



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE CARRERA: AGROINDUSTRIAS**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**MODALIDAD:**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTO DE LA HUMEDAD EN DOS VARIEDADES DE MAÍZ SOBRE  
LOS COSTOS DE MOLIENDA**

**AUTORES:**

**CHARLY SEBASTIAN ZAMBRANO ZAMBRANO**

**PABLO ROGER ZAMBRANO ZAMBRANO**

**TUTOR:**

**ING. DENNYS LENIN ZAMBRANO VELÁSQUEZ Mg.**

**CALCETA, JULIO 2020**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Charly Sebastian Zambrano Zambrano y Pablo Roger Zambrano Zambrano declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



---

Charly S. Zambrano Zambrano

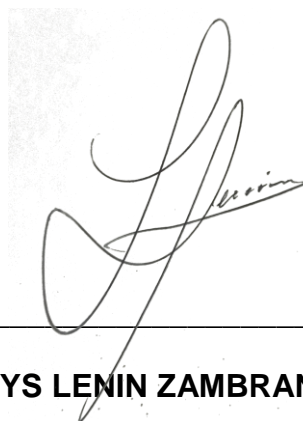


---

Pablo R. Zambrano Zambrano

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. DENNYS LENIN ZAMBRANO VELÁSQUEZ, Mg**, certifica haber tutelado el trabajo de titulación **EFFECTO DE LA HUMEDAD EN DOS VARIEDADES DE MAÍZ SOBRE LOS COSTOS DE MOLIENDA**, que ha sido desarrollado por **CHARLY SEBASTIAN ZAMBRANO ZAMBRANO** y **PABLO ROGER ZAMBRANO ZAMBRANO**, previo a la obtención del título de Ingeniero agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dennys', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

**ING. DENNYS LENIN ZAMBRANO VELÁSQUEZ. Mg**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFFECTO DE LA HUMEDAD EN DOS VARIEDADES DE MAÍZ SOBRE LOS COSTOS DE MOLIENDA**, que ha sido propuesto, desarrollado por CHARLY SEBASTIAN ZAMBRANO ZAMBRANO y PABLO ROGER ZAMBRANO ZAMBRANO, previa la obtención del título de Ingeniero agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

ING. RICARDO R.  
MONTESDEOCA PÁRRAGA, Mg.

**MIEMBRO**



---

ING. FRANCISCO M.  
DEMERA LUCAS, Mg.

**MIEMBRO**



---

ING. EDITH M. MOREIRA CHICA, Mg.

**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a Dios por la vida que me ha dado.

Agradezco a la prestigiosa Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, por haberme acogido como una persona dispuesta a adquirir muchos conocimientos.

A mis padres Melciades Zambrano Velásquez y Clara Zambrano Villanueva, por brindarme su incondicional apoyo, confianza y consejos.

A mi familia en general, quienes confiaron en que podría alcanzar mi sueño de ser profesional.

A mi tutor, por brindar el tiempo y dedicación que se necesitó para realizar este proyecto.

A todos los miembros del tribunal, por guiarnos hacia el mejor camino a seguir, en el perfeccionamiento de los conocimientos adquiridos.

A cada uno de los profesores que compartieron sus conocimientos y de esta forma hacer posible este trabajo de investigación.

A mis compañeros de la institución y a mis amigos, por la ayuda brindada durante el proceso de elaboración del presente trabajo.

A los técnicos del taller del procesos de harinas y balanceados de los talleres agroindustriales y a los técnicos de los laboratorios de bromatología y microbiología del área agroindustrial.

---

Charly Sebastian Zambrano Zambrano

## AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la fortaleza de seguir día a día.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad.

A mis padres Pedro Paulo Zambrano García y Jessenia Beatriz Zambrano Delgado, por ser pilares fundamentales en mi formación como profesional.

A mis familiares en general, por motivarme cada día a seguir adelante con este objetivo que me propuse desde un inicio, de culminar mis estudios.

A mi tutor por el tiempo brindado durante todo el proceso de esta investigación.

Al tribunal en general, por el tiempo dedicado a las observaciones de este trabajo de titulación.

A la ULEAM de Manta por permitirnos ejecutar uno de nuestros objetivos con la ayuda del Ing. Marlon Castro.

Así mismo a todos los docentes por sus conocimientos impartidos durante todo el tiempo de estudio.

Y finalmente a mis amigos en general por sus consejos que me brindaron para seguir cumpliendo cada una de mis metas y su ayuda brindaba incluso en la ejecución de mi trabajo de titulación.

---

Pablo Roger Zambrano Zambrano

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme fuerza cada día, inteligencia y mucha perseverancia, cualidades que fueron claves para poder alcanzar la meta de ser profesional.

Dedico a mis padres, a mi madre quien cada día me ayudó a seguir adelante y a no perder la esperanza, a mi padre, sé que desde el cielo él sentirá mucho orgullo de mí.

A mi familia por tener siempre la seguridad de que un día sería un gran profesional, a mi esposa y mi hijo, por la felicidad que me han dado.

---

Charly Sebastian Zambrano Zambrano

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios por permitirme llegar a cumplir uno de mis principales sueños, a mis padres por ser ellos los motivadores de seguir adelante y estar pendiente siempre de mi trayectoria estudiantil y como no a mi abuelita que desde el cielo me cuida.

A mi familia por tenerme paciencia siempre en todas mis labores diarias y así mismo a todos mis amigos por sus consejos y estar siempre apoyándome en esta trayectoria estudiantil, debido a que sin el apoyo moral de todos ellos no hubiera logrado lo que ahora estoy haciendo.

A todos los docentes que impartieron sus conocimientos para llevar a cabo este trabajo tanto teórico como práctico.

---

Pablo Roger Zambrano Zambrano



## CONTENIDO GENERAL

<b>DERECHOS DE AUTORÍA.....</b>	<b>ii</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....</b>	<b>iii</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vii</b>
<b>CONTENIDO GENERAL .....</b>	<b>ix</b>
<b>CONTENIDO DE CUADROS, IMÁGENES, ECUACIONES, FIGURA Y GRÁFICO .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS .....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4. HIPÓTESIS .....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. MAÍZ .....	5
2.1.1. ORIGEN.....	5
2.1.2. CLASIFICACIÓN .....	6
2.1.2.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA O TAXONÓMICA .....	6
2.1.2.2. CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL.....	6
2.1.2.3. CLASIFICACIÓN COMERCIAL.....	7
2.1.2.3.1. MAÍZ BLANCO DURO .....	8
2.1.2.3.2. MAÍZ AMARILLO DURO .....	8
2.2. CALIDAD DEL GRANO DE MAÍZ .....	9
2.2.1. FACTORES QUE AFECTAN A LA CONSERVACIÓN DEL GRANO.....	10
2.2.1.1. HUMEDAD .....	10
2.2.1.2. DUREZA .....	11
2.2.1.3. TEMPERATURA .....	11

2.2.1.4. INOCUIDAD .....	13
2.3. OPERACIONES DE MOLIENDA.....	13
2.3.1. IMPORTANCIA .....	14
2.3.2. PARÁMETROS IMPORTANTES.....	14
2.3.3. TIPOS DE MOLIENDA .....	15
2.3.3.1. MOLIENDA SECA .....	15
2.3.3.2. MOLIENDA HÚMEDA .....	15
2.3.4. TAMIZADO.....	15
2.4. COSTO DE ENERGÍA EN LA MOLIENDA .....	16
2.4.1. COSTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA.....	17
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....</b>	<b>18</b>
3.1. UBICACIÓN .....	18
3.2. DURACIÓN.....	19
3.3. MÉTODOS .....	19
3.4. TÉCNICAS.....	19
3.5. FACTORES EN ESTUDIO .....	21
3.5.1. NIVELES.....	21
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	22
3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL .....	23
3.8. VARIABLES A MEDIR.....	23
3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	24
3.9.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	25
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
3.10.1. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) .....	26
3.10.2. COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) .....	26
3.10.3. PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA (TUKEY) .....	26
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
4.1. ESTUDIO GRANULOMÉTRICO .....	27
4.2. LECTURAS ELÉCTRICAS.....	28
4.3. COSTOS DE MOLIENDA.....	30
4.4. CALIDAD MICÓTICA.....	32
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	35

5.2. RECOMENDACIONES .....	35
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## **CONTENIDO DE CUADROS, IMÁGENES, ECUACIONES, FIGURA Y GRÁFICO**

### **CUADROS**

<b>Cuadro 2.1.</b> Duración de los granos en días dependiendo de su contenido de humedad y temperatura de almacenamiento .....	12
<b>Cuadro 2.2.</b> Efecto del tamaño de partícula del maíz en los costos de energía .....	17
<b>Cuadro 3.1.</b> Esquema del ANOVA.....	22
<b>Cuadro 3.2.</b> Esquema del ANOVA.....	23
<b>Cuadro 4.1.</b> Diámetro del maíz amarillo y blanco antes y después de moler .....	27
<b>Cuadro 4.2.</b> Valores de la lectura eléctrica para el primero y segundo objetivo. ....	29
<b>Cuadro 4.3.</b> Valores de la lectura eléctrica para el tercero y cuarto objetivo. ....	29
<b>Cuadro 4.4.</b> Valores promedios de la variable costo de molienda en las variedades y humedad del maíz.....	30
<b>Cuadro 4.5.</b> Valores promedios de los costos de molienda en la humedad de las dos variedades de maíz.....	31
<b>Cuadro 4.6.</b> Determinación micótica en muestras de maíz después de la molienda.....	34

### **IMÁGENES**

<b>Imagen 3.1:</b> Ubicación del Campus de la ESPAM MFL .....	18
<b>Imagen 3.2:</b> Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí .....	18

### **ECUACIONES**

<b>Ecuación 3.1:</b> Cálculo de potencias .....	20
<b>Ecuación 3.2:</b> Ley de Bond .....	20
<b>Ecuación 3.3:</b> Ley de Bond despejada .....	20
<b>Ecuación 3.4:</b> Costo de Molienda.....	21

**FIGURA**

**Figura 3.1.** Diagrama de flujo de la molienda del maíz. ....24

**GRÁFICO**

**Gráfico 4.1.** Media en los costos de molienda del maíz. ....32

## **RESUMEN**

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la humedad en dos variedades de maíz sobre los costos de molienda. Se aplicó un DBCA para determinar si la variedad o la humedad influyó en los tratamientos estudiados y un DCA con los porcentajes de humedad de 17, 15 y 13 en ambas variedades de maíz (amarillo duro TRUENO NB-7443 y blanco duro PICHILINGUE 513), con un total de seis tratamientos con tres réplicas. La unidad experimental fue de 4,545kg. Evaluándose también la calidad micótica del maíz molido, dando como resultado que las variedades no influyen en los costos de molienda, pero cabe indicar que la humedad si influye, lo cual da lugar a que el tratamiento el T3 (maíz amarillo duro TRUENO NB-7443 con un contenido de 13% de humedad), a un costo de \$4,03 dólares americano, valor que representaría moler una tonelada del mismo. Cabe mencionar que a estos tratamientos se les determinó la calidad micótica (mohos y aflatoxinas), demostrándose que ambos parámetros evaluados estuvieron dentro de lo que establece la NTE INEN 187 (2013) en cuanto a mohos y NTE INEN 187 (1995) en aflatoxinas. Se concluyó que el porcentaje más idóneo para realizar procesos de molienda en maíz es del 13% (T3).

## **PALABRAS CLAVES**

Maíz, costos de molienda, humedad, efecto, calidad

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to evaluate the effect of humidity in two varieties of corn on milling costs. A DBCA was applied to determine if the variety or humidity influenced the treatments studied and a DCA with the humidity percentages of 17,15 and 13 in both varieties of corn (hard yellow THUNDER NB-7443 and hard white PICHILINGUE 513), with a total of six treatments with three replicates. The experimental unit was 4,545kg. Also evaluating the fungal quality of the ground corn, resulting in the varieties not influencing the milling costs, but it should be noted that the humidity does influence, which results in the treatment of T3 (hard yellow corn THUNDER NB-7443 with a content of 13% moisture), at a cost of \$4.03 US dollars, value that would represent grinding a ton of it. It is worth mentioning that the fungal quality (molds and aflatoxins) was determined for these treatments, showing that both parameters evaluated were within the provisions of the NTE INEN 187 (2013) regarding molds and NTE INEN 187 (1995) in aflatoxins. It was concluded that the most suitable percentage to carry out corn grinding processes is 13% (T3).

## **KEYWORDS**

Corn, costs of milling, humidity, effect, quality

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El tema energético constituye uno de los problemas de mayor interés mundial, en una línea de trabajo en cualquier empresa o institución, la búsqueda incesante de soluciones que ocasionen la reducción del consumo y al uso cada vez más racional de la energía eléctrica (Laborde, 2004). En los procesos de transformación de materias primas como el maíz y productos de la agroindustria, generalmente se requiere un acondicionamiento del tamaño de partículas, para la continuación de un proceso productivo o como producto final para la venta en el mercado. El costo energético es el de mayor importancia en la trituration y molienda, de forma que los factores que controlan estos costos totales como la dureza y la humedad son de gran interés (López, 2013).

El alto contenido de humedad disminuye la densidad, e incrementa el tiempo de molienda. Los niveles de humedad tienen un gran efecto sobre el rompimiento del grano de maíz; debido a que, a mayor humedad la susceptibilidad al rompimiento es menor (Salas, 2012). La importancia de la determinación de humedad en cereales y principalmente en maíz se ve ligada con factores como calidad de materia prima, control de procesos y sobre todo garantizar la conservación de los alimentos, para las industrias es muy importante conocer el contenido de humedad de su materia prima. Otra razón para conocer el contenido de humedad en el maíz radica en la calidad y conservación de materia prima, debido a que a menor contenido de agua menor será el desarrollo de microorganismos (Villamarín, 2018).

La humedad es el factor de mayor influencia en la conservación de granos y semillas durante el almacenamiento. Su importancia está en su relación con factores biológicos que causan daño y en los que afectan el valor nutricional y económico (calidad y peso) de las cosechas, por el contrario, el deterioro de grano húmedo es muy rápido y puede llegar a niveles de 100% de pérdidas, usualmente el grano viene del campo con contenidos de humedad altos (20% o más), impidiendo su almacenamiento de forma segura (Ortíz, 2017). Este problema se evidencia en el maíz que se receipta en los talleres

de harinas y balanceados de la ESPAM MFL, donde la humedad de este cereal está por el 18 – 20%, necesitando el empleo de técnicas de secado que permitan reducir su contenido de humedad, hasta alrededor del 13% para la utilización en los diferentes alimentos que se elaboran, sin identificar la influencia que puede tener esta variable sobre los costos de molienda.

Una de las características cualitativas más relevantes del maíz es la dureza endospermica que le confiere resistencia mecánica al maíz, siendo determinante en el proceso de molienda, a pesar de que la dureza del grano está influenciada por su genética, al ser aplicada en métodos u operaciones de mejoramiento de los cultivos y de manipulación del grano al momento de ser cosechado (Grande, 2012).

Para dar solución a la problemática se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo influye la humedad en dos variedades de maíz sobre los costos de molienda?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Las razones que motivaron a realizar la presente investigación son para demostrar cómo la humedad presente en el grano de maíz y la variedad podrá incidir en los costos de molienda al momento de procesarlo destinando este cereal para distintos fines como balanceado u otros. Debido que el costo de la energía en Manabí de media tensión de tipo industrial bordea los \$0,1037 por cada Kw-h (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018), debido a lo antes argumentado estudiar los mecanismos en los que se pueda reducir estos costos de molienda y obtener beneficios significativos pero en el caso de existir una pequeña variación del consumo energético, se podrá apreciar al momento de cancelar un rubro monetario proyectado de forma mensual.

Es importante indicar que, para poder realizar la operación de molienda, los niveles de humedad a los cuales normalmente se trabaja en el área de Harinas y Balanceados son entre el 13 al 14%. Pero en muchas ocasiones el maíz llega con 18%, debido a esto es necesario expandirlo en una gran superficie para que en el transcurso de varias horas pierda humedad, es aquí donde se podrá demostrar a aquellas personas que explotan



esta materia prima, si la inversión del tiempo para secar el maíz es necesario o no y cómo influye, lo anterior en los costos al manipular diferentes porcentajes.

Dentro del estudio del maíz, la estructura de la semilla cambia en función de la variedad que se utilice para moler, lo anterior corresponde a otra de las variables en estudio que ayudarán a demostrar si la influencia de diferentes durezas de los granos causan una variación en el índice de trabajo del molino y por ende, en los costos energéticos, estos son algunos de los datos que se deben de considerar en la ecuación de Bond (3.3), misma que manifiesta que el trabajo para romper una partícula es igual al que se necesita para sobrepasar su deformación crítica, de manera que la energía necesaria es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tamaño producido (Ares, 2017).

Por otra parte, indagar en la calidad de un producto, es un aspecto que no se debe dejar a un lado, puesto que manteniendo la inocuidad del mismo no habrá pérdidas, además el grano con niveles de humedad seguros para su almacenamiento tendrá bajos o insignificantes problemas por ataque de microorganismo y bajos niveles de ataque por insectos (Ortíz, 2017). Dado este aspecto, los niveles permisibles de aflatoxinas en el grano de maíz como máximo  $20\mu\text{g}/\text{Kg}$  o (20ppb), en lo que respecta a la normativa legal vigente (NTE INEN 187, 1995) y hasta  $1,0 \times 10^5$  en hongos (NTE INEN 187, 2013).

Esta investigación no solo beneficiará a la producción de alimento que se realiza en la planta de harinas y balanceados para el ganado vacuno y porcino de la ESPAM MFL sino también a los productores agrícolas que se dediquen a la siembra de maíz, permitiéndoles conocer y controlar un rango de humedad que debe tener este grano para que puedan mejorar sus ganancias, para las variedades de maíz amarillo duro o blanco duro, ambos granos se caracterizan por su endospermo constituido en su mayor parte por almidón duro córneo y solo una pequeña parte de almidón blando en el centro (FAO, s.f).

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer los costos de molienda en dos variedades de maíz en función del contenido de humedad.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el efecto de la humedad del maíz en los costos de molienda
- Evaluar el efecto de las dos variedades de maíz sobre los costos de molienda
- Evaluar el efecto de la humedad de las dos variedades de maíz
- Determinar el efecto de la humedad y/o variedad de maíz sobre la calidad micótica

### **1.4. HIPÓTESIS**

Al menos una de las variedades de maíz y/o niveles de humedad tienen efecto sobre los costos de molienda.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. MAÍZ**

Es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal, 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 y esta sirve como elemento protector, el endospermo es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso del grano y contiene aproximadamente el 90% de almidón y el 9% de proteína y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos traza y 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 (Asturias, 2004).

Es una especie central en la alimentación y cultura de Centroamérica, se consideran al maíz como un elemento estratégico para la soberanía y seguridad alimentaria en sus distintas formas de usos y valores socioculturales, principalmente para el medio rural (González, Silos, & Estrada, 2016). A pesar de que el maíz es uno de los cultivos más estudiados en la actualidad, resulta de gran importancia conocer su origen y clasificación, existentes en el mundo (Acosta, 2009).

#### **2.1.1. ORIGEN**

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América, hoy no hay dudas del origen americano del maíz, el ecosistema que dio lugar al maíz era de invierno seco estacional en alternancia con las lluvias de verano y en una región montañosa, de cuevas empinadas y sobre roca caliza (Acosta, 2009). En Ecuador se dice que el cultivo de maíz se desarrolló hace 6500 años, pues investigaciones realizadas a partir de fitolitos en muestras de tierra, revelan que en la Península de Santa Elena (Provincia de Santa Elena), los antiguos habitantes de la cultura “Las Vegas” ya empezaron a cultivar esta

gramínea desarrollando de esta manera el inicio de una incipiente horticultura (Guacho, 2014).

### **2.1.2. CLASIFICACIÓN**

Guacho (2014) manifiesta que la clasificación del maíz puede ser botánica o taxonómica, comercial, estructural, especial y en función de su calidad.

#### **2.1.2.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA O TAXONÓMICA**

El mismo autor antes mencionado indica que la clasificación botánica del maíz es la siguiente:

**Reino:** Vegetal

**Subreino:** Embriobionta

**División:** Angiospermae

**Clase:** Monocotyledoneae

**Orden:** Poales

**Familia:** Poaceae

**Género:** Zea

**Especie:** Mays

**Nombre científico:** *Zea mays* L.

#### **2.1.2.2. CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL**

Grande (2012) aporta con la clasificación estructural del maíz tal y como se muestra a continuación:

- **Maíz harinoso:** compuesto casi exclusivamente de un almidón muy blando, predomina en la región andina de América del Sur y en México, representando entre el 10 y 12% de la producción mundial.
- **Maíz dentado:** compuesto de almidón blando y almidón duro a los costados del grano, cuando este se comienza a secar, el almidón blando se contrae y produce

una pequeña depresión con apariencia de diente. Es cultivado especialmente para grano y ensilaje y se emplea principalmente en la alimentación animal.

- **Maíz Flint (duro o córneo):** los granos son redondos, duros y suaves al tacto. Está constituido especialmente por endospermo córneo, es de madurez temprana y seca más rápidamente. Es el preferido para alimento humano y producción de fécula de maíz. También se utiliza en la molienda seca para la producción de hojuelas o cereales para el desayuno.
- **Maíz cristalino:** sus granos son lisos y redondos. Contiene una gruesa capa de endospermo cristalino que cubre un centro harinoso.
- **Maíz reventón (palomero):** posee un endospermo córneo muy duro y una pequeña porción de almidón suave. Los granos pueden ser tipo perla (redondeados) o tipo arroz (puntiagudos) y cuando se calientan la humedad se convierte en vapor que se expande, los granos se revientan y el endospermo aflora. Se consume como golosina en forma de palomitas de maíz.

### 2.1.2.3. CLASIFICACIÓN COMERCIAL

Guacho (2014) ostenta que la clasificación del maíz por colores es una formalidad comercial y las características de los diferentes tipos tal y como se presenta de la siguiente manera:

- **Maíz blanco:** Presenta un valor menor o igual a 5% de maíces amarillos. Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado no influye en esta clase.
- **Maíz amarillo:** De granos amarillos o con un trozo rojizo y que tenga un valor menor o igual al 6% de maíces de otro color.
- **Maíz mezclado:** Maíz blanco que contenga entre 5,1 a 10% de maíces amarillos, así como el maíz amarillo que presenta un valor entre 5,1 a 10% de maíces blancos.
- **Maíz negro:** Presenta un valor menor o igual a 5% de maíces blancos o amarillos. Siendo superior al 10% de maíces oscuros.

### **2.1.2.3.1. MAÍZ BLANCO DURO**

Desde el punto de vista biológico y genético, el maíz blanco es muy similar al amarillo, si bien hay una diferencia en el color del grano, la mayor parte del maíz cultivado en todo el mundo es amarillo y el maíz destinado a alimentar a los animales triplica el maíz usado para el consumo humano directo. En algunas regiones del mundo en desarrollo, aumenta con rapidez la demanda de maíz para alimentar a los animales. Sin embargo, el maíz sigue siendo un elemento importante de la alimentación del hombre en muchos países en desarrollo y donde se lo cultiva, el maíz blanco suele tener mayor importancia que las variedades amarillas (FAO, 2017).

### **PICHILINGUE 513**

Esta variedad es el resultado de un compuesto o mezcla de variedades de grano blanco, que durante algunas siembras rindieron más que las variedades de maíces criollos que comúnmente se siembran, en el Litoral Ecuatoriano durante la época lluviosa (enero-mayo) cae suficiente cantidad de lluvia como para obtener una cosecha de maíz, salvo ciertas áreas cerca de la costa de las Provincias de Manabí y Guayas donde las lluvias son escasas. Durante la época seca (julio-diciembre) en la mayor parte del Litoral es necesario aplicar riego para obtener una buena cosecha (Cortaza, 1972).

Así mismo este autor manifiesta que la variedad Pichilingue 513 puede ser usada en:

- Fabricación de alimentos balanceados para animales (muchos países dan este uso a las variedades de maíz blanco).
- Fabricación de harinas y maicenas para alimentación humana.
- En estado de choclo y como grano seco puede ser usada en la preparación de diversos platos y recetas alimenticias.

### **2.1.2.3.2. MAÍZ AMARILLO DURO**

El maíz amarillo duro es el cultivo de mayor producción mundial, principal insumo en la elaboración de alimento para aves y fuente de empleo permanente (Chura & Tejada, 2014). Es importante en los procesos de elaboración de balanceados por poseer alto valor nutritivo para la producción de carne de aves y cerdo (Hidalgo, 2013). Algunos

factores que limitan el incremento de la productividad y producción de maíz es el uso de híbridos con poca estabilidad productiva, el uso de variedades y grano de híbridos de segunda generación, sobre todo en suelos con problemas de sales y escasez de agua; a estos factores se suma la falta de tecnificación en su manejo (PERULACTEA, 2014).

### **TRUENO NB-7443**

El NB 7443 más conocido como Trueno es un híbrido de maíz amarillo, considerado de buena calidad. Es un grano cristalino, muy tolerante a las enfermedades, especialmente a la mancha de asfalto y cinta roja, enfermedades muy agresivas que reduce la producción debido a que destruye el área foliar. A nivel de Manabí en el cantón que más se lo cosecha es en Tosagua proporcionando este una cantidad de 130QQ/ha (Borbor, 2018).

## **2.2. CALIDAD DEL GRANO DE MAÍZ**

La calidad es un elemento esencial a considerar en la producción de semillas, tanto para evitar la contaminación y cumplir los estándares de calidad requeridos, como para obtener los volúmenes adecuados de semilla aprovechable, la calidad fisiológica implica la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos que permiten a la semilla mantener altos índices de viabilidad (Antuna, Rincón, & Gutiérrez, 2003). Por otra parte, la disponibilidad de una semilla con alta calidad es esencial para la utilidad de la industria y el mantenimiento de una agricultura productiva (Mendoza, Latournerie, & Moreno, 2004).

Grande (2012) indica que para evaluar la calidad del grano del maíz es importante mencionar que el resultado final dependerá en gran medida de las operaciones de cultivo, del clima, de los suelos y del manejo de la cosecha y la poscosecha, factores que influyen de manera considerable en la estructura y composición final del maíz y son relevantes al momento de seleccionar el grano que va a ser destinado a la industrialización.

## **2.2.1. FACTORES QUE AFECTAN A LA CONSERVACIÓN DEL GRANO**

Para evaluar la calidad del grano del maíz es importante mencionar que el resultado final dependerá en gran medida de las operaciones de cultivo, del clima, de los suelos y del manejo de la cosecha y la poscosecha, factores que influyen de manera considerable en la estructura y composición final del maíz y son relevantes al momento de seleccionar el grano que va a ser destinado a la industrialización (Grande, 2012). Los factores físicos tienen una influencia decisiva en el almacenamiento de los granos y las semillas, cuando las condiciones ambientales son apropiadas, los granos se podrían almacenar por largos períodos sin que presenten problemas, por el contrario, cuando las condiciones ambientales son adversas el deterioro puede ocurrir en pocos días descomponiendo el grano hasta su destrucción total (Ortíz, 2017).

### **2.2.1.1. HUMEDAD**

Grande (2012) manifiesta que la humedad influye de manera importante en los procesos de almacenamiento y comercialización del grano y sobre todo en sus costos, si el maíz se encuentra muy húmedo generará problemas en el almacenamiento por contaminación y su textura se tornará blanda provocando con ello su deterioro, por el contrario, si el maíz se encuentra muy seco tenderá a romperse o a quebrarse, el valor de humedad más aceptado para la comercialización del grano se sitúa alrededor del 15,5%, mientras que Blanco, Durañona, & Acosta (2016) indican que en algunos granos la humedad es uno de los factores principales que influyen en el rendimiento industrial, los granos se deben guardar limpios, secos (13,5% de humedad de recibo) y sin daño mecánico, con lo cual el riesgo de deterioro es mínimo, para esto, se debe considerar el acondicionamiento, el almacenamiento y el control de calidad de los granos durante esta etapa.

Durante el almacenaje, los hongos causan la mayoría de problemas por calentamiento, compactación y deterioro de granos, se debe controlar la humedad y temperatura del grano para evitar el desarrollo del hongo, estos hongos crecen en condiciones más secas de las que pueden soportar los hongos de campo, como ejemplos se puede citar: *Aspergillus* y *Penicillium* (Bolívar, 2007).



El mismo autor mencionado anteriormente indica que a menor humedad mayor sería la conservación del grano y calidad, en cambio a mayor humedad los granos respiran más activamente con las siguientes consecuencias:

- Producción de humedad y calor.
- Se incrementa la respiración.
- Facilita el desarrollo de hongos.
- Las altas temperaturas y los hongos destruyen el grano.
- Los granos ya dañados no resistirán el ataque de hongos.
- Los granos partidos son deteriorados más rápidamente.

La relación de la humedad relativa y la humedad del grano con el crecimiento de hongos está claramente demostrada, la razón por la que hongos del género *Aspergillus* son los contaminantes más comunes del grano almacenado es que se adaptan mejor a las condiciones ambientales en que generalmente se almacena el grano (Bolívar, 2007).

#### **2.2.1.2. DUREZA**

Esta característica es muy importante debido a que la dureza endospermica le confiere resistencia mecánica al maíz, lo cual es determinante en el proceso de molienda. A pesar de que la dureza del grano está dada por su genética, se pueden utilizar en métodos u operaciones de mejoramiento de los cultivos y de manipulación del grano al momento de ser cosechado. La dureza obedece a diferentes interacciones del almidón con las proteínas lo cual se observa en la diferencia existente entre el endospermo harinoso y el córneo, consistente en que el grado de adhesión entre la molécula de almidón y la proteína es mayor en el endospermo córneo que en el harinoso (Grande, 2012).

#### **2.2.1.3. TEMPERATURA**

El microclima que rodea al grano es afectado por la temperatura del ambiente que lo rodea, esta temperatura cambia de acuerdo a los efectos de la radiación solar, el secado del grano almacenado y la importancia de la temperatura radica en su efecto sobre factores biológicos como los microorganismos e insectos, estos microorganismos (hongos) que atacan el grano almacenado se desarrollan rápidamente a temperaturas

mayores de 25°C, con un rango óptimo entre 28 y 32°C si se encuentra humedad disponible, según se desarrollen, la temperatura irá en aumento debido a su metabolismo y crecimiento, causando la descomposición del grano, estos hongos mueren cuando la temperatura del grano está fuera del margen en que se efectúa su crecimiento por eso es importante mantener el grano a temperaturas inferiores de las óptimas para evitar el desarrollo de los hongos y que este no se dañe (Ortíz, 2017).

La FAO (1993) indica que la temperatura y la humedad tienen también una influencia determinante sobre el ritmo de desarrollo de estos agentes de degradación como los son los microorganismos (mohos, levaduras y bacterias), dada su influencia sobre el ritmo de desarrollo de los fenómenos de degradación mencionados, la temperatura y el grado de humedad de los granos condicionan la duración máxima del almacenamiento (cuadro 2.1).

**Cuadro 2.1.** Duración de los granos en días dependiendo de su contenido de humedad y temperatura de almacenamiento

Duración de almacenamiento en días						
Humedad	Temperatura					
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
13%				180	115	90
14%			160	100	50	30
15%			100	50	30	15
16%		130	50	30	20	8
17%		65	35	22	12	5
18%	130	40	25	17	8	2
19%	70	30	17	12	5	0
20%	45	22	15	8		
21%	30	17	11	7		
22%	23	13	8	6		
23%	17	10	7	5		
24%	13	8	4	4		
25%	10	3	6	3		

Fuente: FAO, (1993).

La temperatura depende no sólo de las condiciones climáticas, sino también de las transformaciones bioquímicas que se producen en el interior de una masa de granos, provocando un recalentamiento natural indeseable de los productos guardados (FAO, 1993).

#### **2.2.1.4. INOCUIDAD**

Los granos son organismos vivos, formados por una capa protectora (pericarpio), reserva de alimentos (endosperma) y el embrión (germen), en su estado entero, sano y limpio presentan resistencia a la descomposición ocasionada por microorganismos e insectos, cuando su capa protectora está dañada o el grano está quebrado, se verá más susceptible al ataque de estas plagas, aunque se almacene bajo condiciones ambientales favorables (Ortíz, 2017). El grano del maíz, puede contaminarse con hongos capaces de producir micotoxinas (Villalobos, Martínez, & Morales, 2003). Esta característica es fundamental en todos los aspectos de la cadena de valor agregado del maíz, mantener las condiciones adecuadas de limpieza, control, desinfección e inspección; para evitar la propagación de microorganismos como los hongos (Grande, 2012).

### **2.3. OPERACIONES DE MOLIENDA**

La molienda es una operación unitaria que tiene como objetivo reducir el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida, existiendo así transferencia de movimiento exclusivo de los sólidos, a pesar de que solo implica una transformación física de la materia sin alterar su naturaleza, es de suma importancia en diversos procesos industriales, debido a que el tamaño de las partículas representa en forma indirecta áreas, que a su vez afectan las magnitudes de los fenómenos de transferencia entre otras, considerando lo anterior, el conocimiento de la granulometría para determinado material es de suma importancia (Martes, Cruz, & Valdez, 2015). Generalmente se habla de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a una pulgada siendo el grado de desintegración mayor al de trituración (Arroyo, Medina, & Vicaría, 2013).

### 2.3.1. IMPORTANCIA

La importancia de la operación de reducción de tamaño o desintegración de trozos, gránulos de partículas, no consiste solamente en obtener pedazos pequeños a partir de los grandes, además también se persigue tener un producto que posea determinado tamaño granular comprendido entre límites pre-establecidos; porque se da el caso que un sólido con un intervalo de tamaño satisfactorio para una operación determinada, puede resultar inconveniente para otra operación, aunque se trate de la misma substancia, por lo cual si la velocidad de reacción en la mayoría de las reacciones sobre partículas sólidas es directamente proporcional al área de contacto entre fases; la reducción de tamaño se lleva a cabo principalmente para aumentar esta área (UNAM, 2012).

### 2.3.2. PARÁMETROS IMPORTANTES

Para la obtención de las curvas granulométricas deseadas es evidente la importancia de seleccionar el tipo de molienda deseado, sistema de molienda y para ello, la aptitud a la molienda, es decir, la molturabilidad de cada materia prima es el parámetro más importante (Martes, Cruz, & Valdez, 2015).

Los mismos autores antes mencionados indican que existen una serie de parámetros importantes que influyen en la molienda de los materiales los cuales son:

- **Velocidad Crítica:** La velocidad crítica para un molino y sus elementos moledores es aquella que hace que la fuerza centrífuga que actúa sobre los elementos moledores equilibre el peso de los mismos en cada instante.
- **Relaciones entre los elementos variables:** El diámetro del molino, su velocidad y el diámetro de los elementos moledores son los elementos variables.
- **Tamaño Máximo de los Elementos Moledores:** Los elementos moledores no tienen todos los mismos tamaños, sino que a partir de un diámetro máximo se hace una distribución de los mismos en tamaños inferiores.
- **Volumen de Carga:** El volumen ocupado por los elementos moledores y el material a moler referido al total del cilindro del molino, es lo que se denomina

volumen de carga, habitualmente es del 30% al 40%, y de este volumen, el material a moler ocupa entre un 30% a un 40%.

- **Potencia:** La máxima potencia es desarrollada cuando el volumen de carga es del 50% aproximadamente, generalmente se trabaja entre un 30% y un 40%, debido a que como la curva es bastante plana, el porcentaje de potencia entregado es similar al 50%.

### **2.3.3. TIPOS DE MOLIENDA**

#### **2.3.3.1. MOLIENDA SECA**

Es practicada de forma artesanal y fue la primera técnica aplicada por diversas culturas para la obtención de productos derivados del maíz, las cuales se encargaron de introducir y aclimatar la planta en sus regiones, sus principales productos eran la harina (o sémola de maíz molido) para la elaboración de arepas. También se utilizó en la fabricación de bebidas, alimentos y cereales (Grande, 2012).

#### **2.3.3.2. MOLIENDA HÚMEDA**

Es un proceso empleado por grandes industrias para la obtención de almidón principalmente, aunque de igual modo se obtienen muchos derivados durante el proceso, a diferencia de la molienda seca emplea aguas de cocimiento en condiciones controladas con el fin de ablandar el grano, es un proceso complejo en el cual se separan los componentes por medios físicos y químicos, en esta molienda la refinera de maíz busca que el almidón: se refine y mejore; produzca endulzantes de maíz; se fermente para hacer alcohol; se venda por su aceite; y produzca derivados de valor agregado de fermentación utilizando dextrosa (Grande, 2012).

#### **2.3.4. TAMIZADO**

Es una operación unitaria que tiene por objeto separar las distintas fracciones de un polvo o mezcla de polvos en función del tamaño de partícula, cada una de las cuales estará formado por partículas de tamaño más uniforme que la mezcla original, esta separación suele constituir un método de análisis físico, tanto para el control de la eficacia de otras operaciones básicas (trituration y molienda) como para determinar el valor de un

producto para algunas de sus aplicaciones específicas, por lo tanto, la finalidad de la tamización es el de clasificar las partículas de acuerdo a su diámetro mediante el uso de una serie de tamices; esta operación es conocida como análisis granulométrico (Perez, 2016).

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total, para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas (Simeón, 2012).

## **2.4. COSTO DE ENERGÍA EN LA MOLIENDA**

Desde el punto de vista operativo, la reducción de tamaño, refleja una baja eficiencia en el consumo de energía debido a que la mayor parte de ésta se desprende como calor al interior del molino provocando una pérdida de calidad, como se sabe, la molienda es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas sólidas al dividir y/o fraccionar una muestra sólida, implica sólo una transformación física que debe conservar las características de la materia prima inicial, se pueden emplear molinos que aplican fuerzas preponderantes de impacto, cizalla o la combinación de ambas (Cortazar, Meléndez, & Hernández, 2008).

Los mismos autores antes mencionados indican que la fuerza aplicada depende de su magnitud, dirección y velocidad, permitiendo que las partículas la absorban en forma de tensión, produciendo una deformación en su estructura y cuando se sobrepasa este límite, es entonces que el material se fractura produciendo nuevas superficies, cada nueva superficie requiere determinada cantidad de energía para seguir fracturándose hasta que la partícula presente un tamaño menor a la inicial obteniéndose distribuciones de tamaño que incluyen partículas gruesas, medianas y finas, la energía necesaria está en función del tamaño inicial y final, de la fuerza aplicada y de las características iniciales del material a moler, a esto se agrega una serie de factores que limitan la reducción de

tamaño como es el contenido de humedad, el contenido de grasas o aceites y la forma geométrica.

Para la trituración en molinos hay que gastar grandes cantidades en energía, de las cuales solamente una parte muy pequeña, menos del 1%, se consume como trabajo útil que conduce a un aumento de la superficie del material, mientras que la mayor parte, más del 99%, se pierde, sobre todo en forma de calor y de cambios en el régimen de trabajo mecánico, el consumo total de energía para la molienda se influye, por muchísimos parámetros que, por una parte, vienen dados por las propiedades específicas del material a moler y por otra, por los datos de servicio y la construcción del molino, así como también por el tamaño y el tipo de los cuerpos molturadores (Cloudfio, 1970).

#### 2.4.1. COSTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA

El costo asociado a la molienda para reducir su tamaño de partículas, es el segundo elemento del costo energético seguido de otros procesos, la razón es porque para llevar el tamaño de partículas a unas más finas, se requiere mayor uso de energía, se ha reportado un ahorro de hasta 27% solo por incrementar el tamaño del agujero de los tamices de los molinos desde 4,6mm a 6,35mm, el costo por tonelada de moler los granos es impactado en US\$ 0,05 por cada 100 micrones que se reduzca de tamaño de partícula entre 800 y 400 micrones, reducir el tamaño de partículas también reduce la producción total del molino de los alimentos (El Sitio Avícola, 2016).

El mismo autor indica que al reducir el tamaño de partículas de 1000 a 400 micrones, no solo incrementa el consumo eléctrico de 2,42 kilowatt/hora a 7,35 kilowatt/hora, sino que también reduce la producción del molino de 3 a 1,43 toneladas por hora (cuadro 2.2).

**Cuadro 2.2.** Efecto del tamaño de partícula del maíz en los costos de energía

	Tamaño de partículas (micrones)			
	1000	800	600	400
Energía de molienda (kilowatt/hora)	2,42	2,78	3,46	7,35
Producción del molino (toneladas/hora)	3	3	2,85	1,43

Fuente: El Sitio Avícola, (2016).

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se desarrolló en el taller de harinas y balanceados (determinación de los costos de molienda) y laboratorio de microbiología del área agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” de la provincia de Manabí, cantón Bolívar a tres kilómetros de la parroquia Calceta dentro de las siguientes coordenadas: Latitud  $0^{\circ} 49' 38,928''$  sur; Longitud  $80^{\circ} 11' 14,033''$  oeste; Altitud 15m.s.n.m, y los análisis al maíz molido para Aflatoxinas se los realizó en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en los laboratorios de la facultad agropecuaria, misma que se encuentra ubicada en el cantón Manta con las siguientes coordenadas: Latitud  $0^{\circ} 57' 14,251''$  sur; Longitud  $80^{\circ} 44' 42,186''$  oeste (Google Map, 2019).

**Imagen 3.1:** Ubicación del Campus de la ESPAM MFL



Fuente: (Google Map, 2019)

**Imagen 3.2:** Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí



Fuente: (Google Map, 2019)



### **3.2. DURACIÓN**

La presente investigación tuvo una duración de siete meses a partir de su aprobación.

### **3.3. MÉTODOS**

Para la evaluación de los tratamientos se aplicó el método experimental, debido a que se evaluó distintos porcentajes de humedad en las dos variedades de maíz, para conocer si mediante estas variaciones existía diferencia significativa en los costos de molienda.

### **3.4. TÉCNICAS**

- **TAMIZADO DEL MAÍZ**

En el estudio granulométrico del maíz fue necesario tamizar, esto ayudó a determinar el diámetro inicial del maíz, puesto que la ley de Bond indica que si el 80% de la alimentación pasa una malla de tamaño de  $D_i$  (mm) y 80% del producto una malla de  $D_f$  (mm), se utiliza la ecuación para determinar la potencia de un molino (McCabe & Smith, 2017).

Los tamices de madera fueron fabricados por los autores de esta investigación, estos poseen las siguientes dimensiones:

Tamiz # 1 = 13mm

Tamiz # 2 = 11mm

Tamiz # 3 = 9mm

Tamiz # 4 = 7mm

Tamiz # 5 = 5mm

Estas dimensiones fueron utilizadas como referencias de un estudio del tamaño del grano de maíz en el que se utilizó cribas de 8 a 5mm (Mendoza, Livera, & González, 2006).

- **MEDICIÓN DE LA POTENCIA**

Para el cálculo de la potencia que tuvo el molino operando, se necesitó de un voltímetro y amperímetro marca Greenlee modelo CM-1350, al multiplicar esta, estos valores teniéndose como resultado, kilovatios, como se muestra en la ecuación 3.1.

$$Pot = Vol * Amp \quad [3.1]$$

**Donde:**

**Pot** = Potencia medida en Kilovatios

**Vol** = Voltaje medido en Voltios

**Amp** = Intensidad de corriente medida en Amperios

Se utilizó la ecuación 3.2, propuesta por Bond (McCabe & Smith, 2017), misma que sirvió para calcular el índice de trabajo, valor que se requiere para encontrar los costos de molienda, ecuación despejada 3.3.

$$P_w = \dot{m} * 0,3162 * W_i \left( \frac{1}{\sqrt{D_f}} - \frac{1}{\sqrt{D_i}} \right) \quad [3.2]$$

$$W_i = \frac{P_w}{\dot{m} * 0,3162 * \left( \frac{1}{\sqrt{D_f}} - \frac{1}{\sqrt{D_i}} \right)} \quad [3.3]$$

**Donde:**

**P<sub>w</sub>** = Potencia de trabajo del molino medida en Kw

**$\dot{m}$**  = Flujo Másico medido en Ton/horas

**W<sub>i</sub>** = Índice de trabajo medido en Kw-hora/Ton

**D<sub>f</sub>** = Diámetro Final medido en mm

**D<sub>i</sub>** = Diámetro Inicial medido en mm

- **MEDICIÓN DEL COSTO DE MOLIENDA**

Para el cálculo del costo de molienda fue necesario considerar el índice de trabajo y el costo de la energía, como se presenta en la ecuación 3.4.

$$\text{Costo de Molienda} = W_i * CUE \text{ [3.4]}$$

$W_i$  = Índice de trabajo medido en Kw-hora/Ton

**CUE** = Costo Unitario de la Energía en \$/Kw-hora

- **TÉCNICAS DE LABORATORIOS**

Se basaron en la determinación de la calidad micótica después de la molienda:

**Hongos:** se evaluó su presencia o ausencia utilizando el método de ensayo AOAC método oficial 997.02 (2000), para luego comparar los resultados con la NTE INEN 187 (2013).

**Aflatoxinas:** se analizó si existe presencia o ausencia de aflatoxinas utilizando el método de ensayo de Medina, Irey & Roque (2002), para luego comparar los resultados la NTE INEN (1995).

### 3.5. FACTORES EN ESTUDIO

- **Factor A (Bloque):** variedad de maíz
- **Factor B:** porcentaje de humedad

#### 3.5.1. NIVELES

Para el factor A se utilizó los siguientes niveles:

- **Bloque 1:** amarillo duro TRUENO NB-7443
- **Bloque 2:** blanco duro PICHILINGUE 513

Para el factor B se utilizó los siguientes niveles:

- **b<sub>1</sub>:** 17%
- **b<sub>2</sub>:** 15%
- **b<sub>3</sub>:** 13%

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para dar cumplimiento a esta investigación tanto para el primero y segundo objetivo se aplicó un diseño de bloque completamente al azar (DBCA), en el cual se bloqueó la variable variedad y este se ajustó al siguiente modelo matemático, detallado en la fórmula [3.5]

$$Y_{ijb} = \mu + t_i + b_j + \varepsilon_{ijb} \quad [3.5]$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = Respuesta productiva

$\mu$  = fuente de variación total

$t_i$  = fuente de variación de los tratamientos

$b_j$  = fuente de variación de bloques

$\varepsilon_{ijb}$  = fuente de variación de error experimental

El esquema del ANOVA que se utilizó se lo presenta a continuación en el cuadro 3.1

**Cuadro 3.1.** Esquema del ANOVA

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	5
Tratamientos	2
Bloque	1
E.E	2

Mientras que para dar cumplimiento al tercer y cuarto objetivo se aplicó un nuevo diseño completamente al azar (DCA), con un total de seis tratamientos, a los cuales se les determinó la calidad micótica de cada uno de ellos, este diseño se ajustó al siguiente modelo matemático, detallado en la fórmula [3.6]

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij} \quad [3.6]$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = Respuesta productiva

$\mu$  = fuente de variación total

$t_i$  = fuente de variación de los tratamientos

$\varepsilon_{ij}$  = fuente de variación de error experimental

El esquema del ANOVA que se utilizó se lo presenta a continuación en el cuadro 3.2

**Cuadro 3.2.** Esquema del ANOVA

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	17
Tratamientos	5
E.E	12

### 3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

En el trabajo experimental para el primero y segundo objetivo se tuvo un total de tres tratamientos con dos series o repeticiones, para cada réplica se utilizó 4,545kg de maíz, obteniendo un total de seis unidades experimentales, mientras que para el tercer y cuarto objetivo se tuvo un total de seis tratamientos con tres réplicas, logrando un total de 18 unidades experimentales, en todo el experimento se necesitó 40,909Kg de cada una de las variedades de maíz.

### 3.8. VARIABLES A MEDIR

- Costos de molienda

Indicadores de la variable costo de molienda:

- Amperaje
- Voltaje
- Diámetros iniciales y finales del grano del maíz

### 3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El desarrollo de la investigación se realizó siguiendo la secuencia descrita a continuación en el diagrama de proceso:

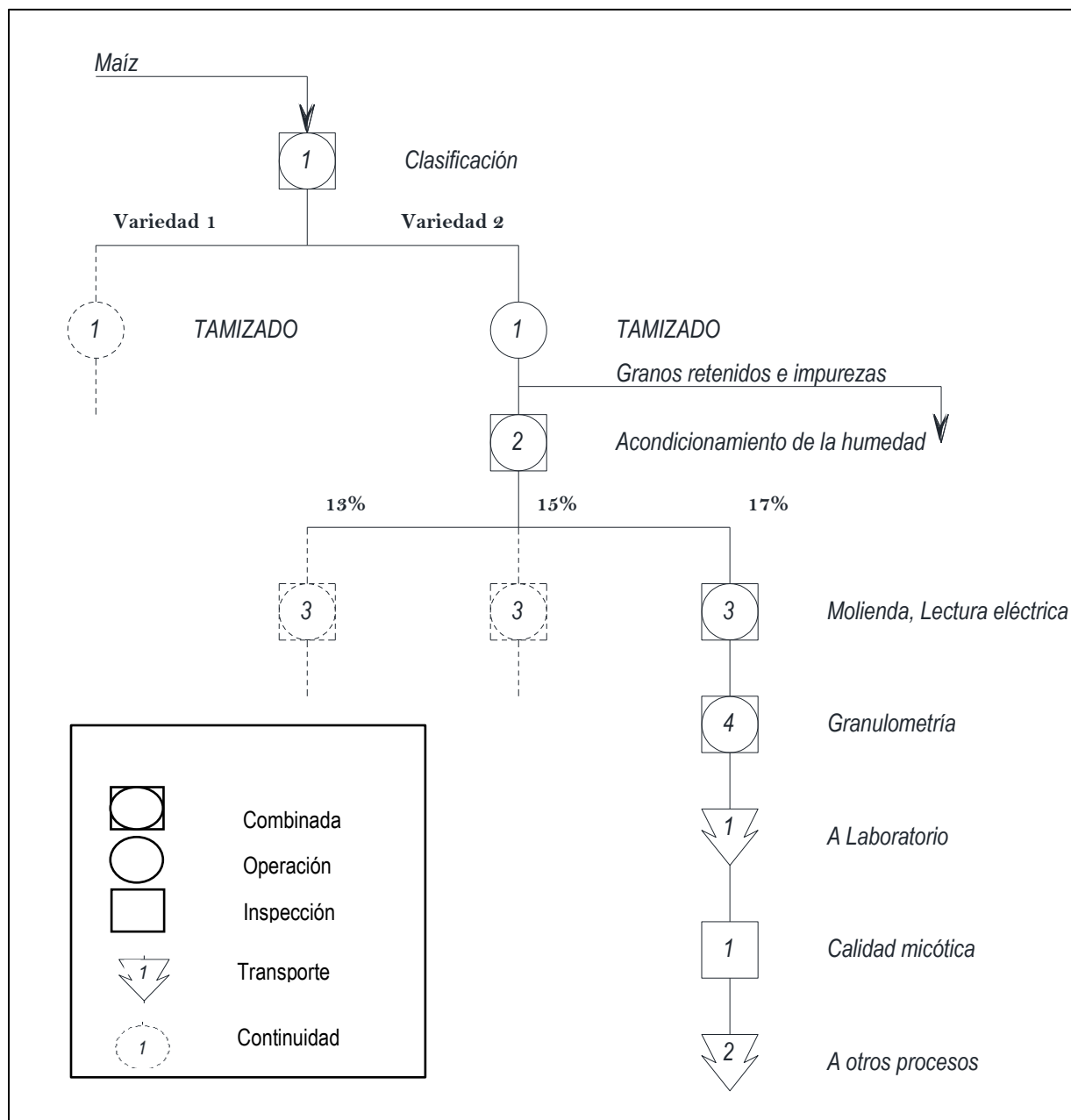


Figura 3.1. Diagrama de flujo de la molienda del maíz.

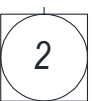
### 3.9.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO



**Clasificación:** en esta etapa, se clasificó los granos de maíz de acuerdo a su variedad, Amarillo duro y Blanco duro, necesariamente estas dos variedades deberán estar con una humedad mayor a 18%.



**Tamizado:** con la ayuda de cinco tamices de madera que van desde cinco a trece mm, se seleccionaron los granos por tamaño.



**Acondicionamiento de la Humedad:** para esta etapa fue necesario reducir la humedad con la que se recibió inicialmente el maíz, expandiéndose en un espacio abierto hacia el sol, hasta que alcance 13, 15 y 17% de humedad, estas se controlaron con la ayuda de la termo balanza marca Boeco modelo BMA 150.



**Molienda y Lectura eléctrica:** el grano de maíz entró por un molino de martillo por cizallamiento marca Inmegar modelo 7094 y a la vez se tomó la respectiva lectura eléctrica con la ayuda de un voltímetro y un amperímetro Greenlee modelo CM-1350.



**Granulometría:** en esta etapa las partículas de maíz molido fueron introducidas en la zaranda para conocer su tamaño final.



**A laboratorio:** el maíz molido se transportó hasta el laboratorio.



**Calidad Micótica:** se realizaron los respectivos análisis de hongos y aflatoxinas a cada una de las variedades de maíz molido, a su respectivo nivel de humedad.



**A otros Procesos:** el producto terminado será destinado a otros procesos.

### **3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizaron los supuestos del ANOVA con significancia menor al 5% para la variable respuesta de este estudio como fue el costo de molienda, donde se aplicaron las pruebas que se indican en los acápite siguientes.

#### **3.10.1. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)**

Se utilizó para determinar la diferencia significativa entre los tratamientos.

#### **3.10.2. COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)**

Permitió determinar la homogeneidad de las varianzas en los datos obtenidos con respecto a las variables.

#### **3.10.3. PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA (TUKEY)**

Se utilizó para determinar la diferencia de las medias de los tratamientos, al 5% de probabilidad.



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ESTUDIO GRANULOMÉTRICO

Mediante el estudio granulométrico se pudo determinar que el diámetro inicial del maíz amarillo y blanco fue de 7mm, valor que se obtuvo mediante la utilización de los 5 tamices de madera con alambres de nylon (diámetro) y que se reemplazó en la ecuación 3.3., como lo indica la Ley de Bond (McCabe & Smith, 2017). Este último valor mencionado fue similar a una investigación basada en el tamaño de semilla en variedades de maíz para forraje (Mendoza, Livera, & González, 2006) ver cuadro 4.1.

El resultado de los diámetros después de la molienda de las dos variedades de maíz fueron similares, debido a que se utilizó una sola criba de 2mm en el molino de martillo por cizallamiento INMEGAR modelo 7094, este valor se determinó con la zaranda y también fue reemplazado en la ecuación 3.3., de la Ley de Bond (McCabe & Smith, 2017). En otro estudio de procesamiento de granos de maíz para elaboración de balanceado, utilizaron un molino Thomas Willey, con una criba de 1mm, criba de similar diámetro utilizada en el proceso de molienda (Velásquez, Noguera, & Posada, 2013) ver cuadro 4.1.

**Cuadro 4.1.** Diámetro del maíz amarillo y blanco antes y después de moler

ANTES DE MOLIENDA			DESPUÉS DE MOLIENDA		
Diámetro de tamiz	Amarillo	Blanco	Diámetro de tamiz	Amarillo	Blanco
13mm	0g	0g	2mm	5,8g	10g
11mm	0g	0g	1,7mm	18g	20,4g
9mm	3g	5g	1,4mm	14,6g	15,7g
7mm	13g	14g	1,18mm	17,7g	18,5g
5mm	84g	81g	1mm	4,5g	3,7g
			850µm	5,6g	4g
			710µm	5,8g	4,3g
			<710µm	27g	21,8g

g: gramo, mm: milímetro, µm: micra, <: menor que

## 4.2. LECTURAS ELÉCTRICAS

Los resultados de las lecturas eléctricas se obtuvieron mediante la utilización del voltímetro y amperímetro de marca Greenlee, el voltaje del molino se mantuvo siempre constante con un valor de 227 Voltios y un amperaje sin carga de 23,5 Amperios, este último valor fue restado del amperaje total al momento de moler, debido a que se evaluó el costo de la operación de molienda, además se utilizaron las ecuaciones 3.3. y 3.4., para calcular índice de trabajo y costo de molienda, en la cual se utilizó el valor del costo de energía en Manabí siendo este de: \$0,1037 por cada Kw-h (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018) ver cuadro 4.2.

Para el resultado de las potencias obtenidas en la operación de molienda, fue posible identificar que el valor máximo que se obtuvo 1,73Kw, potencia que se presentó como un valor elevado debido a que la potencia nominal del molino que se utilizó en el experimento fue de 5,341Kw, como resultado se obtuvo una eficiencia del 24%, valor que resultó ser bajo en la utilización de este último y que se calculó dividiendo su potencia de trabajo sobre su potencia total, ver cuadro 4.3.

Como lo manifiesta Figueroa, Pérez, & Hernández (2008), que a pesar de los resultados obtenidos, en su investigación direccionada a la determinación del consumo de energía y distribución de tamaño de partícula en la molienda de canela y pimienta negra, presentó características similares a las que se utilizaron en el experimento tanto, en diámetro inicial de partícula a moler como el diámetro de la criba de 2mm, utilizando un molino de martillo de 1,3Kw, el cual presentó una potencia de trabajo de 0,369Kw para esta operación, por tanto; una eficiencia de 21%, siendo esta muy baja (de 25 a 60%) a la reportada por McCabe & Smith (2017).

Al comparar las eficiencias de ambos molinos de martillos se reflejó que el utilizado en este estudio fue un poco superior, en cuanto al consumo energético, a diferencia del molino utilizado en la investigación de los autores antes mencionados el cual es menor.

**Cuadro 4.2.** Valores de la lectura eléctrica para el primero y segundo objetivo.

TRATAMIENTO HUMEDAD	VARIEDAD 1 AMARILLO							VARIEDAD 2 BLANCO						
	Vol	Amp	Pot	t(h)	m	Wi	CM	Vol	Amp	Pot	t(h)	m	Wi	CM
17%	227	6,7	1,52	0,036	0,13	114,47	11,87	227	7,6	1,73	0,038	0,12	137,97	14,31
15%	227	5,6	1,27	0,033	0,14	89,7	9,30	227	5	1,14	0,03	0,15	72,75	7,54
13%	227	2,6	0,59	0,03	0,15	37,48	3,89	227	3,7	0,84	0,025	0,18	44,45	4,61

**Vol:** voltaje, **Amp:** amperaje, **Pot:** potencia, **t:** tiempo, **m:** flujo másico, **Wi:** índice de trabajo, **CM:** costo de molienda.

De igual manera en el cuadro 4.3., se muestran los resultados obtenidos de las lecturas eléctricas de los seis tratamientos con los que se trabajó en el DCA.

**Cuadro 4.3.** Valores de la lectura eléctrica para el tercero y cuarto objetivo.

Tratamientos	Vol	Amp	Pot(kw)	t(Seg)	t(h)	m	Wi	Costo Molienda
<b>T1</b> (amarillo/17%)	227,3	6,7	1,52	128	0,036	0,13	114,47	11,87
	227,3	6	1,36	129	0,036	0,13	103,31	10,71
	227,3	6,5	1,48	127	0,035	0,13	110,19	11,43
<b>T2</b> (amarillo/15%)	227,3	5,6	1,27	120	0,033	0,14	89,70	9,30
	227,3	5,4	1,23	123	0,034	0,13	88,66	9,19
	227,3	5,5	1,25	117	0,033	0,14	85,89	8,91
<b>T3</b> (amarillo/13%)	227,3	2,6	0,59	108	0,030	0,15	37,48	3,89
	227,3	2,8	0,64	110	0,031	0,15	41,11	4,26
	227,3	2,7	0,61	106	0,029	0,15	38,20	3,96
<b>T4</b> (blanco/17%)	227,3	7,6	1,73	136	0,038	0,12	137,97	14,31
	227,3	7,4	1,68	132	0,037	0,12	130,38	13,52
	227,3	6,5	1,48	140	0,039	0,12	121,47	12,60
<b>T5</b> (blanco/15%)	227,3	5	1,14	109	0,030	0,15	72,75	7,54
	227,3	4,8	1,09	107	0,030	0,15	68,56	7,11
	227,3	4,9	1,11	111	0,031	0,15	72,60	7,53
<b>T6</b> (blanco/13%)	227,3	3,7	0,84	90	0,025	0,18	44,45	4,61
	227,3	3,5	0,80	92	0,026	0,18	42,98	4,46
	227,3	3,4	0,77	88	0,024	0,19	39,94	4,14

**Vol:** voltaje, **Amp:** amperaje, **Pot:** potencia, **t:** tiempo, **m:** flujo másico, **Wi:** índice de trabajo, **CM:** costo de molienda.

### 4.3. COSTOS DE MOLIENDA

Al determinar los costos de molienda de las dos variedades de maíz (amarillo duro TRUENO NB-7443 y blanco duro PICHILINGUE 513), se pudo observar que no influyó la variedad en ninguno de los costos, según lo que manifiesta la FAO (2017) en donde declara que desde el punto de vista biológico y genético, el maíz blanco y el amarillo son muy similares, existiendo una diferencia en cuanto a el color del grano. Pero en cuanto al porcentaje de humedad los análisis de varianza determinaron diferencia significativa en los diferentes tratamientos, lo cual indica que la humedad presente en los granos si influye significativamente frente a los costos de molienda (ver anexo 26, 27 y 28) y ver cuadro 4.4.

**Cuadro 4.4.** Valores promedios de la variable costo de molienda en las variedades y humedad del maíz.

VARIEDADES DE MAÍZ	PORCENTAJE DE HUMEDAD	
NS	17%	13,09 ± 1,72534b
	15%	8,42 ± 1,24451ab
	13%	4,25 ± 0,50912 <sup>a</sup>

Los valores corresponden al promedio de la variable costo de molienda (\$/Ton) ± desviación estándar. a y b, difieren estadísticamente al 5% de probabilidades de error. **NS**: no significativo, \*: significativo al 5%.

La prueba de TUKEY evidenció que los tratamientos 17%, 15% y 13% de humedad señalados como “b, ab y a” los costos de molienda varían; según los resultados obtenidos el tratamiento que presentó menos costo en el proceso de molienda fue el de 13% de humedad, por tal razón, Blando, Durañona & Acosta (2016) indican; que el manejo del grano húmedo es un aspecto que frecuentemente constituye un problema económico. La cosecha con elevada humedad en el grano obliga al secado artificial para asegurar la calidad (Ordóñez, Gely, & Pagano, 2012). Por otra parte según Chucuya (2018) la alta humedad disminuye la densidad e incrementa el tiempo de molienda, de la misma forma los niveles de humedad tienen un gran efecto sobre el rompimiento del grano de maíz, debido a que, a mayor humedad la susceptibilidad al rompimiento del grano es menor. Así mismo Grande (2012) manifiesta que la humedad del maíz influye de manera importante sobre todo en sus costos, indicando que el porcentaje de humedad más aceptado para la comercialización de dicho grano se sitúa alrededor del 15,5%.

Es importante destacar que se logró determinar el efecto de la humedad de las dos variedades de maíz tal y como se observa en el cuadro 4.5., en el cual los análisis de varianza determinaron diferencia significativa entre los tratamientos (ver anexo 26, 27 y 28).

**Cuadro 4.5.** Valores promedios de los costos de molienda en la humedad de las dos variedades de maíz.

<b>COSTO DE MOLIENDA</b>	
**	
<b>T1</b>	11,3367 ± 0,58561d
<b>T2</b>	9,1333 ± 0,20108c
<b>T3</b>	4,0367 ± 0,19655a
<b>T4</b>	13,4767 ± 0,85582e
<b>T5</b>	7,3933 ± 0,24542b
<b>T6</b>	4,4033 ± 0,24007a

Los valores corresponden al promedio de la variable costo de molienda (\$/Ton) ± desviación estándar. a, b, c y d difieren estadísticamente al 5% de probabilidades de error. **NS**: no significativo, **\*\***: altamente significativo al 5%.

La prueba de TUKEY demostró que los tratamientos T1 (amarillo/17%), T2 (amarillo/15%), T3 (amarillo/13%), T4 (blanco/17%), T5 (blanco/15%) y T6 (blanco/13%) señalados como “d, c, a, e, b, a” , mismos que tuvieron diferencia entre los costos de molienda, ubicando como mejor tratamiento al T3 el cual contiene un 13% de humedad y un costo \$4,03 valor que representaría moler una tonelada de maíz amarillo duro TRUENO NB-7443, aunque la diferencia que existió entre los tratamientos T3 y T6 con el mismo porcentaje de humedad (13%) es mínima de \$0,37; lo que significaría para las grandes industrias un valor muy notable. Según expresa Martines (2012) estos contenidos elevados de humedad que están presentes en el grano se da debido a que estos son materiales higroscópicos que intercambian (absorben o evaporan) humedad con el ambiente que afecta a las propiedades del grano, por lo que es importante medir y controlar la cantidad de agua presente en ellos.

La media de los costos de molienda en el maíz amarillo duro TRUENO NB-7443 es menor a diferencia del maíz blanco duro PICHILINGUE 513, es decir cuesta menos moler un maíz amarillo a diferencia del blanco, cabe mencionar que lo que influye dentro de estos costos es el porcentaje de humedad presente en los granos. Por tal motivo Martines

(2006) menciona que la cantidad de agua contenida en granos, cereales y semillas, que se conoce como contenido de humedad (MC), es importante en estos materiales puesto que de sus valores depende su calidad.

En el grafico 4.1., se pudo observar la media en los costos de molienda.

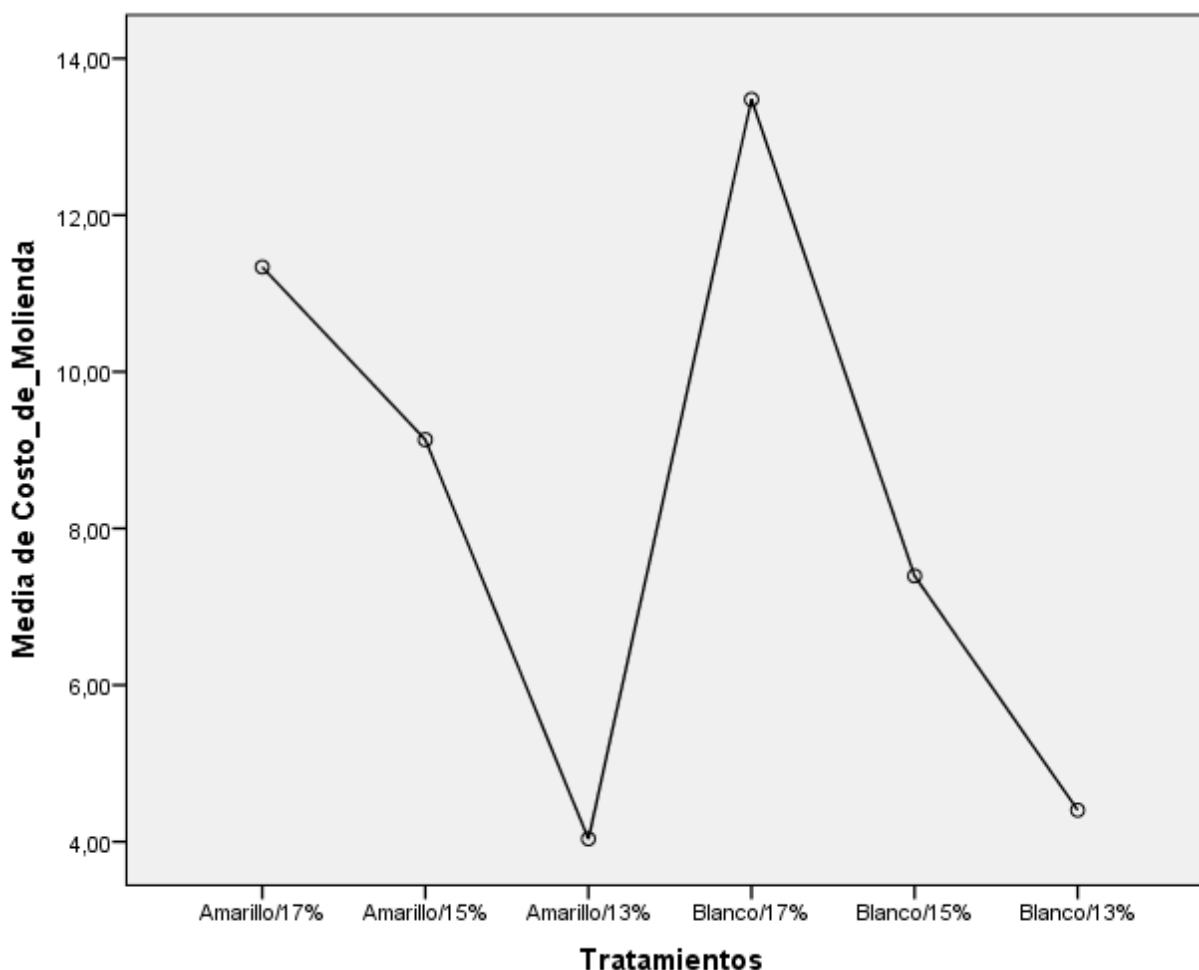


Gráfico 4.1. Media en los costos de molienda del maíz.

#### 4.4. CALIDAD MICÓTICA

El deterioro del grano no se puede evitar completamente, por ser un organismo vivo que respira como cualquier otro, el uso de técnicas adecuadas de producción, cosecha, secado, almacenaje y manejo minimizan el deterioro, el contenido de humedad, la temperatura, los hongos, los insectos, las impurezas presentes en los granos, los daños

físicos y los roedores son factores que influyen en su conservación durante el almacenamiento, de estos factores, los que influyen principalmente en el deterioro de los granos son la temperatura y el contenido de humedad (Aguilar, y otros, 2015).

En el cuadro 4.6., se muestran los resultados obtenidos de los análisis de mohos y aflatoxinas, en cuanto a mohos los seis tratamientos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NTE INEN 187 (2013), de igual manera en lo que respecta a aflatoxinas los resultados que se encuentran dentro de lo establecido por la NTE INEN 187 (1995). Sin embargo, cabe mencionar; que la presencia de hongos en el grano se debe a la humedad presente en estos así como lo menciona Moreno, Vázquez, & Facio (2000) qué; en el manejo comercial de las semillas agrícolas, los dos factores físicos más importantes que reducen su viabilidad son la alta humedad y la alta temperatura; sin embargo, el mayor efecto nocivo se le ha atribuido a la humedad, la importancia de esta en la preservación de la viabilidad de las semillas radica en el papel que el agua tiene en la actividad de los procesos fisiológicos que determinan el vigor y la longevidad de las semillas, así como en el desarrollo de los insectos y de los hongos del almacén.

El contenido de humedad es muy importante, debido a que, si es mayor a 15,5%, durante su almacenamiento pueden crecer hongos e insectos y producirse pérdidas significativas, debido a la producción de las toxinas y deterioro del grano, la formación de micotoxinas en granos infestados de hongos, como consecuencia de la humedad y temperatura, son un potencial peligro para la salud humana y animal, con el agravante de una baja calidad del producto que se elabora (Hernández, Rodríguez, Niño, & Pérez, 2009). Cabe mencionar que los análisis realizados a los tratamientos en estudio, en los cuales se emplearon porcentajes de humedad de 17, 15 y 13 no surgió el problema que declara el autor antes mencionado.

El grano almacenado con alto contenido de humedad es un producto biológicamente activo y tiende a “respirar” y como consecuencia experimenta un calentamiento, esta condición propicia la generación de microorganismos que degradan el grano, por lo tanto la cantidad de agua presente en el material afecta sus propiedades, siendo de gran importancia conocer (medir) y controlar la cantidad de agua presente en el grano de

maíz, estas mediciones del contenido de humedad durante el secado son de gran utilidad en este proceso (secado), consume mucha energía y puede encarecer el costo del grano (Martines, 2012).

La presencia de hongos en el grano no causa daño, siempre y cuando se encuentre dentro de lo establecido por la norma vigente nacional (ver cuadro 4.6.), debido a que de este depende la presencia o ausencia de aflatoxinas, sin embargo, en los tratamientos en estudio ninguno de ellos presentó el compuesto antes mencionado, lo cual se puede hacer referencia con lo que menciona Robles, Bautista, & Fuentes (2005) que la penetración del hongo al embrión no necesariamente causa daño.

**Cuadro 4.6.** Determinación micótica en muestras de maíz después de la molienda.

Tratamientos	Mohos	Aflatoxinas
T <sub>1</sub> R <sub>1</sub> (amarillo/17%)	1,0x10 <sup>5</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>1</sub> R <sub>2</sub> (amarillo/17%)	1,2x10 <sup>4</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>1</sub> R <sub>3</sub> (amarillo/17%)	1,8x10 <sup>4</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>2</sub> R <sub>1</sub> (amarillo/15%)	4,0x10 <sup>3</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>2</sub> R <sub>2</sub> (amarillo/15%)	1,6x10 <sup>3</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>2</sub> R <sub>3</sub> (amarillo/15%)	8,0x10 <sup>3</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>3</sub> R <sub>1</sub> (amarillo/13%)	5,0x10 <sup>2</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>3</sub> R <sub>2</sub> (amarillo/13%)	3,0x10 <sup>2</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>3</sub> R <sub>3</sub> (amarillo/13%)	4,0x10 <sup>2</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>4</sub> R <sub>1</sub> (blanco/17%)	1,5x10 <sup>4</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>4</sub> R <sub>2</sub> (blanco/17%)	6,4x10 <sup>4</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>4</sub> R <sub>3</sub> (blanco/17%)	9,4x10 <sup>4</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>5</sub> R <sub>1</sub> (blanco/15%)	6,4x10 <sup>3</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>5</sub> R <sub>2</sub> (blanco/15%)	5,0x10 <sup>3</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>5</sub> R <sub>3</sub> (blanco/15%)	2,6x10 <sup>3</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>6</sub> R <sub>1</sub> (blanco/13%)	4,0x10 <sup>2</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>6</sub> R <sub>2</sub> (blanco/13%)	2,0x10 <sup>2</sup> UP/g	Ausencia
T <sub>6</sub> R <sub>3</sub> (blanco/13%)	3,0x10 <sup>2</sup> UP/g	Ausencia
	<b>NTE INEN 187-2013</b> (mínimo 1.0 x 10 <sup>2</sup> – máximo 1.0 x 10 <sup>5</sup> )	<b>NTE INEN 187-1995</b> máximo 20 µg/Kg o (20 ppb)



## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

El porcentaje de humedad presente en el grano de maíz influye significativamente sobre los costos de molienda, tal como lo demostró el análisis de varianza.

Entre las variedades de maíz amarillo duro TRUENO NB-7443 y blanco duro PICHILINGUE 513, no existió diferencia significativa sobre los costos de molienda.

El 13% de humedad independientemente de la variedad proporcionó los menores costos de molienda.

Los seis tratamientos evaluados presentaron mohos en porcentajes dentro de los parámetros como lo indica la NTE INEN 187 (2013), a partir del 17 al 13% de humedad donde se evidenció un decremento de UP/g, debido a que los de menor porcentaje estuvieron un mayor tiempo de exposición al sol, en cuanto a las Aflatoxinas, se presentó la ausencia de estos compuestos en todos los tratamientos.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

A las industrias procesadoras de alimento balanceado. Acopiar el maíz con una humedad igual al 13%.; con la finalidad de reducir los costos de molienda.

Al adquirir maíz con porcentajes de humedades superiores al 15%, debe ser expuesto al sol, para garantizar la eliminación parcial de humedad incidiendo en la reducción de microorganismos y toxinas producidas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). El cultivo de maíz, su origen y clasificación. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 30, 113 - 120.
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2018). *Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución*. Recuperado el 04 de Mayo de 2019, de Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf>
- Aguilar, J., Bojorquez, L., Cama, K., Julca, Y., Morales, J., & Reyes, A. (2015). *Humedad de las semillas*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de Humedad de las semillas: [https://www.academia.edu/14366112/HUMEDAD\\_DE\\_LAS\\_SEMILLAS](https://www.academia.edu/14366112/HUMEDAD_DE_LAS_SEMILLAS)
- Antuna, O., Rincón, F., & Gutiérrez, E. (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26, 12.
- AOAC método oficial 997.02, 0. (2000). Levadura y recuento de moho en alimentos. Obtenido de [http://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Food\\_AOAC-997.02.pdf](http://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Food_AOAC-997.02.pdf)
- Ares, E. (2017). Análisis de la molienda de expeller de soja evaluando la performance de diferentes tipos de molinos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16, 415.
- Arroyo, J., Medina, M., & Vicaría, P. (2013). *Molienda, equipos, características y operación*. Recuperado el 4 de Julio de 2019, de Molienda, equipos, características y operación: <file:///C:/Users/valve/Downloads/molienda1-131120142815-phpapp02.pdf>
- Asturias, M. (2004). *Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre*. Recuperado el 3 de Julio de 2019, de Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre: [http://www.rallt.org/PUBLICACIONES/maiz\\_alimento%20sagrado.pdf.pdf](http://www.rallt.org/PUBLICACIONES/maiz_alimento%20sagrado.pdf.pdf)
- Blanco, Y., Durañona, H., & Acosta, R. (2016). Efecto de la temperatura y humedad en la conservación de granos de maíz en silos metálicos refrigerados. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 37, 106.
- Bolívar, M. (2007). Manejo de granos en almacenamiento, causas de deterioro y prevención. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 15, 180 - 181.
- Borbor, A. (2018). *Producción de materia verde de cuatro híbridos de maíz (Zea mays L)*. Recuperado el 4 de Agosto de 2019, de Producción de materia verde de cuatro híbridos de maíz (Zea mays L): <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15124/5/T-ESPESD-002888.pdf>

- Chucuya, P. (2018). *Diseño de un sistema de molienda de maíz para la empresa "El Gran Pollón" Tacna*. Recuperado el 08 de Noviembre de 2019, de Diseño de un sistema de molienda de maíz para la empresa "El Gran Pollón" Tacna: [http://www.tesis.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3207/1349\\_2018\\_chucuya\\_quispe\\_pa\\_fain\\_mecanica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.tesis.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3207/1349_2018_chucuya_quispe_pa_fain_mecanica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chura, J., & Tejada, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 32, 113.
- Cloudfio, W. (1970). La determinación de la aptitud a la molienda y del consumo específico de energía según el ensayo de Bond para la molienda de minerales y rocas. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 6, 19.
- Cortaza, C. (1972). *El nuevo maíz blanco "Pichilingue" 513 para el Litoral ecuatoriano*. Recuperado el 4 de Agosto de 2019, de El nuevo maíz blanco "Pichilingue" 513 para el Litoral ecuatoriano: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1522>
- Cortazar, L., Meléndez, R., & Hernández, O. (2008). Consumo de energía y distribución de tamaño de partícula en la molienda de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y pimienta negra (*Piper nigrum* L). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 7, 123 - 124.
- El Sitio Avícola. (2016). *Importancia del tamaño de partículas en avicultura: 1 – pollo de engorde*. Recuperado el 11 de Julio de 2019, de Importancia del tamaño de partículas en avicultura: 1 – pollo de engorde: <http://www.elsitioavicola.com/articulos/2864/importancia-del-tamaao-de-partaculas-en-avicultura-1-a-pollo-de-engorde/>
- FAO. (1993). *La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha*. Recuperado el 14 de Julio de 2019, de La ingeniería en el desarrollo - Manejo y tratamiento de granos poscosecha: <http://www.fao.org/3/x5041s/x5041s04.htm>
- FAO. (2017). *El maíz blanco: un grano alimentario tradicional en los países en desarrollo*. Recuperado el 3 de Julio de 2019, de El maíz blanco: un grano alimentario tradicional en los países en desarrollo: <http://www.fao.org/3/a-w2698s.pdf>
- FAO. (s.f). *Tipos de maíz*. Recuperado el 12 de Mayo de 2019, de Tipos de maíz: <http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s07.htm>
- Figuroa, L., Pérez, M., & Hernández, O. (2008). CONSUMO DE ENERGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULA EN LA MOLIENDA DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) Y PIMIENTA NEGRA (*Piper nigrum* L). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, VII(2), 123-126.
- González, N., Silos, H., & Estrada, J. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7, 670.

- Google Map. (2019). *Ubicación satelital GPS*. Obtenido de Google: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1xIKizuQgs4z9C0cYIx3-dvJKMzk>
- Grande, C. (2012). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 11, 103.
- Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (zea mays L.) de la localidad San José de Chazo*. Recuperado el 3 de Julio de 2019, de Caracterización agro-morfológica del maíz (zea mays L.) de la localidad San José de Chazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793%20.pdf>
- Hernández, C., Rodríguez, Y., Niño, Z., & Pérez, S. (2009). Efecto del Almacenamiento de Granos de Maíz (Zea mays) sobre la Calidad del Aceite Extraído. *Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química*, 20, 22.
- Hidalgo, E. (2013). *Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín*. Recuperado el 11 de Julio de 2019, de Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín: [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/149/1/Cultivo\\_maiz\\_amarillo\\_2013.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/149/1/Cultivo_maiz_amarillo_2013.pdf)
- Laborde, R. (2004). Diagnóstico energético en el proceso de molienda de la laterita. *Instituto Superior Minero Metalúrgico*, 107.
- López, M. (2013). *Teoría de Molienda*. Recuperado el 03 de Mayo de 2019, de Teoría de Molienda: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2000/1/1052.pdf>
- Martes, L., Cruz, A. D., & Valdez, D. (2015). *Trituración y Moliendas*. Recuperado el 4 de Julio de 2019, de Trituración y Moliendas: [https://es.slideshare.net/sharo007/trituracin-y-moliendas?from\\_action=save](https://es.slideshare.net/sharo007/trituracin-y-moliendas?from_action=save)
- Martines, E. (2006). Evaluación de un medidor de contenido de humedad en granos basado en el principio de capacitancia eléctrica. *Centro Nacional de Metrología, División de Termometría*, 1.
- Martines, E. (2012). *Importancia de la metrología en la determinación del contenido de humedad en granos*. Recuperado el 08 de Noviembre de 2019, de Importancia de la metrología en la determinación del contenido de humedad en granos: <http://www.cenam.mx/eventos/enme/docs/5%20Importancia%20metrolog%C3%ADa%20humedad%20en%20granos%20final.pdf>
- McCabe, W., & Smith, J. (2017). *Operaciones unitarias en ingeniería química* (Septima ed.). México: McGraw Hill. Recuperado el Mayo de 2019, de file:///C:/Users/ING.%20Z/Desktop/REsp/Google%20Drive/ESPAM%20EXPOS/Agroindustrias/SEXTO%20SEMESTRE%20VI/Operaciones%20Unitarias%20LIBRO%20operaciones%20unitarias%20en%20ingenieria%20quimica%207ma%20ed.pdf

- Medina, M., Irey, J., & Roque, M. (2002). Determinación de aflatoxinas en algunos productos naturales utilizando el medio agar coco y elisa ligada. *Revista de ciencia e investigación*, V(2), 46-54.
- Mendoza, C., Livera, A., & González, F. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México*, 32, 16.
- Mendoza, M., Latournerie, L., & Moreno, E. (2004). Cambios en la calidad de la semilla del maíz durante su desarrollo y maduración. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 15, 155 - 156.
- Moreno, E., Vázquez, M., & Facio, F. (2000). La temperatura en relación con la longevidad de semillas de maíz almacenadas con baja humedad. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 34, 176.
- NTE INEN 187. (1995). *Granos y Cereales, Maíz en Grano, Requisitos*. (Primera ed.). Recuperado el Junio de 2019, de <http://181.112.149.204/buzon/normas/187.pdf>
- NTE INEN 187. (2013). *CEREALES Y LEGUMINOSAS. MAÍZ EN GRANO. REQUISITOS* (Primera ed.). Obtenido de file:///C:/Users/ING.%20Z/Desktop/187-3R-1.pdf
- Ordóñez, M., Gely, M., & Pagano, A. (2012). Estudio de las propiedades físicas y de la cinética de secado de granos de maíz colorado duro. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 3, 154.
- Ortíz, L. (2017). *Factores físicos que afectan al grano almacenado*. Recuperado el 04 de Mayo de 2019, de Factores físicos que afectan al grano almacenado: <http://docplayer.es/5766221-Factores-fisicos-que-afectan-al-grano-almacenado.html>
- Perez, T. (2016). *Molienda y tamizado*. Recuperado el 4 de Julio de 2019, de Molienda y tamizado: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-guayaquil/investigacion-de-operaciones/practica/molienda-y-tamizado/3453153/view>
- PERULACTEA. (2014). *Maíz Amarillo Duro: Híbrido Triple INIA 609 Naylamp*. Recuperado el 11 de Julio de 2019, de Maíz Amarillo Duro: Híbrido Triple INIA 609 Naylamp: <http://www.perulactea.com/2014/09/12/maiz-amarillo-duro-hibrido-triple-inia-609-naylamp/>
- Robles, S., Bautista, R., & Fuentes, G. (2005). Efecto de la Molienda de Trigo Harinero (*Triticum aestivum* L.) y Trigo Duro (*Triticum durum* Desf.) sobre la Germinación de Teliosporas de *Tilletia indica* Mitra. *Revista Mexicana de FITOPATOLOGÍA*, 23, 119 - 120.

- Salas, C. (2012). *Diseño de un molino de rodillos para molienda de granos, destinado al área de alimentos del CESTTA-ESPOCH*. Recuperado el 04 de Mayo de 2019, de *Diseño de un molino de rodillos para molienda de granos, destinado al área de alimentos del CESTTA-ESPOCH*: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1982/1/96T00161.pdf>
- Simeón, J. (2012). *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz No. 200 (75um) en agregado mineral por lavado*. Recuperado el 4 de Julio de 2019, de Universidad Centroamericana: <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>
- UNAM. (2012). *Procesos de separación*. Recuperado el 4 de Julio de 2019, de *Procesos de separación*: <http://depa.fquim.unam.mx/procesos/PDF/ProcesosI.pdf>
- Velásquez, R., Noguera, R., & Posada, S. (2013). *Procesamiento del grano de maíz sobre la cinética de degradación de la materia seca in vitro*. *Revista MVZ Córdoba*, XVIII(3), 3897.
- Villalobos, B., Martínez, O., & Morales, R. (2003). *Contaminación con Hongos en Maíz Recién Cosechado en el Estado de Guanajuato durante el año 2003*. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, VII, 425.
- Villamarín, D. (2018). *Comparación de Metodologías Para Determinación de Humedad Total en Maíz Duro (Zea Mays L.)*. Recuperado el 04 de Mayo de 2019, de *Comparación de Metodologías Para Determinación de Humedad Total en Maíz Duro (Zea Mays L.)*: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10103/1/UDLA-EC-TIAG-2018-25.pdf>

# **ANEXOS**

**ANEXO 1****ACONDICIONAMIENTO DE MAÍZ AMARILLO DURO TRUENO NB-7443****ANEXO 2****ACONDICIONAMIENTO DE MAÍZ BLANCO DURO PICHILINGUE 513****ANEXO 3****DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DEL MAÍZ**



**ANEXO 4****HUMEDAD EN AMBAS VARIEDADES DE MAÍZ AL 17%****ANEXO 5****HUMEDAD EN AMBAS VARIEDADES DE MAÍZ AL 15%****ANEXO 6****HUMEDAD EN AMBAS VARIEDADES DE MAÍZ AL 13%**

## ANEXO 7 PESADO DE MAÍZ



## ANEXO 8 VARIEDADES DE MAÍZ A DIFERENTES HUMEDADES



## ANEXO 9 TAMIZADO DE MAÍZ



**ANEXO 10**  
**LECTURAS DE VOLTAJE**



**ANEXO 11**  
**LECTURAS DE AMPERAJE**



**ANEXO 12**  
**MOLIENDA DE MAÍZ**



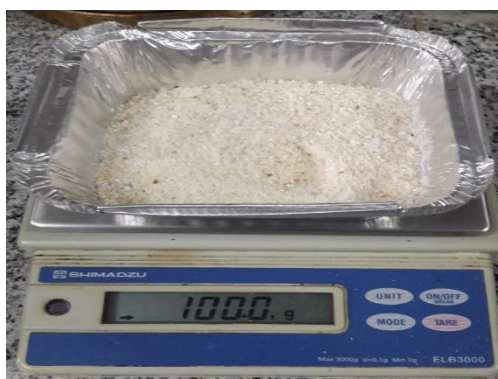
**ANEXO 13**  
**RECOLECCIÓN DE MAÍZ MOLIDO**



**ANEXO 14**  
**PESADO DE MAÍZ AMARILLO PARA DETERMINAR EL DIÁMETRO FINAL**



**ANEXO 15**  
**PESADO DE MAÍZ BLANCO PARA DETERMINAR EL DIÁMETRO FINAL**



**ANEXO 16**  
**ZARANDA UTILIZADA PARA ESTUDIO GRANULOMÉTRICO**



**ANEXO 17**  
**PARTÍCULAS DE MAÍZ BLANCO RETENIDA POR LOS DIFERENTES TAMICES**



**ANEXO 18**  
**PARTÍCULAS DE MAÍZ AMARILLO RETENIDA POR LOS DIFERENTES TAMICES**



**ANEXO 19**  
**MUESTRAS DE LAS DOS VARIEDADES DE MAÍZ A DIFERENTES HUMEDADES**  
**PARA DETERMINAR LA CALIDAD MICÓTICA**



**ANEXO 20**  
**PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVOS**



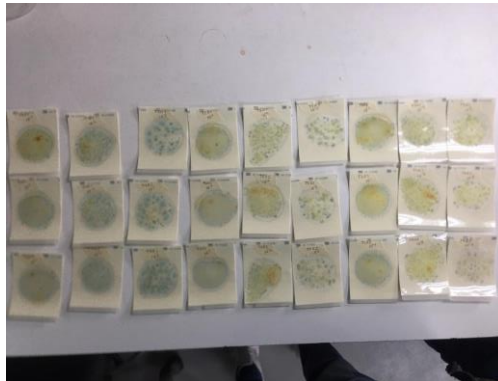
**ANEXO 21**  
**PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO**






**ANEXO 22**  
**SIEMBRA EN PLACAS PETRIFILM M3**



**ANEXO 23**  
**HONGOS RESULTANTES AL CUARTO DÍA DE SIEMBRA**



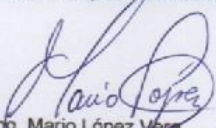
**ANEXO 24**  
**REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN LABORATORIOS DE**  
**AGROINDUSTRIA**


  <b>ESPAMMFL</b> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ Ley 2006 - 49 Suplemento R.O. 298 - 23 - 06 - 2006 CALCETA - ECUADOR			
<b>REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>		Página 1 de 2	
CLIENTES:	Pablo Roger Zambrano Zambrano Charly Sebastián Zambrano Zambrano	Nº de análisis:	18
DIRECCIÓN:	Campus Politécnico El Limón		
TELEFONO:	0989995299	Fecha de recibido:	17/10/2019
NOMBRE DE LA MUESTRA:	MAÍZ AMARILLO Y BLANCO	Fecha de análisis:	17/10/2019
CANTIDAD RECIBIDA:	18	Fecha de reporte:	21/10/2019
TIPO DE ENVASE:	Recipiente plástico de 500 g de capacidad	Fecha de muestreo:	17/10/2019
OBSERVACIONES:	El laboratorio no se responsabiliza por la recolección y el traslado de las muestras.	Método de muestreo:	NTE INEN 1529-2
OBJETIVO DEL MUESTREO:	Control de calidad	Responsables del muestreo:	Investigadores

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	PRUEBAS SOLICITADAS	UNIDAD	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
T1R1	Recuento de Mohos	UP/g	1,0x10 <sup>6</sup>	AOAC Método oficial 997.02
T1R2	Recuento de Mohos	UP/g	1,2x10 <sup>4</sup>	
T1R3	Recuento de Mohos	UP/g	1,8x10 <sup>4</sup>	
T2R1	Recuento de Mohos	UP/g	4,0x10 <sup>3</sup>	
T2R2	Recuento de Mohos	UP/g	1,6x10 <sup>3</sup>	
T2R3	Recuento de Mohos	UP/g	8,0x10 <sup>3</sup>	
T3R1	Recuento de Mohos	UP/g	5,0x10 <sup>2</sup>	
T3R2	Recuento de Mohos	UP/g	3,0x10 <sup>2</sup>	
T3R3	Recuento de Mohos	UP/g	4,0x10 <sup>2</sup>	

**Nota:**  
 Resultados validos únicamente para las muestras analizadas y, no para otros productos de la misma procedencia.  
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe.

  
 Ing. Mario López Vera  
**TÉCNICO LAB. DE MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL ÁREA AGROINDUSTRIA**

  
**ESPAMMFL**  
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
 AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ  
 Cámara de  
**AGROINDUSTRIA**  
 LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA  
 AMBIENTAL ÁREA AGROINDUSTRIAL

**OFICINAS CENTRALES:**  
 10 de agosto No. 82 y Granda Centeno  
 Telef: 593 05 685156 Telefax: 593 05 685134

[www.espam.edu.ec](http://www.espam.edu.ec)  
[rectorado@espam.edu.ec](mailto:rectorado@espam.edu.ec)

**CAMPUS POLITÉCNICO CALCETA**  
 Sitio El Limón  
 Telef: 593 05 688103



REPÚBLICA DEL ECUADOR



**ESPAMMFL**  
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
 AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ  
 Ley 2006 - 49 Suplemento R.O. 298 - 23 - 06 - 2006  
 CALCETA - ECUADOR

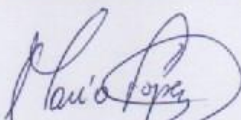


REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		Página 2 de 2	
CLIENTES:	Pablo Roger Zambrano Zambrano Charly Sebastián Zambrano Zambrano	Nº de análisis:	18
DIRECCIÓN:	Campus Politécnico El Limón	Fecha de recibido:	17/10/2019
TELEFONO:	0989995299	Fecha de análisis:	17/10/2019
NOMBRE DE LA MUESTRA:	MAÍZ AMARILLO Y BLANCO	Fecha de reporte:	21/10/2019
CANTIDAD RECIBIDA:	18	Fecha de muestreo:	17/10/2019
TIPO DE ENVASE:	Recipiente plástico de 500 g de capacidad	Método de muestreo:	NTE INEN 1529-2
OBSERVACIONES:	El laboratorio no se responsabiliza por la recolección y el traslado de las muestras.	Responsables del muestreo:	Investigadores
OBJETIVO DEL MUESTREO:	Control de calidad		

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	PRUEBAS SOLICITADAS	UNIDAD	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
T4R1	Recuento de Mohos	UP/g	1,5x10 <sup>4</sup>	AOAC Método oficial 997.02
T4R2	Recuento de Mohos	UP/g	6,4x10 <sup>4</sup>	
T4R3	Recuento de Mohos	UP/g	9,4x10 <sup>4</sup>	
T5R1	Recuento de Mohos	UP/g	6,4x10 <sup>3</sup>	
T5R2	Recuento de Mohos	UP/g	5,0x10 <sup>3</sup>	
T5R3	Recuento de Mohos	UP/g	2,6x10 <sup>3</sup>	
T6R1	Recuento de Mohos	UP/g	4,0x10 <sup>2</sup>	
T6R2	Recuento de Mohos	UP/g	2,0x10 <sup>2</sup>	
T6R3	Recuento de Mohos	UP/g	3,0x10 <sup>2</sup>	

**Nota:**

Resultados validos únicamente para las muestras analizadas y, no para otros productos de la misma procedencia.  
 Prohibida la reproducción total o parcial de este informe.



Ing. Mario López Vera.

TÉCNICO LAB. DE MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL ÁREA AGROINDUSTRIA



OFICINAS CENTRALES:  
 10 de agosto No. 82 y Granda Centeno  
 Telef: 593 05 685156 Telefax: 593 05 685134

[www.espam.edu.ec](http://www.espam.edu.ec)  
[rectorado@espam.edu.ec](mailto:rectorado@espam.edu.ec)

CAMPUS POLITÉCNICO CALCETA  
 Sitio El Limón  
 Telef: 593 05 686103

## ANEXO 25

### REPORTE DE DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS



Manta 28 de octubre de 2019

*Lab. De Alimentos*

Facultad Ciencias Agropecuarias

#### A Quien Corresponda

Ciudad. -

**CERTIFICO:** Que el análisis presentado en este informe corresponde a los estudiantes **Zambrano Zambrano Pablo Roger C.I. 131647274-3**, y **Zambrano Zambrano Charly Sebastián C.I. 131414875-8**, Estudiantes de Pregrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM MFL.). El análisis fue realizado en el Lab. De Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la (ULEAM), siendo este el siguiente: (**Determinación de Aflatoxinas en muestra de Harina de maíz**), dicho análisis corresponde al trabajo de titulación "Efecto de la humedad en dos variedades de maíz sobre los costos de molienda".

Determinación de Aflatoxinas				
TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	METODO DE ENSAYO
	Presencia/Ausencia	Presencia/Ausencia	Presencia/Ausencia	
T1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	(Medina, Ire y & Roque, 2002).
T2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	(Medina, Ire y & Roque, 2002).
T3	Ausencia	Ausencia	Ausencia	(Medina, Ire y & Roque, 2002).
T4	Ausencia	Ausencia	Ausencia	(Medina, Ire y & Roque, 2002).
T5	Ausencia	Ausencia	Ausencia	(Medina, Ire y & Roque, 2002).
T6	Ausencia	Ausencia	Ausencia	(Medina, Ire y & Roque, 2002).

Atentamente,

  
  
**Ing. Marlon Castro Chiro**

Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Lácteo  
 Téc. Responsable de Lab. De Tecnologías de Frutas y Hortalizas  
 Téc. Responsable de Lab. De Investigación de Alimentos

[www.uleam.edu.ec](http://www.uleam.edu.ec)

# Uleam

## ANEXO 26

## COMPARACIÓN DE LOS SUPUESTOS DE LA VARIABLE COSTO DE MOLIENDA

## TEST DE SHAPIRO WILK

	Variedades_de_Maíz	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Costo_de_Molienda	Amarillo duro TRUENO NB-7443	0,959	3	0,613
	Blanco duro PICHILINGUE 513	0,950	3	0,571

	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Estadístico	Estadístico
Costo_de_Molienda	Amarillo/17%	0,981	3	0,736
	Amarillo/15%	0,940	3	0,529
	Amarillo/13%	0,886	3	0,342
	Blanco/17%	0,998	3	0,916
	Blanco/15%	0,767	3	0,039
	Blanco/13%	0,958	3	0,607

## TEST DE LEVENE

## Prueba de homogeneidad de varianzas

Costo_de_Molienda	Estadístico de Levene	de gl1	gl2	Sig.
	1,792	5	12	0,189

## ANEXO 27

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA

#### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Costo\_de\_Molienda

Origen	gl	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig.
Total corregida	5	83,014			
Porcentaje_de_Humedad	2	78,229	39,114	17,547	0,054
Variedades_de_Maíz	1	0,327	0,327	0,147	0,739
Error	2	4,458	2,229		

#### ANOVA de un factor

Costo\_de\_Molienda

	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Total	17	215,232			
Tratamientos	5	212,687	42,537	200,601	0,000
E.E	12	2,545	0,212		

## ANEXO 28

### PRUEBAS DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS

#### Costo\_de\_Molienda

DHS de Tukey<sup>a,b</sup>

Porcentaje_de_Humedad	N	Subconjunto	
		1	2
13%	2	4,2500	
15%	2	8,4200	8,4200
17%	2		13,0900
Sig.		0,190	0,157

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

#### Costo\_de\_Molienda

HSD de Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Amarillo/13%	3	4,0367				
Blanco/13%	3	4,4033				
Blanco/15%	3		7,3933			
Amarillo/15%	3			9,1333		
Amarillo/17%	3				11,3367	
Blanco/17%	3					13,4767
Sig.		0,917	1,000	1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.