nixtamalizado fueron los realizados con hidróxido de sodio, maíz blanco y amarillo obteniendo el 100% y con la utilización de cementina para el maíz blanco fue de 99,42% y amarillo del 99,31%.
- Para realizar el proceso de nixtamalizado se determinó que el porcentaje adecuado de hidróxido de sodio en el maíz blanco y amarillo es de 7,85% y cementina en el maíz blanco es de 1,57% y amarillo de 2,34%, ya que estos tratamientos obtuvieron mejores resultados.
- Realizado los análisis físico-químicos sobre los mejores tratamientos se estableció, que existe aumento significativo en el contenido de calcio en el maíz blanco y amarillo de 0,10% a 11 - 13 % con la utilización de cal, ceniza y cementina. El sodio y potasio disminuyeron ya que no existió la asimilación de estos minerales hacia el interior del grano.

- La utilización de hidróxido de sodio en el nixtamalizado de maíz no provoca incremento de minerales en el grano al contrario existe pérdida de fibra, calcio, sodio y potasio.
- Existe mayor degradación de la cutícula en niveles básicos de pH entre 11,5 – 14.
- Mediante el costo beneficio para realizar el proceso de nixtamalizado la sustancia más adecuada a utilizar es la cementina con las dosis establecidas.
- Mediante la investigación experimental se determinó que las dosis y sustancias se comportaron de distinta manera en el proceso de nixtamalizado aceptando la hipótesis alternativa.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la cementina en el proceso de nixtamalizado por su alta eficiencia de pelado, su aporte significativo de calcio asimilable para el ser humano, mejora las características físicas, organolépticas y genera mayor rentabilidad en base a costos.
- Realizado el proceso de nixtamalizado se debe disminuir la humedad del grano al 12% para evitar daños en su almacenamiento.
- Se establece no utilizar el hidróxido de sodio ya que no aporta ningún valor nutritivo, destruye algunos componentes del grano y su textura física. Además su manejo es peligroso por ser una sustancia altamente corrosiva y causa quemaduras en el tejido humano.
- Se debe mantener los tiempos y condiciones establecidas en la cocción, reposo, pelado, secado, para obtener un producto de alta calidad.
- Para el uso de las sustancias alcalinas utilizadas en esta investigación para el proceso de nixtamalizado se debe realizar la disolución antes de llevarla a ebullición.
- Para la manipulación de estos químicos se debe utilizar el equipo de protección necesario, guantes, mascarilla y protectores oculares, debido a su alto poder reactivo que puede causar daños en los miembros, órganos externos e internos, de quienes realizan este proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, B. (2014). *Cenizas de madera natural*. Procesamiento de la madera, 2-4.
- Aldana, A. (2014). *Definición del nixtamalizado*. La nixtamalización proceso industrial.
- Alonso, A., Reyes, H., & Nieto, A. (2012). *Tabla de composición de alimentos*. México: Sexta edición. Recuperado el 19 de 07 de 2013, de <http://www.mercadomodelo.net/documentos/tabla.pdf>
- Asturias, M. (2010). *Origen del maíz y ubiación geográfica*. Origen del maíz .
- Bello, G., & Paredes. (2012). *Composición física del grano del maíz*. Composición del grano del maíz, 92-93.
- Cabrerizo, C. (2008). *Composición y Valor nutritivo del grano de maíz*. Maíz en la alimentación Humana, 44.
- Castillo, V., Ochoa , M., & Figueroa , C. (2014). *Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (Zea mays L.) nixtamalizado, sobre.* Recuperado de <http://www.scielo.org.ve/pdf/alan/v59n4/art11.pdf>
- Certifier, L. (2011). *Política de uso de hidróxido de calcio (cal hidratada)*. México, D. F.: Mayacer.
- Cobrerizo. (2008). *El maíz origen y estructura*. El maíz en la alimentación, 42.
- Cordero, J. (2012). *Obtención de mote a partir de maíz (Zea mays L.) variedad INIAP - III Guagal mejorado, mediante la utilización de diferentes niveles de hidróxido de calcio cal-P24 y control de tiempos de cocción, para la remoción de la cutícula*. Tesis de Grado, Guaranda.

- Cordero, J. (2012). *Obtención de mote a partir de maíz (zea mays l.) variedad iniap-111 guagal mejorado, mediante la utilización de diferentes niveles de hidróxido de calcio cal-p24 y control de tiempos de cocción, para la remoción de la cutícula*. Tesis de Grado, Universidad Estatal De Bolívar, Guaranda – Ecuador.
- Costa, R. (2014). *El cultivo del maíz, su origen y clasificación*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Días Roig, M., & Miaja. (2011). *Nixtamalización*. El colegio de México, 137.
- Disensa. (2014). *Cales y carbonatos cal p-24*. Ecuador.
- Elvers, H. S. (2009). *Hidróxido de sodio*. Identidad de la sustancia química, 24.
- FAO. (2013). Roma.: *Organización de las Naciones Unidas*.
- FAO. (2014). Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s02.htm>
- Fernández, J. (2011). *Study of calcium ion diffusion in components of maize kernels during traditional nixtamalization process*. Cereal Chemistry, 65-69.
- García, J. (2009). *Difusión de los iones de calcio durante la nixtamalización del grano de maíz en presencia de un campo eléctrico pulsado*. Tesis de grado, Instituto Politecnico Nacional Centro de investigación en ciencia aplicada , México.
- Garden, M. B. (2012). *Acacia macracantha*. Entorno natural.
- Gómez, P. (2010). *Papel del agua en la gelatinización del almidon de maiz: estudio por calorimetria diferencial de barrido*. Ingeniería y Ciencia, 129-141.
- González, O. I. (2001). *Quemadores Agentes Quimcos* . Baldivia: Campus Isla.
- Gutiérrez, E. J. (2010). *Nixtamalización*. La Nixtamalización, 236-240.
- INIAP. (2010). *Maíz Variedad Guandango*. Publicación INIAP.

- INIAP. (2014). *Maíz Variedad Guandango*. Publicación INIAP.
- INIAP. (2014). *Rendimeinto*. Publicación INIAP.
- Izquierdo, C. C. (2011). *El maíz en la alimentación humana*. España.
- Luis, Z. (2013). *Alcalis*. Obtenido de <http://www.jmcprl.net/GLOSARIO/ALCALIS.htm>
- Manufacturas, L. (06 de 07 de 2013). *Importancia de la Nixtamalización en América Latina*. Recuperado el 2011, de <http://maquinas-tortilladoras.com/blog/importancia-de-la-nixtamalizacion-en-america-latina/>
- Martínez, S. M. (2010). *Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de biopelículas de pericarpio de maíz*. Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío, 16, 53-56.
- Marx, C. (2011). *Definición de la nixtamalización*. Procesos industriales.
- Marzon. (2012). *Subproductos del maíz nixtamalizado*. Subproductos del maíz (pág. 28). España.
- Marzon, L. (02 de Marzo de 2012). *El mote y sus propiedades*. El triangular Magazine, 28.
- Mendoza, R. (2011). *Guía para el manejo integrado del maíz mecanizado*. Recuperado el 19 de 07 de 2013, de <http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/idiap/maizmecanizado1.pdf>
- Meteorología, E. (2015). *Factores de estudio*.
- Mexicana, N. O. (2009). *Cereales y sus productos*. NOM-147-SSA1.
- Moreno, H. C. (2003). *Cambios físicos y químicos de la nixtamalización*.

- Moreno, Y., Herrera, C., & Castillo, M. (junio de 2009). *Cambios físico-químicos del almidón durante la nixtamalización del maíz en variedades con diferente dureza de grano*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
- Océano, E. (2011). *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería*. Barcelona, España: Océano-Centrum.
- Paredes, O., Guevara, F., & Bello, L. (2012). *La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz*. Revista de la ciencia de la UNAM.
- Peña Chapa, J. (Junio de 2014). *Comportamiento de cambios estructurales y funcionales de maíz nixtamalizado*. Recuperado de [http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/995/1/363\\_2004\\_CICATA-ALTAMIRA\\_DOCTORADO\\_mondragon\\_chaparro\\_margarita.pdf](http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/995/1/363_2004_CICATA-ALTAMIRA_DOCTORADO_mondragon_chaparro_margarita.pdf)
- Peña, A. (2005). Industria de la Masa y la tortilla (Método Tradicional). ( S. (SIAP), Ed.) *Cámara Nacional del Maíz. Industrializado y el Sistema de Información AGROALIMENTARIA DE CONSULTA*, 1-5.
- Peralta, E. (04 de 2011). *Programa Nacional de Leguminosas y cereales INIAP*. Recuperado el 15 de 06 de 2013, de <http://www.Iniap.com.org>
- Prezi. (2012). *Cenizas y minerales*. Recuperado el 12 de 07 de 2013, de <http://prezi.com/3y3eohbkgqqk/cenizas-y-minerales/>
- Productores. (2015). *Dosis artesanales productores 23 de septiembre*.
- Qmax. (2011). *Hidroxido de sodio*. Productos alcalinos, 50-55.
- Ramayo, L. (2011). *Industrialización del mote*. México: McGraw Hill.
- Salvador. (2011). *Definición Nixtamalización*. Alimentos procesados, 12-13.

- Salvador. (23 de 08 de 2011). *Subproductos del maíz*. Gastronomercado Nixtamalización, 11-12. Recuperado el 10 de 07 de 2013, de <http://gastromercadomx.blogspot.com/2011/08/nixtamalizacion.html>
- Salvat. (2010). *Ceniza* . Propiedades de la ceniza, 212.
- Salvat, L. (2010). *Cómo funciona, Tomo III*. Barcelona, España: Ediciones Océano S. A., 5ª impresión.
- Serratos, R., & Bye, R. (2011). *Origen del maíz*. El cultivo del maíz , 116.
- Suslow, T., & Cantwell, M. (05 de 2011). *Maíz dulce*. Recuperado el 16 de 07 de 2013, de [http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Ma%C3%ADz\\_Dulce\\_\\_Elote/](http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Ma%C3%ADz_Dulce__Elote/)
- Tlatoan, I. (06 de 2011). *La nixtamalización*. Recuperado el 16 de 09 de 2013, de <http://naturalistairreverentedetehuacan.blogspot.com/2011/06/maíz-pozolero-pozole.html>
- Vélez, J. (2011). *Definiciones maíz nixtamalizado*. El cultivo del maíz, 14-15.
- Verissimo. (2011). *Propiedades del maíz*. El maíz cereal importante.
- Yanez, C. (2010). *Tipos de maíz*. Variedades del maíz, 12-13.



## ANEXOS

### Anexo 1. Determinación del agente pelante de la ceniza de espino.

---

100g de ceniza contiene 16.82g de Ca a cuantos gramos de Ca (OH)<sub>2</sub> Corresponden

**PM Ca (OH)<sub>2</sub>=**

Ca= 1x40 = 40

O= 2x16= 32

H= 2x1= 2

74

$$X = \frac{74\text{gCa (OH)}_2 \times 16.82\text{g-Ca}}{40\text{g-Ca}} = 31,117\text{g Ca(OH)}_2$$

**En 100g de ceniza hay 31,117 g Ca (OH)<sub>2</sub>**

---

### Anexo 2. Determinación de dosis (cal, ceniza, cementina)

Se determina el contenido del hidróxido de calcio como agente pelante de las diferentes sustancias alcalinas con su porcentaje: cal 79%. Cementina33%, ceniza 31,11% y se realiza el determinado cálculo para que las dosis entren en igualdad de condiciones en base al contenido del Hidróxido de calcio.

- CAL: **79 % Ca (OH)<sub>2</sub>**
- Cementina: **33 % Ca (OH)<sub>2</sub>**
- Ceniza: **31,11 % Ca (OH)<sub>2</sub>**

a) CAL

**Tabla 36.** Determinación de dosis cal.

Sustancias	Agente Pelante	Dosis
100g Cal = 79g Ca (OH) <sub>2</sub>		
10g Cal x 79 Ca (OH) <sub>2</sub> /100 g Cal = 7,9g Ca (OH) <sub>2</sub>		<b>Baja</b>
Sustancias	Agente Pelante	
10g Cal = 7,9g Ca (OH) <sub>2</sub>		
20g Cal x 7,9 Ca (OH) <sub>2</sub> /10 g Cal = 15,8g Ca (OH) <sub>2</sub>		<b>Media</b>
Sustancias	Agente Pelante	
10g Cal = 7,9g Ca (OH) <sub>2</sub>		
30g Cal x 7,9 Ca (OH) <sub>2</sub> /10g Cal = 23,7g Ca (OH) <sub>2</sub>		<b>Alta</b>

Fuente: Elaborado por el Autor

b) CEMENTINA

**Tabla 37.** Determinación de dosis cementina

Sustancias	Agente Pelante	Dosis
33 g Ca (OH) <sub>2</sub> = 100g Cementina		
7,9g Ca (OH) <sub>2</sub> x 100 Cementina /33 g Ca (OH) <sub>2</sub> = <b>23,93g Cementina</b>		<b>Baja</b>
Sustancias	Agente Pelante	
33 g Ca (OH) <sub>2</sub> = 100g Cementina		
15,8g Ca (OH) <sub>2</sub> x 100 Cementina /33 g Ca (OH) <sub>2</sub> = <b>47,88g Cementina</b>		<b>Media</b>
Sustancias	Agente Pelante	
33 g Ca (OH) <sub>2</sub> = 100g Cementina		
23,7g Ca (OH) <sub>2</sub> x 100 Cementina /33 g Ca (OH) <sub>2</sub> = <b>71,82g Cementina</b>		<b>Alta</b>

Fuente: Elaborado por el Autor

c) CENIZA

**Tabla 38.** Determinación de dosis cementina

Sustancias	Agente Pelante	Dosis
31,11g Ca (OH) <sub>2</sub> = 100g Ceniza		
7,9g Ca (OH) <sub>2</sub> x 100 Ceniza /31,11g Ca (OH) <sub>2</sub> = <b>25,39g Ceniza</b>		<b>Baja</b>
Sustancias	Agente Pelante	
31,11g Ca (OH) <sub>2</sub> = 100g Ceniza		
15,8g Ca (OH) <sub>2</sub> x 100 Ceniza /31,11g Ca (OH) <sub>2</sub> = <b>50,78g Ceniza</b>		<b>Media</b>
Sustancias	Agente Pelante	
31,11g Ca (OH) <sub>2</sub> = 100g Ceniza		
23,7g Ca (OH) <sub>2</sub> x 100 Ceniza /31,11g Ca (OH) <sub>2</sub> = <b>76,17g Ceniza</b>		<b>Alta</b>

Fuente: Elaborado por el Autor

**Tabla 39.** Dosis de las sustancias cal, cementina y ceniza

Sustancias	Agente pelante Ca(OH) <sub>2</sub> (g)	Dosis (g)
Cal	7,9	baja 10
Cal	15,8	media 20
Cal	23,7	alta 30
Cemantina	23,93	baja 23,93
Cemantina	47,88	media 47,88
Cemantina	71,82	alta 71,82
Ceniza	25,39	baja 25,39
Ceniza	50,78	media 50,78
Ceniza	76,17	alta 76,17

Fuente: Elaborado por el Autor

d) Determinación de dosis Hidróxido de Sodio:

**Tabla 40.** Determinación de dosis hidróxido de sodio

2000ml x1%/100% = <b>20ml (v)</b>	<b>Dosis calculadas</b>	
NaOH d= 12,13g/ml		
d= m/v	$42,6g \times 3\% / 1\% = \mathbf{127,8g}$	baja
m= dxv	$42,6g \times 6\% / 1\% = \mathbf{255,6g}$	media
m= (2,13g/ml) (20ml)	$42,6g \times 9\% / 1\% = \mathbf{383,4}$	alta
m=42,6g		

Fuente: Elaborado por Autor

**Tabla 41.** Dosis de aplicación experimental.

Dosis	Cal	Cementina	Ceniza	Agente pelante Ca(OH) <sub>2</sub>	(NaOH)
	g	g	g	g	g
<b>Baja</b>	10	23,93	25,39	7,9	127,8
<b>Media</b>	20	47,88	50,78	15,8	255,6
<b>Alta</b>	30	71,82	76,17	23,7	383,4

Fuente: Elaborado por Autor

### Anexo 3. Proceso De Nixtamalización

Recepción



Seleccionado y clasificado



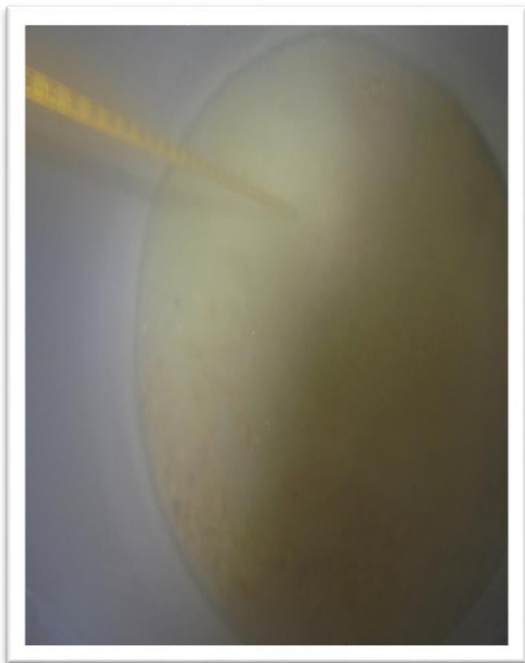
Pesado



Cocción



Emparejamiento



Pelado, lavado y escurrido



Secado



Seleccionado



Enfundado



Almacenado



## Anexo 4. Ficha Técnica cal – P24



### CAL - P24

#### Descripción

Es un producto de uso múltiple, a base de Hidróxido de Calcio, obtenido luego de un proceso de calcinación en hornos verticales a 1200 °C, temperatura óptima que garantiza que el producto tenga una excelente capacidad de reacción.

#### Uso y aplicaciones

Sus principales usos son en la acuicultura, industria, agricultura, construcción de carreteras, sanidad urbana, sanidad animal, sanidad vegetal.

#### Beneficios

La CAL P-24 por ser obtenida en hornos verticales en donde solo en estos se alcanza los 1.200 °C necesarios para lograr un producto sumamente reactivo, de color blanco y tamaño muy fino de su partícula (malla 230), esto asegura un efecto inmediato de acción o corrección de parámetros en los diversos usos que se le da.

#### Empleo e instalación

- En ACUICULTURA corrige el pH del agua de camarónicas, truchas, tilapia.
- En INGENIOS AZUCAREROS se usa para eliminar ácidos orgánicos en la mollienda.
- En CURTUMBRES se lo usa para eliminar sangre y polambre de las pieles.
- En AGUA POTABLE quita la dureza del agua.
- En CARRETERAS mejora plasticidad del suelo y los estabiliza minimizando índices de expansión y contracción de las arcillas, ayudando a secar los suelos para obtener una mejor compactación, lo anterior producto de que los componentes del suelo se aglutinan mejor y se obtiene una mejor mesa de trabajo.
- En AGRICULTURA es el mejor y más rápido neutralizante de acidez del suelo, lo que permite que todo el fertilizante que se aplica para nutrir las plantas, sea asimilado por ellas; en caso contrario sino se corrige la acidez del suelo, el abono se desperdicia.
- En FRUTALES es ideal para preparar el "CALDO BORDELES" que se usa para tratar heridas después de la poda de los árboles frutales (100 litros de agua + 2 kilos de CAL P-24 + 2 kilos de Sulfato de Cobre).
- En SANIDAD ANIMAL se la debe usar para prevenir moscas e insectos en gallineros, porquerizas, establos de ganado de leche, pesebreras, etc.

La CAL P-24 por ser hidróxido de calcio, tiene acción cáustica en la piel, en los ojos, en las vías respiratorias, por lo que se recomienda usar equipo apropiado como guantes, mascarillas y lentes cuando se aplica o manipulea.

#### Especificaciones técnicas

Producto con alto contenido de Hidróxido de Calcio. De 79% mínimo.

#### Presentación

- Sacos de 25 kilos en envase doble de papel kraft.
- Al granel se vende por Tonelada Métrica.

#### Transporte y almacenamiento

La CAL P-24 se la vende en todos los puntos de venta de DISENSA en el país. El valor del transporte a los diferentes puntos se lo hace en base al 60% del transporte del saco de CEMENTO ROCAFUERTE. La razón de lo anterior es por cuanto el saco de CAL P-24 pesa 25 kilos y el saco de cemento pesa 50 kilos.

Se recomienda que el sitio donde se almacena CAL P-24 sea fresco, seco, ventilado y bajo sombra. La rotación de los sacos en las bodegas no debe ser mayor de un año.



Cales y Carbonatos





## Anexo 5. Ficha Técnica Cementina Rocafuerte



### CEMENTINA ROCAFUERTE

#### Descripción

Es un producto de acción cementante a base de hidróxido de calcio, de tamaño de partícula muy fina, de color blanco grisáceo, con ciertas propiedades hidráulicas, elaborado bajo estricto control de calidad.

#### Uso y aplicaciones

Su principal uso es en la construcción civil en el levantamiento de paredes no portantes (pegando bloques), en el enlucido de interiores y exteriores, en el encuadramiento de boquetes, en el pegado de tejas, en el asentado de contrapisos, etc. se usa en un mortero compuesto por cementina, cemento y arena.

#### Beneficios

La mezcla para pegar y enlucir, es mucho más plástica y manejable. Además tiene mayor adherencia a la pared, la que se torna más resistente. El construir se hace más económico, al disminuir el uso de cemento.

#### Empleo e instalación

Para levantar paredes no portantes y pegar bloques, usar: Un saco de cemento + un saco de CEMENTINA ROCAFUERTE + seis sacos de arena.

Para enlucir paredes no portantes en interiores y exteriores, usar: Un saco de cemento + un saco de CEMENTINA ROCAFUERTE + ocho sacos de arena fina.

La CEMENTINA ROCAFUERTE por ser un derivado de la cal, tiene acción cáustica sobre la piel, por lo que el albañil debe usar guantes plásticos al momento de trabajar con el producto.

#### Especificaciones técnicas

Es un producto a base de hidróxido de calcio, de color blanco grisáceo, de alta finura, de baja densidad, con un contenido del 33% mínimo de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Obtenido luego de la calcinación de calizas en hornos verticales a 1.200 °C.

#### Presentación

•sacos de 25 kilos en envase doble de papel kraft.

#### Transporte y almacenamiento

La CEMENTINA ROCAFUERTE se la vende en todos los

puntos de venta de **DBENSA** en el país. El cálculo del precio del transporte a los diferentes puntos se lo hace en base a un 60 % del costo del transporte del saco de CEMENTO ROCAFUERTE. La razón de lo anterior es por cuanto el saco de Cementina Rocafuerte pesa 25 kilos y el saco de Cemento Rocafuerte pesa 50 kilos.


Se recomienda que el sitio donde se hace el almacenamiento de la CEMENTINA ROCAFUERTE sea fresco, seco, ventilado y bajo sombra. La rotación de los sacos en las bodegas no debe ser mayor de un año.



Cales y Carbonatos



## Anexo 6. Ficha Técnica Hidróxido de Sodio



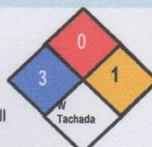
**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS**  
**HIDROXIDO DE SODIO (98.4 % PUREZA)**

**SECCIÓN I: DATOS GENERALES**

HSA: 201 / 1.0      Nombre comercial: **HIDROXIDO DE SODIO (98.4 % PUREZA)**  
 No. ONU: **1823**      No. CAS: **1310-73-2**  
 Elaborado el: **08/02/2011**      Revisión: **1.0**      Actualizado el: **08/02/2011**

Ver descripción de riesgos en la sección XII

GRADO DE RIESGO NFPA: 4 Severo 3 Serio 2 Moderado 1 Ligero 0 Minimo



**ANTES DE MANEJAR, TRANSPORTAR O ALMACENAR ESTE PRODUCTO, DEBE LEERSE Y COMPRENDERSE LO DISPUESTO EN EL PRESENTE DOCUMENTO.**

COMERCIALIZADOR	
QMax México SA de CV, Unidad de negocios, Poza Rica calle 22 No. 503 Col. Cazones c.p.93230 Poza Rica de Hgo., Veracruz Teléfono: 01 782 82 5-54-42 y 5-54-42	QMax México SA de CV, Unidad de negocios, Veracruz Av. Paseo Costa de Oro N° 648, Local 25, 26 y 27, Fracc. Costa de Oro Boca de Río, Ver. México, CP 94229 Teléfono: (01-229)-130-37-76 y 130-37-78
QMax México SA de CV, Unidad de negocios Reynosa Paseo de las Cañada 131. Col Fuentes Sección Lomas Reynosa Tamaulipas C.P. 88730 Teléfono: (899) 9219250	QMax México SA de CV, Unidad de negocios Villahermosa Carretera Villahermosa - Cardenas KI 155+500, R/A Gonzalez 3ra. Sección, Centro, Tabasco. CP 86280 Teléfono: (01) 9933 310 0290, con 10 líneas
QMax México SA de CV, Unidad de negocios Ciudad del Carmen Avenida 1, Sur, Lote i, Maz L, Puerto Industrial Pesquero, Laguna Azul, Ciudad el Carmen, Campeche CP 24140 Teléfono: (01) 938 112 1383 / (01) 938 112 1258	

EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A SETIQ1:	
Interior de la República: 01-800-00-214-00 (las 24 hrs.) En el Distrito Federal: 5559-1588 (las 24 hrs.) Para llamadas originadas en cualquier otra parte, llame a: 0-11-52-5-559-1588	

CONSULTAS A HOJAS DE DATOS	ASISTENCIA TÉCNICA:
Departamento de Calidad, Salud, Seguridad Industrial y Medio Ambiente (QSSIMA) Poza Rica: Teléfono: 01 782 82 5-54-42 y 5-54-42, Ext. 410 Reynosa: Teléfono: Teléfono: (899) 9219250, Ext. 5280, 5281 Veracruz: Teléfono: (01-229)-130-37-76 y 130-37-78, Ext. 39 Villahermosa, Teléfono: (01) 9933 310 0290, con 10 líneas, Ext. 2121 Ciudad del Carmen, Teléfono: (01) 938 112 1383 Ext. 1106 (Horario oficina, lunes a viernes)	Departamento de Operaciones Poza Rica Teléfono: 01 782 82 5-54-42 y 5-54-42, Ext. 411 Reynosa Teléfono: (899) 9219250, Ext. 5270; 5274 Veracruz: Teléfono: (01-229)-130-37-76 y 130-37-78, Ext. 317 Villahermosa, Teléfono: (01) 9933 310 0290, con 10 líneas, Ext. 2135 Ciudad del Carmen, Teléfono: (01) 938 112 1383 Ext. 1105 (Horario oficina, lunes a viernes)

**II- DATOS DE SUSTANCIA QUIMICA**

Familia química: *Hidróxidos.*      Estado físico: *Sólido*  
 Nombre químico: **HIDRÓXIDO DE SODIO (98.4 % PUREZA)**      Clase de riesgo de transporte SCT: *Quemadura química.*  
 Nombre común: **HIDROXIDO DE SODIO (98.4 % PUREZA)**      No. de Guía de Respuesta GRE: **154., De la versión 2008.**  
 Sinónimos: *Sosa Cáustica (anhídrida), Cáustico Blanco, Lejía, Hidrato de Sodio, Sosa Cáustica en escamas.*  
 Descripción y uso General del producto: *Se emplea para preparar una solución de hidróxido de sodio, la cual se utiliza para determinar la cantidad de materiales insolubles presentes en los lignitos modificados.*

**SECCIÓN III: IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES**

Componente peligroso	%	Numero CAS	Número ONU	CPT5/CCT6 (ppm)	LMPE-PPT7	LMPE-CT	LMPE-P	IPVS o IDLH	GRADO DE RIESGO				
									S	F	R	E	
<i>Hidróxido de Sodio (Sosa cáustica)</i>	99-100 %	1310-73-2	1823	N/D	2 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>	N/D	3	0	1	W	Tachada

**SECCIÓN IV. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Estado físico: <i>Sólido</i>	Porcentaje de volatilidad: <i>0 %</i>
Temperatura de ebullición (°C): <i>1390</i>	Color: <i>Blanco.</i>
Temperatura de fusión (°C): <i>318</i>	Olor: <i>Inodoro.</i>
Temperatura de inflamación (°C): <i>N/A</i>	Peso molecular (g/mol): <i>40</i>
Temperatura de auto ignición (°C): <i>N/A</i>	Solubilidad en agua: <i>Completamente soluble. Soluble en alcohol y glicol</i>
Densidad (kg/m <sup>3</sup> ): <i>2130</i>	PH: <i>13</i>
Vel. de evaporación (Butil - Acetato =1): <i>N/A</i>	Límite de inflamabilidad superior: <i>N/A</i>
Presión de vapor (mmHg 20°C): <i>1</i>	Límite de inflamabilidad inferior: <i>N/A</i>

**SECCIÓN V. RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN**

¿Es inflamable?  Si esta seleccionado significa que Si es inflamable

eFQS39 a Derechos Reservados, QMax México SA de CV Página 1 de 4



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS

### HIDROXIDO DE SODIO (98.4 % PUREZA)

Si fue Afirmativo, ¿bajo que condiciones?:	<i>No es combustible pero en contacto con agua puede generar suficiente calor para encender combustibles.</i>		
Temperatura de inflamación (°C):	<i>N/A</i>	Límite de inflamabilidad superior:	<i>N/A</i>
Temperatura de auto ignición (°C):	<i>N/A</i>	Límite de inflamabilidad inferior:	<i>N/A</i>
Medios de Extinción:			
Con Agua:	<i>N/A</i>	Con CO2:	<i>N/A</i>
Con Espuma:	<i>N/A</i>	Con Polvo Químico:	<i>N/A</i>
Otros Medios:	<i>No usar medios de extinción halogenados ni chorro de agua a presión. Utilizar un agente adecuado al fuego circundante. El material caliente o fundido puede reaccionar violentamente con agua. El contacto con algunos metales genera hidrógeno el cual inflamable explosivo. Durante un incendio se forman gases tóxicos y corrosivos.</i>		
Equipo de protección personal para combate de incendios:	<i>Empleo de equipo apropiado de seguridad y personal.</i>		
Procedimiento y Precauciones en el combate de incendios:	<i>Si el fuego involucra el envase (fundas dobles de papel), utilice extintores de polvo químico seco o de Dióxido de Carbono. Usar cualquier método adecuado para extinguir el fuego los alrededores. Retire los envases expuestos al calor del fuego, y refrigérelos con lluvia muy fina de agua, pero evite lanzar agua directamente al producto ya que generaría gran cantidad de calor lo cual puede favorecer a la combustión de otros materiales.</i>		
Condiciones de riesgo especial:	<i>N/A</i>		
Información de explosión:	<i>N/D</i>		
Sensibilidad al impacto:	<i>N/D</i>		
Sensibilidad a la descarga eléctrica:	<i>N/D</i>		
Otros datos relevantes:	<i>S/D</i>		

#### SECCIÓN VI. RIESGOS DE REACTIVIDAD

Efectos por exposición aguda:	<i>Es una sustancia fuertemente corrosiva para todos los tejidos del cuerpo, la cual puede causar desde una irritación hasta severas quemaduras en la piel.</i>	¿Estabilidad?	<input checked="" type="checkbox"/>
Negativo, Condiciones de reactividad:	<i>Estable bajo condiciones normales de almacenamiento y manipulación.</i>	<i>Seleccionado significa estable</i>	
Incompatibilidad:	<i>Mezclas con agua, el contacto con ácidos y compuestos halógenos orgánicos especialmente tricloroetileno, puede causar reacciones violentas. El contacto con nitrometano u otros compuestos nitro similares.</i>		
Productos peligrosos de la descomposición:	<i>Óxido de sodio.</i>		
Polimerización espontánea:	<i>No ocurrirá.</i>		
Otras condiciones, a fin de evitar reacciones:	<i>Evitar el calor, las llamas, la humedad o exposición excesiva al aire y la incompatibilidad con otros materiales.</i>		

#### SECCIÓN VII. RIESGOS A LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS

##### VII.1 Según la vía de ingreso al organismo, reacciones tóxicas por:

- Ingestión:** *Puede causar severas quemaduras y dolor en los labios, boca, lengua, garganta y estómago; vomito; diarrea; hinchazón de laringe y sofocación subsecuente.*
- Inhalación:** *La inhalación de polvo o rocío puede causar una ligera irritación, más quemaduras severas y daños de los tejidos de la parte superior del tracto respiratorio puede ocurrir en altas concentraciones. Puede ocurrir neumonía severa.*
- Contacto con los ojos:** *Es extremadamente corrosivo para los ojos, puede causar severas quemaduras en las corneas. En casos severos puede causar glaucoma y ceguera permanente.*
- Contacto con la piel:** *El contacto con gránulos o contacto líquido con la piel puede causar severas quemaduras con profundas ulceraciones. Soluciones de hasta 4% en agua puede no causar irritación y quemaduras por algunas horas, mientras soluciones entre 25-50% puede causar estos efectos en menos de 3 minutos.*

VII.2 Sustancia Química considerada como:	Carcinogénica <input checked="" type="checkbox"/>	Mutagénica <input type="checkbox"/>	Teratogénica <input type="checkbox"/>
Otras consideraciones toxicas:	<i>S/D</i>		
Instituciones que clasifican (NIOSH, OSHA, ACGIH. Incluir NOM-010-STPS):	<i>N/D</i>		

##### VII.3 Información complementaria. CL50: *Sin datos. N/D* DL 50: *N/D*

Efectos por exposición crónica: *Los efectos crónicos en una exposición local pueden consistir en múltiples áreas de destrucción superficial*

##### VII.4 Emergencia y Primeros Auxilios

###### VII.4.1 Medidas precautorias en caso de:

- Ingestión:** *Si la persona está consciente dé a beber agua fría, leche o leche de magnesia en cantidades de 228 ml con el objeto de diluir y neutralizar la sosa caustica. No induzca el vómito. Canalice a la víctima para realizarle lavados gástricos. Busque atención médica.*
- Inhalación:** *Retirarse a un lugar de aire fresco, si la respiración es dificultosa, ponga a una persona especializada a dar oxígeno. Si la*



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS

### HIDROXIDO DE SODIO (98.4 % PUREZA)

- respiración se detiene, dar resucitación boca a boca. Obtenga atención médica inmediatamente.
- c) Contacto con los ojos: Inmediatamente lavarse con abundante agua por al menos 15 minutos, sosteniendo los párpados, buscar atención médica de inmediato.
- d) Contacto con la piel: Inmediatamente lavar las áreas contaminadas con abundante agua por al menos 15 minutos. Retirar la ropa contaminada y lavarla muy bien antes de volver a utilizarla. Desechar el calzado el cual no puede ser descontaminado. Buscar atención médica inmediatamente.

VII.4.2 Otros riesgos o efectos a la salud: N/D

VII.4.3 Antídotos (dosis, en caso de existir): Dé a beber agua fría, leche o leche de magnesia en cantidades de 228.6 ml con el objeto de diluir.

VII.4.4 Otra información importante para la atención médica primaria: Retire de la zona de exposición lo antes posible para asegurar las áreas libres de aditivos químicos.

#### SECCIÓN VIII. INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

**Procedimiento y precauciones inmediatas:** Seguir los procedimientos internos para manejo de este reactivo.

**Recomendaciones para evacuación:** No es necesaria, en caso de grandes cantidades seguir los procedimientos internos y llamar a emergencias.

**Método de mitigación:** Retire en recipientes cerrados para uso normal o disposición. No reutilice bolsas, tambores o cajas sin reciclar o reacondicionar de acuerdo con la ley federal, provinciana o local aplicable.

#### SECCIÓN IX. PROTECCIÓN ESPECIAL ESPECÍFICA PARA CASOS DE EMERGENCIA

**Controles de ingeniería:** Ventilación local para mantener la concentración por debajo de los límites de salud ocupacional. Debe disponerse de duchas y estaciones lavajos.

**Respiratorio:** Utilizar un respirador aprobado por el NIOSH (Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional) con filtros (humo o niebla) en las circunstancias en las que se presente.

**Ojos:** Utilizar gafas de trabajo con mica clara y protección lateral, puede utilizarse en combinación con la protección respiratoria (un respirador a cara completa con mica clara).

**Manos:** Se debe utilizar guantes de plásticos o caucho resistentes a los aditivos químicos.

**Ventilación local:** Ventilación forzada.

#### SECCIÓN X. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN

Numero ONU: 1823

**Clase de riesgo de transporte:** Este reactivo es contemplado dentro de la lista de la norma 018-STPS-2000, la información de transporte mostrada en esta hoja está acorde a todos los

**Guía de Respuesta en caso de Emergencia:** 154., De la versión 2008.



Clase 8, Corrosivos

Colocar el cartel que identifica el contenido y riesgo del producto transportado, cumpliendo con el color, dimensiones, colocación, etc., dispuestos en la NOM-004-SCT/2000 y empleando el modelo que se muestran en el recuadro de la derecha.

#### SECCIÓN XI. INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGÍA

**Acorde a requerimientos de SEMARNAT:** Peligroso para la vida acuática aun en bajas concentraciones, mortal para peces a partir de 20mg/l, toxicidad peces: LC10=25 ppm/24h/Trucha de arroyo/Agua fresca. DBO= Ninguno, no es biodegradable.

#### SECCIÓN XII. INFORMACIÓN SOBRE MANEJO Y ALMACENAMIENTO

**Para su manejo, transporte terrestre:** Lavarse las manos antes de comer. Usar con ventilación adecuada. Minimizar la generación y acumulación de polvo. Evite el contacto con ojos, piel y ropa. Transportarse en cumplimiento de los requisitos por la SCT.

**Para el Almacenamiento:** El almacén debe contener un buena ventilación local natural o mecánica, para generar buenas condiciones de temperatura de entre (20 °C a 25 °C) y humedad del mismo almacén.

**Otras precauciones:** N/A

#### SECCIÓN XIII. INFORMACIÓN ADICIONAL

##### FUENTES DE INFORMACIÓN Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NOM-018-STPS-2000 "Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo".

NOM-010-STPS-1999, "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral".



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS

### HIDROXIDO DE SODIO (98.4 % PUREZA)

NOM-004-SCT-2000 "Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos".

NOM-006-SCT2-2000 "Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos".

"Reglamento de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos".

#### ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

1 Sistema de Emergencias en el Transporte para la Industria Petrolera.

2 Clasificación del Departamento de Transporte de U.S.

3 Chemical Abstract Service Number

4 Número Asignado por la Organización de las Naciones Unidas.

5 Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (TWA).

6 Concentración para corto tiempo (STEL)


7 Inmediatamente Peligroso para la Vida o la Salud.

8 Grado de Riesgo a la salud.

9 Grado de Riesgo de Inflamabilidad

10 Grado de Riesgo de Reactividad

11 Grado de Riesgo Especial.

NIVEL DE RIESGO								
	(S) RIESGO A LA SALUD		(I) RIESGO DE INFLAMABILIDAD		(R) RIESGO DE REACTIVIDAD		(E) RIESGO ESPECIAL	
	4	Fatal	4	Extremadamente inflamable	4	Puede detonar	OXY	Oxidante
	3	Extremadamente riesgoso	3	Inflamable	3	Puede detonar pero requiere fuente de inicio	ACID	Ácido
	2	Ligeramente riesgoso	2	Combustible	2	Cambio químico violento	ALC	Alcalino
	1	Riesgoso	1	Combustible si se calienta	1	Inestable si se calienta	CORR	Corrosivo
	0	Material normal	0	No se quema	0	Estable	**	No use agua
						☣	Material Radiactivo	

*Declaración: Es responsabilidad del comprador juzgar si la información aquí contenida es adecuada para sus propósitos. QMax México SA de CV, no asume ninguna responsabilidad por cualquier daño resultante del uso incorrecto del producto o de cualquier peligro inherente a la naturaleza del mismo.*

**2.13 Plaguicida.** Sustancia química o biológica, que se utiliza sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier otra forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

Igualmente cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se las use como defoliantes, desecantes o reguladores de crecimiento.

**2.14 Suciedad.** Toda impureza de origen animal

**2.15** Otras definiciones constan en la NTE INEN 2 050.

### 3. REQUISITOS ESPECÍFICOS

**3.1 Maíz en grano en la recepción.**

**3.1.1** El maíz en grano al momento de la recepción debe cumplir con los requisitos que a continuación se describen y los que se establecen en la tabla 1.

**TABLA 1.** Requisitos del maíz en grano al momento de la recepción.

REQUISITOS	% MINIMO m/m	% MAXIMO m/m	METODO DE ENSAYO
HUMEDAD	13	30	NTE INEN 1 513
IMPUREZAS	-	10	NTE INEN 1 236
QUEBRADOS	-	5	NTE INEN 1 236
DAÑADOS			NTE INEN 1 236
Calor		2,0	
Hongos		2,0	
Insectos		2,0	
Otras causas		1,5	

**3.1.2** El maíz en grano no deberá estar infestado, para que durante el almacenamiento no se alteren las características del grano.

**3.1.3** El maíz en grano tendrá como máximo el 0,5% de granos germinados.

**3.2 Maíz en grano para consumo y uso industrial**

**3.2.1** El maíz en grano para consumo y uso industrial debe cumplir con los requisitos que a continuación se describen y los que se establecen en la tabla 2.

(Continúa)

## Anexo 8. Norma INEN 2051

NTE INEN 2051

1995-09

4.1.2 Se permite como máximo el 5% de granos de otros colores, cuando se trate de maíz molido amarillo o de otros colores; en tanto que para el caso de maíz molido blanco, no se aceptará más del 2% de maíz de otros colores.

4.1.3 El maíz molido debe cumplir con los requisitos que se establecen en la tabla 1.

**TABLA 1. Requisitos del maíz entero molido**

REQUISITOS	% MINIMO	% MAXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
HUMEDAD	---	13	NTE INEN 1513
PROTEINA	8	---	NTE INEN 543
GRASA	3,5	---	NTE INEN 523
CENIZA	---	2	NTE INEN 520
FIBRA	---	2,5	NTE INEN 522

4.1.4 No se aceptará maíz molido infestado.

4.1.5 El maíz molido, debe sujetarse a las normas establecidas por la FAO/OMS, en cuanto tiene que ver con los límites de recomendación de plaguicidas y productos afines y metales pesados, hasta tanto se elaboren las regulaciones ecuatorianas correspondientes.

4.1.6 El contenido máximo de aflatoxinas será de 20 microgramos por kilogramo (20 ppb), y será determinado según lo establecido en la NTE INEN 1563

4.1.7 El maíz molido debe estar libre de olores a moho, fermento, agroquímicos, o cualquier otro que pueda considerarse objetable.

4.1.8 El porcentaje máximo de impurezas será el 1%.

4.2 Sémola, harina, gritz. Requisitos específicos.

4.2.1 La sémola, harina, gritz del maíz desgerminado, deben cumplir con los requisitos que se establecen en la tabla 2.

4.2.2 El tamaño del gránulo de acuerdo a las siguientes especificaciones:

4.2.2.1 *Sémola*. Cuando mínimo el 95% del producto pase el tamiz de malla INEN 2 mm (10 ASTM) y no más del 20% pase el tamiz INEN 710 µm (25 ASTM).

4.2.2.2 *Harina de maíz*. Cuando mínimo el 98% del producto pase el tamiz de malla INEN 300 µm (50 ASTM), ó mínimo el 50% del producto pase el tamiz de malla INEN 212 µm (70 ASTM).

4.2.2.3 *Gritz para hojuelas*. Cuando mínimo el 95% del producto pasa a través de un tamiz de malla INEN 2 mm (10 ASTM), y no más del 20% pasa a través de un tamiz de malla INEN 710 µm (25 ASTM).

(Continúa)

## Norma Oficial Mexicana Nom-187-Ssal/Scfi-2002

Para la nixtamalización del maíz se debe utilizar hidróxido de calcio u óxido de calcio (cal), que cumpla con las siguientes especificaciones:

El hidróxido de calcio (cal) que se emplee en la industria alimentaria debe cumplir con las siguientes especificaciones sanitarias:

### Características Químicas

Tabla Química

Nombre químico	Hidróxido de calcio	Oxido de calcio
Fórmula química	Ca(OH) <sub>2</sub>	CaO
Peso molecular	74,10	56,07


### Características Fisicoquímicas

Tabla Fisicoquímicas

Especificación	Límite máximo
Hidróxido de calcio u Oxido de calcio	90% Mínimo
Hidróxido de magnesio	5%
Plomo	8 mg/kg
Flúor	40 mg/kg
Arsénico	3 mg/kg



Anexo 10. Análisis de laboratorio (ceniza de espino)



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

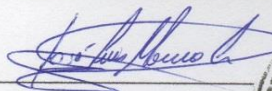
*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

REPORTE DE ANALISIS			
<b>DATOS DEL SOLICITANTE</b>		<b>DATOS DEL SITIO DE MUESTREO</b>	
<b>Nombre:</b>	Sr. Jorge Vásquez	<b>Provincia:</b>	Imbabura
<b>Ciudad:</b>	Ibarra	<b>Cantón:</b>	Ibarra
<b>Teléfono:</b>		<b>Sitio:</b>	No aplica
<b>Fax:</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>		<b>DATOS DEL LABORATORIO</b>	
<b>Código:</b>	ceniza de espino	<b>Nro. Reporte:</b>	110 - 2014
<b>Fecha:</b>	17 de junio de 2014	<b>Tipo de Análisis:</b>	SEMICOMPLETO
<b>Color:</b>	No aplica	<b>Muestra:</b>	Única
<b>Aspecto:</b>	No aplica	<b>Fecha de Ingreso:</b>	17 de junio de 2014
		<b>Fecha de Reporte:</b>	19 de junio de 2014


Parámetros Físicos	Unidad	Valor	Método Aplicado
pH	-----	12,59	Potenciométrico

Parámetros Químicos	Unidad	Valor	Método Aplicado
Calcio (Ca)	g/100 g	16,82	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Magnesio (Mg)	g/100 g	2,02	
Potasio (K)	g/100 g	6,54	
Sodio (Na)	g/100 g	0,05	

**Nota:** Los resultados pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas en el laboratorio.



Biq. José Luis Moreno  
TECNICO DE LABORATORIO



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

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

## Anexo 11. Análisis de laboratorio (tratamientos de maíz)



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

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 0193- 2014  
Análisis solicitado por:  
Empresa:

Sr. Jorge Vásquez  
Particular

Ibarra, 18 de noviembre de 2014

Muestras y codificación:  
 Míz blanco sin pelar                      Cutícula cementina maíz blanco  
 Maíz amarillo sin pelar                    Cutícula cementina maíz amarillo  
 Cutícula maíz blanco sin químico      Cal maíz blanco  
 Cutícula maíz amarillo sin químico    Cal maíz amarillo  
 Ceniza maíz blanco                        Cutícula cal maíz blanco  
 Ceniza maíz amarillo                      Cutícula cal maíz amarillo  
 Cutícula ceniza maíz blanco            NaOH maíz blanco  
 Cutícula ceniza maíz amarillo        NaOH maíz amarillo  
 Cementina maíz blanco                  Cutícula NaOH maíz blanco  
 Cementina maíz amarillo                Cutícula NaOH maíz amarillo

Fecha de recepción de las muestras: 12 de noviembre de 2014

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		Maíz blanco sin pelar	Maíz amarillo sin pelar	Cutícula maíz blanco sin químico	Cutícula maíz amarillo sin químico	
Contenido de Humedad	%	12,00	12,00	12,00	12,00	AOAC 925.10
Fibra	%	3,28	2,90	< 0,10	< 0,10	AOAC 978.10
Calcio	%	< 0,10	< 0,10	0,10	0,15	AOAC 991.25
Sodio	mg/100 g	17,00	15,00	0,72	0,60	
Potasio	mg/100 g	255,00	225,00	10,80	9,00	

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		Ceniza maíz blanco	Ceniza maíz amarillo	Cutícula ceniza maíz blanco	Cutícula ceniza maíz amarillo	
Contenido de Humedad	%	12,00	12,00	12,00	12,00	AOAC 925.10
Fibra	%	3,00	2,85	< 0,10	< 0,10	AOAC 978.10
Calcio	%	5,30	4,20	5,70	1,40	AOAC 991.25
Sodio	mg/100 g	< 0,1	< 0,1	< 0,10	< 0,10	
Potasio	mg/100 g	16,00	14,00	< 0,10	< 0,10	

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		Cementina maíz blanco	Cementina maíz amarillo	Cutícula cementina maíz blanco	Cutícula cementina maíz amarillo	
Contenido de Humedad	%	12,00	12,00	12,00	12,00	AOAC 925.10
Fibra	%	3,20	2,45	< 0,10	< 0,10	AOAC 978.10
Calcio	%	12,00	12,60	14,80	19,50	AOAC 991.25
Sodio	mg/100 g	0,60	0,92	< 0,10	< 0,10	
Potasio	mg/100 g	9,00	13,80	< 0,10	< 0,10	

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		Cal maíz blanco	Cal maíz amarillo	Cutícula cal maíz blanco	Cutícula cal maíz amarillo	
Contenido de Humedad	%	12,00	12,00	12,00	12,00	AOAC 925.10
Fibra	%	3,22	2,70	< 0,10	< 0,10	AOAC 978.10
Calcio	%	11,35	10,96	14,00	14,80	AOAC 991.25
Sodio	mg/100 g	0,30	0,13	< 0,10	< 0,10	
Potasio	mg/100 g	4,50	2,00	< 0,10	< 0,10	

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Método de ensayo
		NaOH maíz blanco	NaOH maíz amarillo	Cutícula NaOH maíz blanco	Cutícula NaOH maíz amarillo	
Contenido de Humedad	%	12,00	12,00	12,00	12,00	AOAC 925.10
Fibra	%	2,60	2,70	< 0,10	< 0,10	AOAC 978.10
Calcio	%	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	AOAC 991.25
Sodio	mg/100 g	1,70	1,70	0,64	0,45	
Potasio	mg/100 g	28,00	25,50	9,60	8,80	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:



José Luis Mereno  
Técnico de Laboratorio



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

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

