



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA MEDICIÓN DE HUMEDAD
EN 2 VARIEDADES DE MAÍZ MOROCHO Y SUAVE (*Zea mays L.*)

Autores

Marco Antonio Tamayo Hidalgo
Hugo Mauricio Terán Bastidas

Año
2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA MEDICIÓN DE HUMEDAD
EN 2 VARIEDADES DE MAÍZ MOROCHO Y SUAVE (*Zea mays L.*)

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieros Agroindustriales y de
Alimentos

Profesor Guía

Dr. Héctor Abel Palacios Cabrera

Autores

Marco Antonio Tamayo Hidalgo

Hugo Mauricio Terán Bastidas

Año

2018

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Comparación de metodologías para la medición de humedad en 2 variedades de maíz morocho y suave (zea mays l.) a través de reuniones periódicas con los estudiantes, Marco Antonio Tamayo Hidalgo y Hugo Mauricio Terán Bastidas en el semestre 2018-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Héctor Abel Palacios Cabrera
Doctor en Tecnología De Alimentos
C.I: 0912277480

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado el trabajo, Comparación de metodologías para la medición de humedad en 2 variedades de maíz morocho y suave (Zea mays l.) a través de reuniones periódicas con los estudiantes, Marco Antonio Tamayo Hidalgo y Hugo Mauricio Terán Bastidas en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Santiago Mauricio Olmedo Ron
Máster En Gestión De La Producción
C.I: 1705972394

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA DE LOS ESTUDIANTES

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Marco Antonio Tamayo Hidalgo
C.I: 1714233259

Hugo Mauricio Terán Bastidas
C.I: 0502220379

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor Héctor Palacios, a nuestro corrector Santiago Olmedo; gracias por su paciencia y apoyo durante cada etapa de esta investigación.

A Pablo Moncayo, por ser un guía a lo largo de nuestros estudios, y por ser un amigo que siempre confió en nuestras habilidades.

DEDICATORIA

Para nuestras familias, con quienes compartimos este logro, dado que con su amor y apoyo incondicional logramos cumplir con esta meta.

RESUMEN

El maíz es una de las materias primas más consumidas a nivel nacional, donde el consumo y producción a nivel mundial cada vez es superior. Este es un alimento básico de gran importancia para el ser humano como también para la alimentación animal. El desarrollo de variedades mejoradas ha sido un trabajo arduo donde dos variedades se destacan, la variedad para maíz suave (INIAP 122 o Chaucho Mejorado) y la variedad de maíz morocho (INIAP 180 o Maíz Forrajero). La obtención de la variedad INIAP 122, se obtuvo a partir del cruce de ECU-07203, ECU-072297, ECU-07302, ECU-07310; mientras que de la variedad INIAP 180 es a partir del cruzamiento de INIAP-176, INIAP-178 x Pool 4B, ICA-V-507 y MB-517x ICA-V-507. Estas variedades presentan calidad superior, así como mayor rendimiento de producción, y una tolerancia superior ante plagas y enfermedades. La humedad es un factor clave, debido a que a raíz de esta variable se puede definir el almacenamiento, procesamiento o el control para evitar la proliferación de agentes extraños. El objetivo de esta investigación es comparar las diferentes metodologías y sus principios, evaluando a su vez el método de acondicionamiento de las muestras. Para esta investigación se elaboraron 7 lotes con diferentes porcentajes de humedad, (10%, 11%, 12%, 13%, 14%, 15%, 16%). Se realizó un ensayo de homogeneidad, en la cual se aplicó un análisis estadístico para poder evaluar el grado de homogeneidad dentro de cada uno de los lotes. Luego, se determinó la humedad utilizando los siguientes métodos a) el método INEN (estufa 1513-1987) b) método NIST (estufa 2) c) método rápido como Agratronix (capacitancia) d) método Infrarrojo (termo gravimétrico) e) y método INIAP (impedancia). Cada variedad tiene una composición distinta causando que la medición de estos granos presente diferencias significativas, por lo que se generó una comparación aplicando estadística descriptiva como es TUKEY al 5%.

Palabras claves: humedad, maíz, metodologías.

ABSTRACT

Corn is one of the most consumed crops nationwide, where consumption and production is increasing constantly. This is a staple food of great importance for humans, as well as for animals. The development of improved varieties has been an arduous work, where two varieties stand out from the rest; the variety for soft corn (INIAP 122 or Chaucho mejorado) and for the variety of dark corn (INIAP 180 or Maíz Forrastero). Obtaining the variety INIAP 122 was based on the crossing of ECU-07203, ECU-072297, ECU-07302, ECU-07310; while for the variety INIAP 180 it was obtained based on the crossing of INIAP-176, INIAP-178 x Pool 4B, ICA-V-507 y MB-517x ICA-V-507. These varieties present superior quality, as well as a higher production yield, and a higher tolerance to pests and diseases. Humidity is a key factor, because of the result of this variable we are able to store, process and control the proliferation of external agents. The objective of the research is to compare and evaluate the different methods and their principles, while also evaluating the method in which the samples were elaborated. For this research, 7 lots were elaborated (10%, 11%, 12%, 13%, 14%, 15%, 16%). After this, a homogeneity test was carried out, in which a statistical analysis was applied in order to evaluate the degree of homogeneity within each of the lots. Then, moisture was measured applying methods a) INEN method (stove 1513-1987) b) NIST method (stove 2) c) rapid method such as Agratronix (capacitance) d) Infrared method (thermogravimetric) and e) INIAP method (impedance). Each variety has a different composition causing the measurement of these grains to present significant differences, for which a comparison was generated applying descriptive statistics such as TUKEY at 5%.

Key words: humidity, corn, methods

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Objetivos | 3 |
| 1.1.1. Objetivo General | 3 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos | 3 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1. Descripción de cada variedad..... | 3 |
| 2.2. Importancia de cada variedad dentro del contexto socioeconómico del país | 11 |
| 2.3. Composición fisicoquímica de cada variedad | 15 |
| 2.4. Producción mundial vs. Producción nacional..... | 16 |
| 2.5. Características de calidad e inocuidad dentro del contexto económico del país..... | 19 |
| 2.6. Importancia de la humedad..... | 21 |
| 2.7. Padrones internacionales y nacionales para humedad de maíz..... | 23 |
| 2.8. Características y principios de cada método para medir humedad..... | 24 |
| 2.8.1. INEN estufa 1 (método INEN 1513-1987)..... | 24 |
| 2.8.2. NIST estufa 2 (NIST/USDA)..... | 25 |
| 2.8.3. Medidor de Humedad portátil (Agratronix MT-16 Capacitancia) | 26 |
| 2.8.4. Infrarrojo (Termo gravimétrico - OHAUS)..... | 27 |
| 2.8.5. Medidor de humedad INIAP Steinlite Modelo 400 g (Impedancia) .. | 28 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 28 |
| 3.1. Materiales..... | 28 |
| 3.1.1. Materiales | 28 |
| 3.1.2. Equipos..... | 29 |
| 3.1.3. Detalles importantes de la investigación..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2. Metodología | 30 |
| 3.2.1. Deshidratación o Secado | 31 |
| 3.2.2. Primera Comprobación de humedad | 33 |
| 3.2.3. Acondicionamiento de muestras | 34 |
| 3.3. Ensayo de Homogeneidad | 36 |
| 3.3.1. Diseño Experimental | 39 |
| 3.3.2. Comparación de metodologías | 42 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 43 |
| 4.1. Deshidratación y Secado | 43 |
| 4.2. Acondicionamiento | 47 |
| 4.3. Ensayo de Homogeneidad | 51 |
| 4.4. Comparación de metodologías | 53 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 59 |
| 5.1. Conclusiones | 59 |
| 5.2. Recomendaciones | 61 |
| REFERENCIAS | 64 |
| ANEXOS | 69 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Características fisicoquímicas maíz morocho, INIAP 180 | 15 |
| Tabla 2 Características fisicoquímicas maíz suave, INIAP 122..... | 16 |
| Tabla 3 Participación de producción de maíz de Ecuador | 18 |
| Tabla 4 Formato preparación de muestras de maíz con los respectivos lotes de humedad..... | 35 |
| Tabla 5 Análisis de humedad dentro de cada lote elaborado..... | 37 |
| Tabla 6 Prueba de t para medias de dos muestras emparejadas | 38 |
| Tabla 7 Desviación dentro de cada lote, ensayo de homogeneidad | 39 |
| Tabla 8 Evaluación F. calculada y F. crítico de cada lote, ensayo de homogeneidad..... | 39 |
| Tabla 9 Diseño de bloques completamente al azar..... | 41 |
| Tabla 10 Desviación estándar para 7 tratamientos y 5 métodos de medición de humedad. | 41 |
| Tabla 11 Comparación de metodologías aplicando estadística descriptiva, TUKEY al 5% | 42 |
| Tabla 12 Ecuación de regresión y coeficiente de relación entre método INEN (x) y los métodos de comparación (y) | 43 |
| Tabla 13 Resultados de comprobación de humedad inicial, mediante método INEN (Maíz morocho, INIAP180) | 45 |
| Tabla 14 Resultados de comprobación de humedad inicial, mediante método INEN (Maíz suave, INIAP122)..... | 46 |
| Tabla 15 Preparación de muestras de maíz con los respectivos lotes de humedad | 47 |
| Tabla 16 Acondicionamiento de muestras para cada lote (Maíz suave, INIAP 122)..... | 48 |
| Tabla 17 Acondicionamiento de muestras para cada lote (Maíz morocho, INIAP180)..... | 49 |
| Tabla 18 Masa inicial de cada lote (g.) promedio de masa asdicionada de agua (g), humedad final (% b.u.) y desviación (Maíz suave, INIAP 122) | 49 |

| | |
|---|----|
| Tabla 19 Masa inicial de cada lote (g.), promedio de masa asdicionada de agua (g), humedad final (% b.u.) y desviación (Maíz morocho, INIAP 180)..... | 50 |
| Tabla 20 Desviación dentro de cada lote (Maíz suave, INIAP 122) | 51 |
| Tabla 21 Desviación dentro de cada lote (Maíz morocho, INIAP 180) | 51 |
| Tabla 22 Análisis de Varianza del ensayo de Homogeneidad (Maíz suave, INIAP 122)..... | 52 |
| Tabla 23 Análisis de Varianza del ensayo de Homogeneidad (Maíz morocho, INIAP 180)..... | 53 |
| Tabla 24 Desviación estándar para comparación de metodologías (Maíz suave, INIAP 122) | 53 |
| Tabla 25 Desviación estándar para comparación de metodologías (Maíz morocho, INIAP 180)..... | 54 |
| Tabla 26 Comparación de metodologías (Maíz suave, INIAP 122)..... | 55 |
| Tabla 27 Comparación de metodologías (Maíz morocho, INIAP 180) | 56 |
| Tabla 28 Ecuación de regresión y coeficiente de corrección entre el método INEN 1315 (Y) y el porcentaje de humedad determinado por otras metodologías (X) (Maíz suave, INIAP 122) | 57 |
| Tabla 29 Ecuación de regresión y coeficiente de corrección entre el método INEN 1315 (Y) y el porcentaje de humedad determinado por otras metodologías (X) (Maíz morocho, INIAP 180)..... | 58 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Contribución PIB agrícola al PIB total de la economía del Ecuador..... | 12 |
| Figura 2. Contribución a la validación del índice | 13 |
| Figura 3. PEA ocupada por principales sectores de actividades económicas del Ecuador | 14 |
| Figura 4. Población nacional rural y urbana, dedicada a la agricultura | 15 |
| Figura 5. Estructura de producción mundial de maíz | 17 |
| Figura 6. Producción de maíz en el Ecuador (millones de dólares) | 18 |
| Figura 7. Estufa Marca Binder Modelo Fed 115..... | 25 |
| Figura 8. Equipo de medición de humedad, Agratronix Mt-16 | 26 |
| Figura 9. Equipo de medición de humedad, principio de capacitancia..... | 27 |
| Figura 10. Medidor de humedad, OHAUS MB 120 | 27 |
| Figura 11. Medidor de humedad INIAP Steinlite Modelo 400g..... | 28 |

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión empezó su desarrollo en el siglo 21 con mayor intensidad a partir del año 2002 con el fin de mejorar el conjunto de técnicas relacionadas con la mejora de la producción. El enfoque de este proceso productivo y de esta técnica desarrollada, es generar un mayor impacto productivo. La agricultura mundial se ha enfrentado constantemente con la necesidad de aumentar la producción agrícola, esta debido a la inmensa demanda de la población (Montovanni, 2006). El enfoque de esta técnica pretende cubrir todas las posibles áreas donde se puede haber una variabilidad en la producción, causando que esta sea inferior a la deseada. Dentro de las diferentes áreas de control y mejoramiento, están el manejo de semillas, cultivos, insumos, así como de equipos y maquinarias (Queiroz, 2006).

Para mejorar el control de los cultivos, es necesaria la calibración de los monitores de rendimiento. Entre estas se encuentra poder definir con precisión y exactitud la humedad del grano, la misma que va a influir en la producción del cultivo. La calidad de la producción se define por la humedad contenido de cada grano, causando de esta forma que se conozca la calidad de la materia prima. Mantener condiciones correctas en el cultivo, y mantener un manejo adecuado en etapas posteriores permiten influenciar en la calidad de este (CENAM, 2012). La humedad se encuentra dentro de estos factores, dado que es un determinante para la calidad de las semillas utilizadas. Los granos de maíz deben mantener 15% de humedad y un total de hasta 3% de impurezas, para ser considerado apto para su consumo y posterior industrialización (Secretaría de agricultura y desarrollo rural, 2015). La humedad que contiene el grano aporta peso al grano, generando una relación o proporción entre el peso de este con los compuestos de almidón, azúcares, sacarosa, fructosa, aceite y agua (Agrosíntesis, 2016).

La existencia de normativas en el Ecuador, permiten controlar la calidad de los granos, así como también permiten generar un sistema de apoyo y soporte

para el sector agrícola para los productores, en el caso del maíz el grano es adecuado para procesar a partir de una humedad del 13% o menos, siendo estas las condiciones adecuadas de procesamiento, humedades mayores podrían provocar afecciones al grano directamente causadas por microorganismos como hongos y bacterias. Normativas tales como NTE INEN 187:2013, enfocada a establecer características para semillas destinadas a consumo humano, animal e industrial; norma NTE INEN-ISO 6540:2013 orientada hacia establecer un método básico de referencia para determinación de humedad en maíz enteros o triturados. Dada la importancia de esta semilla a nivel nacional, es necesario mantener estrictos controles para asegurar que la humedad y calidad de este grano este conforme con los requisitos nacionales e internacionales. El 65% de los ingredientes utilizados para alimentación animal, y a su vez vital dentro de la dieta de los ecuatorianos son elaborados a partir de esta materia prima (MaízSoya, 2017).

Aplicar técnicas innovadoras y tecnología a estos cultivos garantiza que exista una producción adecuada para cubrir la demanda. Dentro de esta tecnología se cuenta con herramientas claves dentro del sistema, como lo son el GPS y la electrónica, medios para recopilar datos en tiempo real sobre lo que sucede o sucedió en un cultivo. Antes de contar con herramientas para implementar la agricultura de precisión, se consideraban los lotes como una unidad productiva, tomando datos promedio de productividad y de características físicas y químicas del suelo. Tratando grandes áreas de la misma manera, el productor pasaba menos tiempo en el campo y cubría más hectáreas por día. La tecnología tiene ahora un gran impacto para la producción, para los productores esto representa un apoyo circunstancia dado que a partir de ella pueden medir, manejar variabilidad dentro de cada lote, analizar los resultados y por lo mismo manejar de mejor manera la producción (García, 2010).

En la sierra ecuatoriana el cultivo del maíz morocho (*Zea mays amyloacea*) y el maíz suave (*Zea mays indentata*) son de gran importancia en el país por el impacto económico positivo que genera su producción, así como también la

aplicación de estos en la industria alimentaria. En Ecuador, al igual que en todo el mundo este grano se ha convertido en uno de los cultivos más importantes. Hasta el año 2013, este cultivo se lo encontraba en 21 provincias. (Lucero, 2016). En base a estadísticas realizadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) se puede observar que existe alrededor de 270 mil a 360 mil hectáreas destinadas a la producción de este cultivo. Lo importante dentro de esta estadística esta representada en el 3% de crecimiento anual que tiene este cultivo, tendencia que se ha visto desde el año 2000 hasta el día de hoy. (Lucero, 2016).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Comparar diferentes metodologías de determinación de humedad en granos de maíz.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Contrastar cinco diferentes metodologías de determinación de humedad con sus respectivos principios en 2 diferentes variedades de maíz (morocho y suave).
- Validar el ensayo de homogeneidad utilizando el método INEN para las 2 variedades de maíz (morocho y suave).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción de cada variedad

El maíz es una planta con origen en México, este cereal se la denomina una planta gramínea anual. Debido a la colonización de España en estas naciones, se logra la introducción del grano en Europa, logrando de esta forma dar

nombre al cultivo. Gracias a la globalización y a la demanda mundial, debido a las necesidades alimentarias este cultivo ha logrado ser uno de los más importantes a nivel mundial. El consumo de este tipo de cereal ha ido cambiando con los años, su principal procesamiento es el de harinas; dado que la mayoría de los productos elaborados con harina utilizan la de maíz. Es a su vez un alimento muy versátil que puede ser utilizado en la cocina para diferentes recetas.

Maíz morocho (INIAP 180)

Esta variedad fue el resultado de la experimentación del cruzamiento de otras variedades de maíz (INIAP 176-178, ICA-V-507, MB 517). La misma que es de gran importancia a nivel nacional, dado que su nivel de producción actualmente rodea 51,000 Ha, siendo fuente de recursos y alimento para la población ecuatoriana (INIAP, 2016). Este cultivo se da principalmente en regiones de toda la sierra, tiene un ciclo vegetativo aproximadamente de 250 a 270 días, crece en altitudes entre los 2700 a 2800 metros de altura, con una temperatura que fluctúa entre los 14 a 15 grados centígrados. (INIAP, 2016).

Características Agronómicas: Este cultivo por lo general emerge a los 15 días de haber sido sembrado, en el caso de que la semilla sea masculina emerge a los 121 días y la floración femenina a los 125 días respectivamente. Este tipo de maíz posee gran rendimiento en cuanto a tamaño contiene entre un 70-80% de grano y de tusa de un 15-20%, la altura promedio de esta variedad de planta varía entre los 2-2,5 m y de inserción de la mazorca de 1,70m. El numero promedio de hojas equivalentes por plantas es de 10 a 15, así como también de hileras de mazorca entre 15-18 por cada una. Este grano presenta características vítreas de color amarillo, duro y de tamaño mediano, la tendencia de este grano en menor porcentaje es un color rojizo. Al ser una semilla certificada de INIAP tiene un alto porcentaje de germinar, por lo que su rendimiento en campo es de 5 a 6 toneladas por hectárea de siembra que en términos comerciales equivale entre 120 a 130 quintales. Con relación a las semillas comerciales que tienen un menor porcentaje y tienen menos

probabilidades de desarrollo en ciertas localidades de la sierra ecuatoriana con menor porcentaje de germinación, en términos comerciales estaríamos hablando de 3-3,5 toneladas métricas por área de siembra cultivada, lo que equivale aproximadamente entre 60 a 70 quintales, reflejando una diferencia significativa en cuanto a la semilla certificada de la comercial. (INIAP, 2016)

La variedad de maíz INIAP 180 al ser una semilla certificada, posee cierta resistencia a plagas y enfermedades, la genética de esta semilla es altamente resistente debido a su cruzamiento genético entre otras variedades. Esta semilla es resistente a enfermedades foliares de la planta como "Tizón Foliar" (*Helminthosporium turcicum*), "Mancha Foliar" (*Cercospora zeae-maydis*) y "Roya" (*Puccinia Spp*) entre otras enfermedades como *Gibberella Zeae* y *Diplodia Maydis* que afectan directamente a la mazorca y su hoja, lo que no ocurriría en las semillas comerciales, teniendo en cuenta un gran porcentaje de pérdidas comerciales y en campo. (Iniap,2016)

Zonas de Adaptación: Este cultivo crece preferentemente en zonas de altura como la sierra ecuatoriana de acuerdo con sus requisitos edafológicos el cultivo se adapta y desarrolla perfectamente en altitudes de 2500-3000 msnm y con precipitaciones entre los 700 a 1000 milímetros entre los meses de septiembre y abril donde mayor porcentaje de lluvia prevalece en la sierra.

Usos: Este cultivo es muy usado para alimentación humana y animal, es un recurso abundante en la sierra ecuatoriana y fuente principal de alimento para algunas comunidades por su fácil adaptación, así como también costos y accesibilidad, siendo este tipo de maíz un excelente alimento nutricional. También es muy usado en la industria avícola para la elaboración de balanceados.

Recomendaciones Generales de Cultivo

Es necesario tomar en cuenta las labores culturales para la siembra de este cultivo, siempre es importante rotar cultivos o a su vez realizar arado, asegurando que todos los nutrientes presentes en el suelo sean bien diversificados en el mismo y que las semillas se predisponga a la germinación con un alto porcentaje de rendimiento. Se debe surcar el suelo aproximadamente a 80cm en sentido contrario a la pendiente de este, de esta manera se evita la pérdida por suelo. (INIAP 2016)

Época de Siembra: La mejor época de siembra para este cultivo está comprendida entre los meses de septiembre y noviembre.

Cantidad de Semilla por Hectárea: Aproximadamente de 30 kilos por Hectárea de Siembra. Distancia aproximada entre surcos de 80cm, 25 cm entre plantas, esto numéricamente equivale a 50.000 plantas por hectárea de siembra.

Desinfección de la Semilla: A pesar de ser semilla certificada, es necesario volver a desinfectar cada semilla para asegurar que esté libre de plagas y enfermedades, asegurando una correcta germinación de la semilla y población de plantas en el futuro. Para esta variedad se puede usar una mezcla aproximada de 50 a 60 ml de Furadan mas dos gramos de Arasan al 75% a esta mezcla le añadimos aproximadamente 12ml de agua por cada kilogramo de semilla. (INIAP, 2016)

Fertilización: Para evitar pérdidas económicas es necesario realizar un análisis profundo de suelo, esto nos permitirá identificar con facilidad las deficiencias de nutrientes presentes en el mismo, verificado esto se puede llevar a cabo un análisis para identificar el tipo de fertilizante a usar que cumpla con los requerimientos de suelo para el presente cultivo. Es imprescindible realizar dicho análisis entro de 2 a 3 meses antes de la siembra, las variaciones más importantes de nutriente esta con el nitrógeno, fosforo y alto en potasio, por lo que se puede aplicar una dosis de 18-46-0 por cada hectárea de siembra acompañado de 50 kilogramos de Urea después de 40 a 45 días de la siembra inicial.

Control de malezas: El control de malezas en el cultivo de maíz es de gran relevancia ya que es un cultivo fuertemente atacado por plagas, enfermedades y aves por su fácil accesibilidad. Es recomendable usar atrazina, Gesaprim en dosis de 2,5 kilogramos en 400 litros de agua por hectárea de siembra, esta es la forma más fácil y rápida de poder cuidar el cultivo, en el caso de que no se quiera usar pesticidas, las labores culturales y deshierbado debe ser impecable y minucioso en campo.

Control de Insectos: En la mayoría de los casos y por falta de minucioso cuidado de las plantaciones, el maíz puede echarse a perder por culpa de insectos y roedores que están en contacto directo con la planta o semilla, uno de los principales insectos a tomar en cuenta es el “gusano negro trozador” (*Agrotis Spp*), este insecto lleva a cabo devastadoras pérdidas económicas para los productores, su mecanismo de acción es ingresando en la planta desde las hojas y granos propiamente contenidos en la mazorca del maíz. Por lo que se usa una mezcla de aproximadamente 450 litros con una mezcla de 2,8 litros de thiodan al 35% o 1,2 a 1,5 kilos de Orthene al 50% estos insecticidas actuarán respectivamente en el control de insectos. (INIAP, 2016)

Cosecha: La cosecha puede variar según la altitud, región y temperatura del área donde ha sido sembrado el cultivo. Por lo general en altitudes de los 2700 a 2800 msnm el ciclo vegetativo para esta variedad de maíz es de 260 días en grano seco. El corte se realiza cuando el grano llega al estado semi pastoso.

Maíz Suave (INIAP 122)

La variedad del maíz suave se ha definido como “chaucho mejorado”; esta es una variedad de maíz amarillo harinoso. Parte fundamental de este tipo de variedad es que su consumo es priorizado para consumo directo como choclo. Debido a que la cultura de consumo de este tipo de grano tiene una raíz tan firme dentro de la alimentación nacional, su producción permanece en constante demanda. (INIAP, 1997)

Esta variedad de maíz se caracteriza por ser de color amarillo harinoso con un tamaño de grano medio-alto con relación a las otras variedades. Es bien caracterizado por su precocidad, de gran resistencia al acame, la calidad de este grano es realmente buena y presenta cierta tolerancia en cuanto a la pudrición de la mazorca, se adapta fácilmente altitudes que van de los 2000 a 3000 msnm de toda la sierra ecuatoriana. (INIAP, 2010).

Origen: El origen de esta variedad nace del cruzamiento de 4 variedades locales de maíz, siendo todas estas originarias de la sierra ecuatoriana, específicamente de la provincia de Imbabura, las variedades del cruzamiento son Chaltura (ECU-07203), la Florida (ECU-07297), Natabuela (ECU-07202) e Imantag (ECU-07210) en Imbabura. La mezcla de estas variaciones resulta en el chauchó mejorado presentando características agronómicas de alto rendimiento y calidad.

Zonas de Origen: Esta Variedad principalmente se da en las zonas del norte, específicamente en la provincia de Imbabura, siendo uno de los principales granos de cultivo de la zona. Se estima que en provincia de Imbabura existe alrededor de 20000 hectáreas anuales cultivadas, las cuales cubren en su totalidad la demandada de consumo de la zona, incluso la misma se comercia en otras provincias de la sierra ecuatoriana, el huandango y el chauchó son las variedades más producidas de la provincia, dentro de esta destaca los cantones de Antonio Ante, Cotacachi, Ibarra, Urcuquí y por la costumbre de la zona este grano suave harinoso es consumido como mazorca entera. (Iniap,2016)

Resistencia a Enfermedades: El cruce genético de esta variedad le confiere cierta resistencia algunas plagas y enfermedades foliares como el “tizón de la hoja” y “roya” que son principalmente causadas por los hongos *Helminthosporium turcicum* y *Puccinia sp*, los cuales atacan directamente a la planta y grano de maíz causando pudrición respectivamente. La mazorca

también presenta cierta resistencia a enfermedades por *Fusarium moniliforme*, la misma que causa pudrición en la mazorca.

Recomendaciones Generales para el manejo del cultivo

Época de Siembra: Por lo general a este cultivo rinde mejor en los periodos de julio hasta octubre, dependiendo de la localidad y disponibilidad de las fuentes de riego para el área de siembra.

Preparación del Suelo: Se recomienda previa a la siembra del cultivo que haya existido una rotación de cultivos y haber preparado el suelo con dos meses de anticipación, para realizar una correcta descomposición de residuos del anterior cultivo, el mismo que servirá como abono en esta rotación de cultivo. Las labores culturales principales que se realizan para preparar el terreno son; arado, rastra y surcado, los mismos que se pueden realizar de dos maneras con Tractor o Yunta.

Densidad de Siembra: Las distancias de siembra sugeridos en el terreno para el cultivo de maíz son en cultivo solo aproximadamente de 80 a 85cm entre surcos y a 50 a 55cm aproximadamente entre sitios y entre cada sitio 2 plantas, dando como resultado un total de aproximadamente 50000 plantas por hectárea. Esta distancia entre plantas puede variar cuando el cultivo está asociado siendo las distancias entre sitios de 80 cm aproximadamente con 2 a 3 semillas de maíz y dos de otro tipo de grano como el frejol. Para dicha cantidad de siembra se requiere 30Kg/Ha de unicultivo y de 26 a 28 kg de cultivo asociado.

Fertilización: El mejor método de análisis para verificar en qué estado se encuentra el suelo, así como sus deficiencias de nutrientes que podrían afectar el potenciamiento del cultivo en campo es mediante un análisis químico de suelo, este nos brindara información vital para poder proveer de nutrientes al cultivo oportunamente en todas sus etapas de desarrollo. La variedad de

Chaucho mejorado es de gran adaptabilidad por lo que aprovecha con alto rendimiento los recursos naturales presentes en el suelo por lo que se ha visto dosis bajas de fertilización complementaria al cultivo. En el caso de que no se haya realizado un análisis químico previo, se recomienda usar por lo menos un saco de 18-46-00 al momento de la siembra y 1,5 sacos de urea al momento del aporque.

Control de Malezas: El control de malezas es clave para el desarrollo del cultivo en campo , se logra la no proliferación de agentes externos a la planta que puedan afectar la plantación y pérdidas económicas en general a nivel comercial , dicho control se puede controlar de manera manual con labores culturales como el deshierbado y aporque , aunque en ciertos casos se recomienda el uso de herbicidas para asegurar el desarrollo de cultivo y la producción en general , en este caso para el maíz suave se recomienda el uso de herbicidas exclusivos como Gezaprim 80 (Atrazina) en dosis aproximadamente de 2kg por hectárea de siembra, la aplicación de estos herbicidas selectivos más el control manual , hace que exista una probabilidad alta de desarrollo del cultivo de maíz en campo. Como lo habíamos mencionado antes la rotación de cultivos es importante para recuperar nutrientes en el suelo, así como la asociación con otros para una mejor diversificación de nutrientes en el suelo, por lo que recomendamos asociar al cultivo con frejol y aplicar una mezcla de 1kg de Alafon (Linurón) y aproximadamente 2 litros de Lazo (Alaclor) por hectárea de siembra. Por lo general la recomendación de aplicación de herbicidas en inmediato después de la siembra de los cultivos de preferencia sobre suelo húmedo.

Control de Insectos del Suelo: Se estima que con las labores culturales se puede mitigar el crecimiento y desarrollo e plagas y enfermedades , por lo que se recomienda aplicar insecticidas solo si así se requiere en el caso de que exista una gran cantidad de plagas considerable en la zona , en el caso de existir gusano trozador que genera marchitez en el tallo , se recomienda la aplicación insecticidas como ; Thiodan (Endosulfán) en dosis de 2,8 litros por

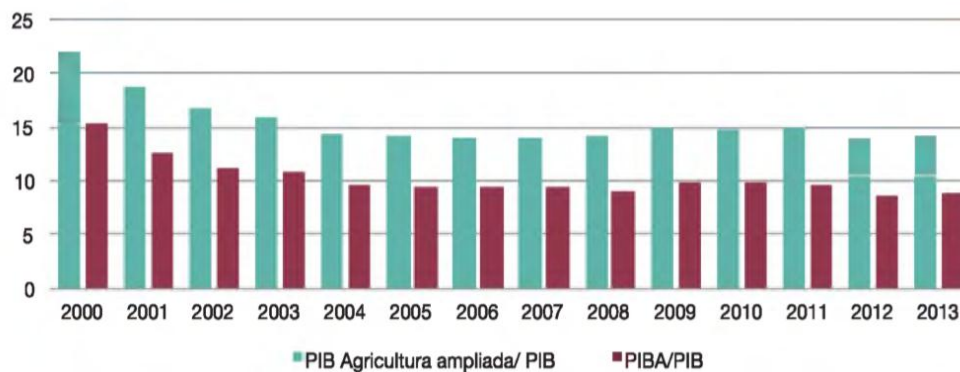
hectárea de siembra, Orthene (Acephate) de igual manera en las mismas dosis.

Cosecha: La cosecha para el cultivo cuando la mazorca presenta granos desarrollados en estado lechoso, cuando la semilla o grano ha cumplido con su madurez fisiológica, en el caso de requerir grano comercial se puede esperar hasta que el grano seque durante un periodo de tiempo mayor.

Almacenamiento: El almacenamiento del cultivo como mazorca, semilla o grano comercial debe ser meticuloso y en condiciones adecuadas para que el cultivo no se vea afectado en su posterior transporte y procesamiento, se debe proceder a secar totalmente el grano o semilla y de igual manera mantener en lugares frescos, secos y libres de amenaza de gorgojo. (Cosude, 1998)

2.2. Importancia de cada variedad dentro del contexto socioeconómico del país

El desafío para el Ecuador es integrarse dentro del contexto internacional en cuando a la economía agraria. El sector agrícola, es uno de los principales ejes que constituyen la economía del Ecuador. Para el año 2014, el PIB del Ecuador representaba el 7% de la economía del país, llegando a 5,018,022 millones de dólares en producción (Montero, 2016). La agricultura es una actividad que conlleva impacto tanto en el ámbito económico como en la seguridad alimentaria del país. Al observar como esta actividad ha ido evolucionando con el pasar de los años, se puede apreciar el comportamiento de la producción y sostenibilidad que tiene esta actividad en el tiempo. El PIB del país se ha visto afectado, por lo que por medio de medidas de mejora continua se ha incorporado planes de desarrollo de cultivos, así como de mejoramiento de semillas para una mejor producción a nivel nacional. En la siguiente figura se puede observar la depreciación de esta contribución por parte del sector agrícola, primordialmente a causa de la producción industrializada de origen agropecuario.



*Figura 1. Contribución PIB agrícola al PIB total de la economía del Ecuador
Tomado de (BCE, 2014)*

Pese a estar representado a nivel internacional por la calidad de sus materias primas, esta no representa un valor importante considerando las tendencias de los consumidores por productos procesados. Existe una relación directa entre el desempeño económico y el bienestar de la población vinculada con la producción de estos alimentos. El abrir las puertas a la globalización tiene impactos también en el contexto nacional, es decir, el valor de los productos está en constante variación debido a la alta demanda y a la demanda que existe dentro del mercado nacional e internacional (Bonilla, 2016).

La agricultura dentro del contexto nacional representa la economía para la subsistencia de 3.3 millones de personas (Bonilla, 2016). Al igual que ser la base de la alimentación de 16,39 millones de ecuatorianos. Debido a que existe una alta demanda y gracias al impulso que ha generado el gobierno para motivar el consumo y producción; el 97% de estos alimentos base vienen a partir de la producción nacional. Esto provoca un efecto positivo para la producción y la economía del país, dado que la personas que se ven directamente beneficiadas de esta actividad son ese 3.3 millones de personas (Bonilla, 2016).

El índice de productividad nacional se ve representado por el comportamiento de los rendimientos en cultivos, y como estos van cambiando en el tiempo. Al observar las variantes de la producción en el tiempo se puede apreciar el

impacto de estas sobre la economía del país. Aplicando la información obtenida en ESPAC en referencia a la producción y superficie, se puede evaluar el índice de contribución por productos cosechados (Montero, 2016).

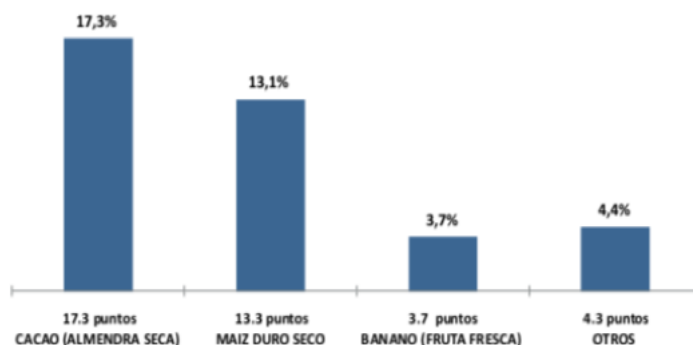


Figura 2. Contribución a la validación del índice

Tomado de (INEC, 2013)

La producción de maíz en Ecuador se puede encontrar en la mayoría de las regiones, cubriendo costa sierra, oriente y galápagos. Su impacto va más allá de una simple producción masiva, esta es considerada una de las producciones de mayor importancia en el país dado que su funcionalidad es múltiple, tanto como alimentación humana como para uso agroindustrial (INIAP, 2016).

En la siguiente figura se puede observar como se ha distribuido la participación de cada sector en base a sus respectivas actividades. La importancia de la agricultura prevalece como base dentro de cada año medido. Es por esta razón que se le ha otorgado tanta importancia a esta actividad, y es porque varios sectores se ven afectados por la misma, generando de esta forma impacto a más de un posible sector de producción. Al tener una diversidad dentro de este aspecto se puede apreciar las virtudes que tiene esta actividad dentro del aspecto socioeconómico del país.

| | | 2007 | | | | 2008 | | | |
|--------|--|---------------------------------|---------------------------|-------------|--|--|---------------------------|-------------|--|
| Área | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | Explotación de minas y canteras | Industrias manufactureras | Servicios * | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | Explotación de minas y canteras | Industrias manufactureras | Servicios * | |
| Urbano | 7,50% | 0,40% | 13,00% | 79,10% | 7,80% | 0,50% | 13,50% | 78,30% | |
| Rural | 70,40% | 0,70% | 6,50% | 22,30% | 69,50% | 0,50% | 6,70% | 23,40% | |
| Total | 29,60% | 0,50% | 10,70% | 59,10% | 28,70% | 0,50% | 11,20% | 59,60% | |
| | | 2009 | | | | 2010 | | | |
| Área | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | Explotación de minas y canteras | Industrias manufactureras | Servicios * | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | Explotación de minas y canteras | Industrias manufactureras | Servicios * | |
| Urbano | 10,00% | 0,50% | 12,50% | 76,90% | 9,90% | 0,60% | 12,90% | 76,60% | |
| Rural | 69,40% | 0,70% | 6,30% | 23,60% | 68,40% | 0,90% | 6,40% | 24,30% | |
| Total | 37,50% | 0,60% | 9,60% | 52,30% | 37,00% | 0,70% | 9,90% | 52,40% | |
| | | 2011 | | | | 2012 | | | |
| Área | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | Explotación de minas y canteras | Industrias manufactureras | Servicios * | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | Explotación de minas y canteras | Industrias manufactureras | Servicios * | |
| Urbano | 9,40% | 0,40% | 12,30% | 77,90% | 9,40% | 0,40% | 12,10% | 78,00% | |
| Rural | 68,10% | 0,80% | 5,80% | 25,30% | 68,10% | 0,90% | 5,80% | 25,20% | |
| Total | 34,60% | 0,60% | 9,50% | 55,30% | 34,60% | 0,60% | 9,50% | 55,30% | |
| | | 2013 | | | | * Servicios agrupa todas las ramas del sector terciario. Mayor detalle en Anexo 14. Fuente: ENEMDU INEC 2013 Elaboración: INEC-Dirección de Estadísticas Sociodemográficas | | | |
| Área | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | Explotación de minas y canteras | Industrias manufactureras | Servicios * | | | | | |
| Urbano | 7,10% | 0,70% | 13,30% | 79,00% | | | | | |
| Rural | 62,00% | 0,60% | 7,50% | 29,90% | | | | | |
| Total | 25,30% | 0,70% | 11,30% | 62,70% | | | | | |

Figura 3. PEA ocupada por principales sectores de actividades económicas del Ecuador

Tomado de (INEC, 2013)

Cuantificar y evaluar el impacto de ciertos sectores dentro de la economía directa del país, es un tema complejo. Debido a la falta de recursos e información brindada en estos aspectos no se puede definir el peso exacto que brindan los pequeños agricultores campesinos dentro de la economía. Los esfuerzos brindados por el MAGAP, para conceptualizar la agricultura familiar y hacer de esta una más integral, se ve afectada por la estadística necesaria para esta evaluación. En el año 2013, se definió qué para el Ecuador, las producciones pequeñas campesinas representan el 55% del total de unidades de producción, ocupando de esta forma el 31% de la superficie de producción nacional. (Bonilla, 2016). Previa a esta caracterización S. Wong y C. Ludeña en el año 2006 estimaron que la agricultura campesina correspondía al 88% de los UPA totales, y representaba el 41% de la superficie productiva del país.

| Años | Población nacional rural ocupada en agricultura | | | |
|------|---|--|--|----------------------------------|
| | Ocupados rural/ ocupados total | Población ocupada agrícola/ ocupados total | Población ocupada agrícola/ ocupados rural | Población ocupada agrícola rural |
| 2007 | 35,2 | 70,4 | 84,2 | 1'540.314 |
| 2008 | 33,9 | 69,5 | 84,6 | 1'450.317 |
| 2009 | 34,8 | 69,4 | 84,4 | 1'522.785 |
| 2010 | 34,3 | 68,4 | 82,3 | 1'463.739 |
| 2011 | 33,6 | 68,1 | 84,1 | 1'470.989 |
| 2012 | 33,9 | 68,1 | 82,2 | 1'499.135 |
| 2013 | 33,3 | 62,0 | 76,1 | 1'388.191 |

| Años | Población nacional urbana ocupada en agricultura | | | |
|------|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | Ocupados urbana/ ocupados total | P. ocupada agr./ ocupados total | P. ocupada agr./ ocupados urbana | P. ocupada agrícola urbana |
| 2007 | 64,8 | 29,6 | 45,7 | 301.215 |
| 2008 | 66,1 | 28,7 | 43,5 | 315.431 |
| 2009 | 65,2 | 29,3 | 45,0 | 311.534 |
| 2010 | 65,7 | 28,2 | 43,0 | 289.661 |
| 2011 | 66,4 | 28,3 | 42,6 | 328.186 |
| 2012 | 66,1 | 27,8 | 42,1 | 309.071 |
| 2013 | 66,7 | 25,3 | 37,9 | 317.181 |

Figura 4. Población nacional rural y urbana, dedicada a la agricultura
Tomado de (INEC, 2013)

La producción de maíz morocho y suave tiene gran impacto en el aspecto socioeconómico del país. Debido a que estas son dos de los cultivos de mayor posicionamiento dentro del territorio ecuatoriano, y que de igual manera constituyen un factor fundamental dentro de la alimentación nacional, representan un factor fundamental para cada sector productivo.

2.3. Composición fisicoquímica de cada variedad

Tabla 1

Características fisicoquímicas maíz morocho, INIAP 180

| VARIEDAD | MAÍZ SUAVE HARINOSO (INIAP 122) |
|------------------------------|--|
| Característica Fisicoquímica | Descripción |
| Tipo de Grano | Mediano-Duro |
| Color del Grano Tierno | Crema |
| Color del Grano Seco | Amarillo |
| Color de Tusa | Blanco |
| Proteína | 9,39% |
| Almidón | 72,65% |

Tabla 2

Características fisicoquímicas maíz suave, INIAP 122

| VARIEDAD | MAÍZ SUAVE HARINOSO (INIAP 122) |
|------------------------------|--|
| Característica Fisicoquímica | Descripción |
| Tipo de Grano | Harinoso-Suave |
| Color del Grano Tierno | Crema |
| Color del Grano Seco | Amarillo |
| Color de Tusa | Blanca |
| Proteína | 9,14% |
| Almidón | 74,63% |

Tomado de (EESC, 2002)

2.4. Producción mundial vs. Producción nacional

A nivel nacional, se puede considerar al maíz morocho y suave; como cultivos fundamentales dentro de la alimentación humana como también para la producción industrial. La producción de este cultivo presenta una tasa de crecimiento del 17.23%; haciendo de este cultivo uno significativo dentro del contexto nacional agropecuario (Salazar, 2017). Este tipo de cultivo dentro de la producción nacional tiene un impacto distinto a otros, su priorización se ve representada por la importancia que tiene tanto para la alimentación humana como también para la producción industrial.

La distribución de la superficie de producción de este cultivo se encuentra en diferentes distribuciones geográficas. La participación de los Ríos representa la mayor dentro de esta evaluación con sus respectivas 129.017 hectáreas de producción. Esta participación de Los Ríos es equivalente al 35.96% a nivel nacional, aportando con un 39.42% de la producción total de este grano a nivel nacional (Salazar, 2017).

La producción de maíz en el país aumentó su productividad debido a planes e iniciativas incorporadas dentro del contexto nacional. El “Plan Semillas de alto

rendimiento” permite tener a los proveedores semillas certificadas híbridas y de igual manera fertilizantes que les permita tener una producción con mayores resultados (Montero, 2016).

Por medio de la figura #7 se puede visualizar como se distribuyen los mayores productores de maíz a nivel mundial. El maíz es un cultivo utilizado por su amplitud en la cadena de valor que tiene. A partir del año 2000, se empezó a visualizar un crecimiento en la demanda de este cultivo, primordialmente debido a que abarca con utilidad para la alimentación humana, animal, piscícola e industrial (MAGAP, 2013).

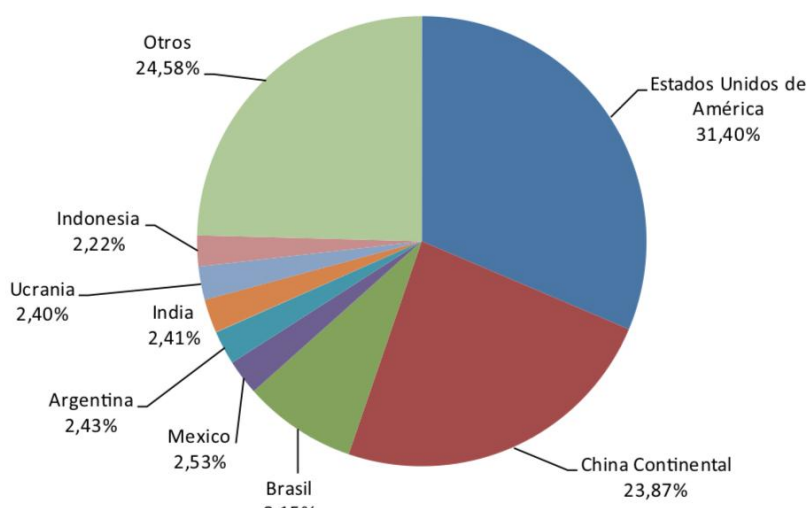


Figura 5. Estructura de producción mundial de maíz

Tomado de (FAOSTAT, 2012)

La comercialización internacional de este producto es baja, dado que apenas el 4% de la producción mundial de este cultivo se dirige hacia la comercialización y distribución. Esta gramínea se ve elaborado principalmente para abarcar con la demanda y las necesidades que tiene cada país (MAGAP, 2013).

La producción de maíz en el Ecuador representa para el año 2015, un total de 582,76 millones de dólares. Esta representación de la producción y su comercialización pese a tener un valor alto, no representa un valor significativo

a nivel del PIB. Debido a que este tipo de grano es procesado en subproductos de bajo costo unitario, no refleja una producción de alto valor agregado. Sin embargo, su producción es de valor social debido a que la producción de este se requiere para la alimentación humana y producción industrial de distintos sectores.

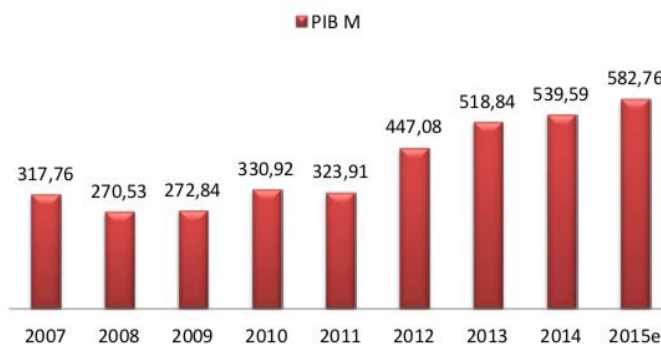


Figura 6. Producción de maíz en el Ecuador (millones de dólares)

Tomado de (FAOSTAT, 2015)

Como se mencionó previamente, los millones de dólares de producción de maíz para el Ecuador no se ve reflejado a nivel internacional como un valor de importancia. La producción de Ecuador en toneladas es equivalente a 1,54. El porcentaje de producción a nivel mundial del maíz cultivado en Ecuador representa apenas el 0,15%. Este valor no representa uno significativo, para el margen internacional de maíz suave (Baca, 2016).

Tabla 3

Participación de producción de maíz de Ecuador

| PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL ECUADOR (2014) | | |
|--|--------------------------------|---------------------------------|
| PAÍS | PRODUCCIÓN EN MILLONES DE TON. | % DE PRODUCCIÓN A NIVEL MUNDIAL |
| Ecuador | 1,54 | 0,15% |

Tomado de (Baca, 2015)

2.5. Características de calidad e inocuidad dentro del contexto económico del país

El objetivo de esclarecer las características necesarias para la calidad e inocuidad de las variedades (Maíz Morocho Variedad INIAP 180) y (Maíz Amarillo Suave Harinoso INIAP 122), se da con el fin de dar a conocer las Buenas Prácticas Agrícolas que deben de ser consideradas en todas sus etapas de desarrollo, para así asegurar la calidad e inocuidad de estos en su consumo y producción en campo.

La inocuidad se puede determinar como la incapacidad que tiene un producto para causar daños al consumidor. Los alimentos tienen que ser inocuos para que puedan ser consumidos sin presentar problemas para el consumidor. Es importante considerar que existen rigurosas normas que deben cumplirse constantemente para asegurar que los productos son aptos para consumo, y que no presentan probabilidad de causar daños al consumidor.

El manejo responsable del entorno natural, así como también las comunidades, personas y todo aquello que tenga relación con este tipo de actividad, deberá cuidar la inocuidad de los alimentos en base responsable al manejo sostenible de insumos, materia prima, maquinaria y otros elementos que aseguran la inocuidad y salubridad de estas dos variedades de maíz en todas sus etapas de desarrollo.

Manejo Integrado de Plagas. - Para mantener la calidad e inocuidad de la semilla en cada variedad, es importante evaluar si el cultivo corre riesgo potencial o si ha alcanzado un daño importante para haber agotado todas las prácticas culturales al cultivo y optar por el uso de agroquímicos para un control mucho mas eficiente y potencial, que asegure un adecuado control de plagas o amenaza biológica.

Uso Correcto y Almacenamiento de Plaguicidas. -Todo tipo de plaguicida usado en el maíz, debe ser perfectamente almacenado y alejado de todo tipo de cultivo o alimento, así como también de inundaciones que puedan contaminar áreas externas y deberá cumplir con todas las normas INEN para su correcto uso y aplicación.

Manejo del Agua. - El agua es uno de los factores mas importantes para el cultivo y su crecimiento en todas sus etapas, se recomienda que el agua debe cumplir con los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola o de riego, los mismos que deberán con ciertos parámetros de control microbiológico para que puedan ser aptos para su uso.

Todos los elementos que sean usados para el riego en campo también deberán cumplir con ciertos para metros microbiológicos para que no puedan afectar al cultivo y tampoco se transformen en vectores de riesgo biológico, por lo que todas estas herramientas deberán estar en buen estado en todas sus formas, se deberá realizar una constante limpieza de canales, sistemas de almacenamiento limpios y tomas de agua que puedan permitir el paso de objetos ajenos al agua como arena y lodo. Se debe explorar el entorno para determinar si las aguas aledañas pueden ser servidas, industriales o con algún tipo de contaminación. Los análisis correspondientes se deberán realizarlos cada dos años cumpliendo con las normas técnicas ecuatorianas INEN 1108.

Calidad del Grano para Almacenamiento. - Para el caso de las dos variedades, si el contenido de humedad de estos oscila entre 11,5 a 13% de humedad se puede almacenar sin ningún inconveniente durante un largo periodo de tiempo siempre y cuando las condiciones de almacenamiento sean controladas y que dicha humedad no tienda a alterarse.

Si el grano supera estos valores se corre riesgo microbiológico, pudrición incluso la producción de aflatoxinas que potencialmente son riesgosas para el

consumo humano, así como también hongos que generan deterioro en el grano o semilla, los cuales ya no pueden ser comercializados de la misma manera.

Trazabilidad del Grano.- Se debe tener una trazabilidad de grano de maíz documentado , el cual nos permita saber la trayectoria del mismo desde su siembra, cosecha y comercialización el cual nos puede asegurar obtener una mayor inocuidad y calidad del grano en todas sus etapas de procesamiento , los parámetros a tomar en cuenta para la trazabilidad son los siguientes; origen de la semilla, registros de campo, identificación de parcelas o divisiones, cada saco de maíz deberá contener, productor, variedad a la que pertenece , lugar o parcela de donde proviene, fecha y lugar de donde fue producido o empacado.(Agrocalidad, 2014)

2.6. Importancia de la humedad

Visto desde el punto de vista comercial la importancia de la humedad en los granos de maíz en nuestro país es de gran relevancia, puesto que viene ligado a procesos de comercialización en cuanto al peso y el papel que juega este a la hora de comercializar y almacenar el grano por cuestiones microbiológicas. El peso que este contenido de agua en los granos de maíz incide directamente en la compra- venta de este. (Agrosíntesis, 2016)

Cuando el grano de maíz llega a su madurez fisiológica con un contenido de humedad del 37-38% aproximadamente, se espera a la cosecha cuando el grano alcanzando un 28% es decir la humedad se redujo en un tanto por ciento y su madurez fisiológica también es la adecuada para la cosecha. Por lo que esta humedad aporta tan solo agua aumentado el porcentaje de humedad del grano y no necesariamente nutrientes como vitaminas, minerales, proteínas, etc. La industria no paga por agua sino por materia seca en el caso del grano por lo que este porcentaje de humedad adicional representa una pérdida para quien produce y también para quien lo comprara en el caso que sea así con altos rangos de humedad. (Agrosíntesis, 2016)

Por otro lado el porcentaje de humedad en el grano de maíz, refleja claramente la cantidad de agua que está contenida dentro del mismo , como habíamos mencionado anteriormente un grano con una cantidad de humedad menor al 13% se la puede almacenar y comercializar sin ningún problema, en el caso de granos de humedad que no han conseguido bajar dicho porcentaje, se puede recurrir a métodos de secado que en la mayoría de casos se requiere de maquinaria especializada en este tipo de proceso y en la mayoría de ocasiones es un problema para el pequeño productor por la falta de conocimiento y que hacer cuando su grano de maíz tiene una cantidad de maíz superior al 13% su vez también es un problema por la falta de recursos económicos para adquirir maquinaria de secado o desconocimiento del proceso , lo que con lleva como resultado perdidas comerciales para que pequeño y grande productor.

Desde el punto de vista microbiológico , un grano de maíz con una humedad superior al 13% corre un porcentaje alto de riesgo de contraer plagas y enfermedades microbiológicas a mayor porcentaje de agua contenida en el grano , mayor es e riesgo de contraer hongos, mohos, enfermedades microbianas e incluso aflatoxinas, las mismas que afectan directamente al producto en cuanto a los procesos de comercialización del mismo y almacenamiento , en la mayoría de los casos donde existe pudrición del grano en grandes volúmenes de maíz es por el mal almacenado cuando existe riesgo de humedad y esto no es controlado, secado o incluso falta de conocimiento del productor de los parámetros a basarme en cuanto a porcentajes de humedad para una excelente conservación del grano de maíz.

Para las empresas implica un gasto mayor de recursos como también se convierte en una problemática por cuestión de tiempo, recibir una materia prima que no cumpla con los requisitos establecidos de calidad. Dado que el porcentaje de humedad óptimo para almacenamiento oscila entre 13% y 14%, cualquier porcentaje superior a ese implicaría para la empresa la necesidad de reducir la humedad para que esté en condiciones de almacenamiento.

La problemática de recibir materia prima con porcentajes altos de humedad también se ve reflejados en el uso de recursos para poder transformar la materia prima en producto terminado. La mayor parte de la producción de maíz solo lo procesa para la obtención de harinas, las mismas que para poder ser elaboradas requieren de un porcentaje de humedad exacto para evitar afectaciones durante la transformación. Mantener estándares altos de calidad en la recepción de materia prima, es un parámetro importante para las empresas dado que sus producciones pueden verse afectadas de no realizar el proceso necesario para que cumplan con las condiciones establecidos de producción.

2.7. Padrones internacionales y nacionales para humedad de maíz

El principio de realizar buenas prácticas en la medición analítica permite controlar las variables dentro de la investigación. Basándose en ese principio es posible mantener un margen inferior de errores dentro del proceso, de esta forma asegurando que el proceso de análisis de muestras sea controlado. La presencia de padrones permite tener variables controladas para una investigación, de esta forma generando una referencia de comparación. Tener padrones dentro de la investigación consta como un requisito de validación de los métodos aplicados, de tal forma que se puede justificar y demostrar que se realizó una investigación con éxito.

El material de referencia utilizado dentro de las investigaciones representa un control utilizado para poder demostrar la calidad y de esta forma validar los métodos utilizados en la evaluación analítica. Los materiales de referencia de igual manera permiten evaluar la homogeneidad y estabilidad dentro de los resultados (ISO/Guía 35:2017). Mantener estándares dentro de laboratorios es necesario para realizar una investigación con enfoque analítico, basarse en guías de laboratorio al igual que buenas prácticas aseguran la calidad de la investigación. De esta forma asegurando que la misma se pueda validar y verificar bajo cualquier duplicación del experimento. Al utilizar materiales de

referencia, se los debe validar como un respaldo para la investigación, de esta forma asegurando que la investigación fue realizada de una manera prolífica con un concepto de cero errores (ISO/Guía 30:2015).

Investigaciones con enfoque de análisis químicos, o ensayos de laboratorio con rigurosos procesos de comparación requieren de validación y verificación de los datos. La validación de un método representa la confirmación de que este cuenta con las capacidades consistentes que la investigación requiere (Magnusson, 2016). Para este tipo de investigación existen varios grados de validaciones, una primaria como también una secundaria. Donde la validación secundaria puede definirse como una verificación de los procesos y los datos (Magnusson, 2016).

La verificación por otra parte consiste en que la aportación de evidencia objetiva a los datos obtenidos, que resultan en confirmar la capacidad de aplicar el método en cuestión. (Magnusson, 2016). Este tipo de confirmaciones representa un factor importante dentro de toda investigación, dado que se debe realizar el trabajo experimental correspondiente a estas evaluaciones para demostrar el funcionamiento adecuado de la metodología y que pueda ser duplicado en cualquier momento por cualquier persona. (ISO/Guía 30:2015)

2.8. Características y principios de cada método para medir humedad.

2.8.1. INEN estufa 1 (método INEN 1513-1987)

La preparación de las muestras para la siguiente metodología es aproximadamente de 15 gramos para en el ensayo de homogeneidad y para la comparación de metodologías 30 gramos de maíz por cada variedad según los tratamientos deseados en este caso fueron 6 muestras o repeticiones (sextuplicata) de 30 gramos para la comparación y 10 muestras de 15 gramos para el ensayo de homogeneidad respectivamente para cada humedad 10-16% , la misma metodología de estufa marca Binder Modelo Fed 115 esta basada

bajo un principio de calor re circulatorio que puede alcanzar hasta los 300 grados centígrados en un sistema al vacío homogéneo, el cual transmite calor directamente a las bandejas de acero inoxidable, eliminando instantáneamente la humedad residual deseada y por diferencias de peso se puede calcular la humedad final del grano de maíz para cada variedad . El método INEN dice que la metodología debe ser aplicada durante 38 horas con una temperatura de 130 grados centígrados en capsulas de aluminio que contenga al grano seco durante todo este periodo de secado (INEN, 1987)

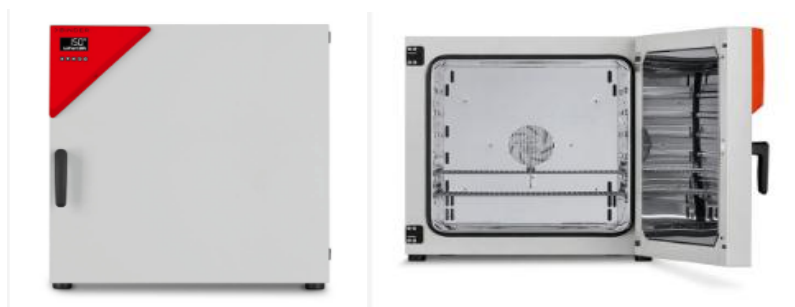


Figura 7. Estufa Marca Binder Modelo Fed 115

Tomado de (Cenam, 2007)

2.8.2. NIST estufa 2 (NIST/USDA)

La preparación de las muestras para esta metodología propuesta por el NIST y evaluada por la USDA es de aproximadamente 15 gramos de maíz para cada variedad respectivamente, en esta metodología se uso de igual manera 6 repeticiones (Sextuplicata) en la cual por diferencia de peso en el grano se calcula la humedad final del maíz, este método es usado como un patrón secundario para la medición de humedad, en el cual se plantea una reducción de exposición en la temperatura pero mayor cantidad de tiempo en la estufa, por lo que de igual manera que el método INEN se uso la estufa marca Binder Modelo Fed 115 esta basada en un principio re circulatorio de calor durante 103 grados por 72 horas , el resultado final de la humedad es la diferencia de masa por grano presente. (Cenam,2007)

2.8.3. Medidor de Humedad portátil (Agratronix MT-16 Capacitancia)

Esta metodología es basada en el principio de capacitancia, el cual permite la medición de humedad debido a una diferencia de potencial eléctrico entre los conductores a través de un elemento del circuito o entre dos puntos en el espacio, lo que nos permite calcular la humedad final del grano de maíz, este equipo basado en el principio de capacitancia es muy usado en campo, puesto que es una herramienta portátil de rápida medición. El equipo Agratronix MT-16 consta de 2 partes en su estructura una tapa desplegable con una placa interna que actúa como conductor y una cavidad donde es el medio aislante que se coloca el grano de maíz, la otra placa se encuentra en la base del equipo, esto en conjunto permite que se genere una diferencia de potencial eléctrico que hace que se pueda medir por medio de corrientes de agua la humedad del grano. (Farmex, 2016)

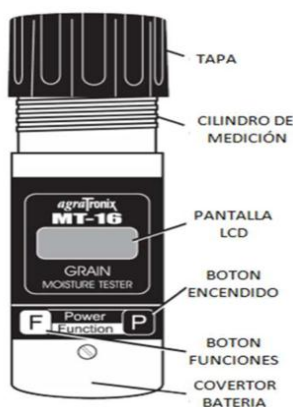


Figura 8. Equipo de medición de humedad, Agratronix Mt-16

Tomado de (VialIndustrial-Farmex, 2010)

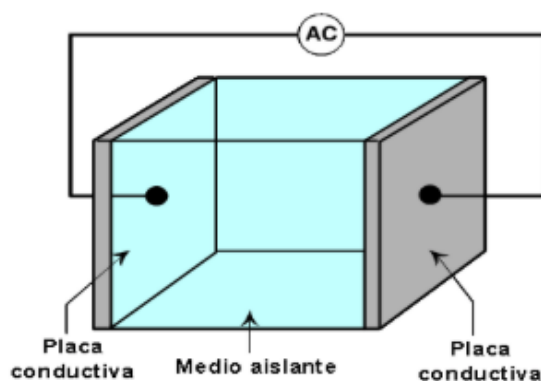


Figura 9. Equipo de medición de humedad, principio de capacitancia
Tomado de (IPACSA, 2011)

2.8.4. Infrarrojo (Termo gravimétrico - OHAUS)

La metodología por seguir en este equipo marca OHAUS modelo MB120 es por termo gravimetría, mediante el uso de calor, se uso muestras molidas de cada variedad con los diferentes porcentajes de humedades respectivamente, pesando 2 gramos de cada una de las muestras durante un tiempo prolongado de 15 minutos a una temperatura de 130 grados centígrados. La cantidad de agua desprendida durante el paso de calor al grano de maíz es el que nos permitirá mediante lecturas digitales saber el porcentaje de humedad final del mismo, (OHAUS, 2017)



Figura 10. Medidor de humedad, OHAUS MB 120
Tomado de (Ohaus, 2017)

2.8.5. Medidor de humedad INIAP Steinlite Modelo 400 g (Impedancia)

Esta metodología se basa en el principio de la impedancia, principalmente lo que hace que este equipo pueda medir la humedad es por medio de las partículas de agua que se encuentran suspendidas en un campo eléctrico, los mismos que por vibraciones eléctricas son desplazados en un orificio que separa dos medios de diferente potencial eléctrico uno positivo y otro negativo, esto hace que pueda analizarse la humedad final en el grano de maíz, el equipo presenta una temperatura de corrección el cual por evaporación de calor o variación en potencial eléctrico se lo corrige , el cual nos da la sumatoria final de la humedad del maíz, se usa aproximadamente 100 g de cada variedad de maíz durante 5 minutos para cada análisis.



Figura 11. Medidor de humedad INIAP Steinlite Modelo 400g
Tomado de (INIAP, 2018)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materiales

- Maíz morocho (INIAP 180)
- Maíz suave (INIAP 122)
- Agua destilada
- Envases de plástico herméticos
- Cápsulas de aluminio

3.1.2. Equipos

- Estufa
- Medidor de humedad infrarrojo
- Medidor de humedad (INIAP)
- Medidor de humedad portátil (Agratronix Mt-16)
- Cuarto frío
- Deshidratador
- Selladora al vacío
- Desecador de vidrio con silicagel seco

3.1.3. Detalles importantes de la investigación

Origen de las muestras

Se pueden considerar a las variedades en estudio como óptimas, ya que el instituto con el que se está trabajando para esta investigación garantiza la calidad de esta semilla, de esta forma elevando el grado de veracidad de los análisis. Ambas variedades, INIAP 122 e INIAP 180, son producidas en la sierra del Ecuador, y su producción está dirigida hacia la alimentación de humanos principalmente. Sin embargo, se puede considerar este producto como necesario para la dieta de animales de producción. Dado que existe una alta demanda de maíz en el país, principalmente por la cultura de consumo que existe dentro del territorio ecuatoriano, se debe analizar la calidad del grano procesado para poder hacer de este un alimento saludable e inocuo para la alimentación tanto de ganado como de personas.

Maíz morocho

El maíz morocho que se va a utilizar para realizar esta investigación fue obtenido de INIAP. Este instituto nacional de investigación nos proporcionó con una de sus variedades, como es la INIAP 180. Esta variedad es de gran importancia a nivel nacional, dado que su nivel de producción actualmente es de 51,000 Ha (INIAP, 2016).

Maíz suave

La variedad de maíz suave que se va a utilizar es la variedad INIAP 122. Esta variedad por su parte tiene de igual forma un valor importante dentro del mercado nacional, principalmente por que consta de 25,000 Ha en producción. (INIAP, 2016)

Ubicación de la investigación

Esta investigación corresponde a un trabajo manual, que debe ser realizado de forma metódica y secuencial. Es por estas razones que el lugar idóneo, para su ejecución es el laboratorio LQ9, LQ2, y laboratorios de Investigación Ambiental, de la Universidad de las Américas, la misma que se encuentra dentro del campus Queri. Dado que el trabajo debe ser documentado constantemente, y se lo va a realizar por medio de métodos específicos, debe existir un control exigente dentro de cada proceso para no alterar los resultados. Utilizando los laboratorios de la UDLA, nos permite mantener estándares altos de control y a su vez por medio de estos, limitar el número de errores posibles en cada una de las muestras realizadas.

3.2. Metodología

La investigación fue realizada en seis etapas, donde cada una de ellas daba inicio al realizarla correctamente. En las primeras dos fases, se consideraron como etapas de preparación de muestras o acondicionamiento. Es importante considerar que estas dos primeras etapas son la base para obtener padrones de referencia para la investigación, y con ello muestras homogéneas. La tercera etapa, es considerada como una etapa de ajuste de humedad, para poder secar las muestras que no han alcanzado el porcentaje de humedad establecido. La cuarta etapa, denominada como acondicionamiento, es una en la que a las muestras se les va a adicionar agua para que alcancen las humedades establecidas en el diseño experimental. Las últimas dos etapas,

son etapas de evaluación y comparación donde se utilizaron cinco diferentes métodos para medir la humedad de maíz.

Se aplicó un modelo matemático – teórico para poder generar un análisis de las diferencias y similitudes entre las diferentes muestras. El método aplicado fue un análisis de varianza con prueba de TUKEY al 5%, de esta forma observando si existe una diferencia significativa dentro de cada funda, durante el ensayo de homogeneidad como también una diferencia entre los diferentes métodos para medir la humedad.

3.2.1. Deshidratación o Secado

La deshidratación de las muestras es la primera etapa para asegurar que cada una de estas estén bajo las condiciones adecuadas, y que cumplan con los requerimientos solicitados para su análisis. Para poder cumplir con esta primera fase de la preparación de las muestras es necesario secar los granos de maíz. Los granos recibidos por parte del Instituto Nacional de investigación agropecuarias, donde el primer procedimiento posterior a la recepción fue medir el porcentaje de humedad de los granos por medio del método INEN, donde se calculó que las muestras presentaban un promedio de 15,54% en las diferentes variedades.

El proceso de secado de estas muestras fue realizado en dos etapas. La primera etapa se la consideró como una referencia para poder conocer un estimado del tiempo necesario que se deberían secar las muestras hasta obtener un porcentaje de humedad establecido de 9%.

Se aplicó la siguiente fórmula de secado, para poder determinar cuánto volumen de agua las muestras tenían que perder hasta alcanzar el porcentaje de humedad esperado;

$$W2 = W1 - \left(\frac{w1(m1-m2)}{100-m2} \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

W_2 = Peso grano seco (kg)

W_1 = Peso grano a secar (kg)

M_1 = Humedad del grano a secar (%)

M_2 = Humedad del grano seco (%)

Para aplicar esta fórmula se tomó una muestra representativa del total de peso que se debía secar. Tomando en consideración que se están evaluando dos variedades de maíz, se consideró una muestra representativa para 40 kg de maíz de cada variedad. Con el fin de tener una representación referencial de cuanto se tenían que secar las muestras de maíz morocho y suave. Esta fórmula nos va a definir un valor que es referencial para poder aplicar posteriormente una regla de tres, para simplificar y poder hacer los cálculos para cada una de las bandejas en secado.

Al utilizar el deshidratador, este nos permite ingresar cinco bandejas con un peso promedio de 1 kg a 2 kg. Se pesó cada bandeja y se aplicó la fórmula a cada una de las bandejas, para poder llevar un control de alcanzar el peso deseado. Considerando que se dividió el proceso de secado en dos etapas, la segunda etapa de este proceso consistió en ajustar el tiempo de secado en cada muestra hasta alcanzar la humedad establecida. Es importante considerar que cada variedad reacciona diferente ante los estímulos por lo que actuaron distintas al momento del secado.

Se aplicó la siguiente ecuación que nos permite resolver problemas de proporcionalidad de forma directa, y así simplificar el cálculo de cada bandeja y poder tener valores del peso final al que debe alcanzar cada una.

$$a \rightarrow b$$

$$c \rightarrow x$$

$$x = \frac{b * c}{a}$$

(Ecuación 2)

El valor de la constante (a) va a representar el porcentaje de humedad inicial, la constante (b) es equivalente al valor del peso inicial de la muestra. El valor de la constante (c) es el porcentaje de humedad final al que la muestra tiene que llegar para alcanzar el peso y humedad establecida previamente.

En las estufas, las muestras permanecerían durante 2 primeras horas con un proceso de rotación de las bandejas cada 30 minutos para conseguir consistencia en el secado para todas las bandejas y toda la muestra. Las temperaturas que se manejaron oscilaron entre 60 grados centígrados hasta 70 grados centígrados. Por lo que la rotación permitió mantener temperaturas adecuadas durante el secado.

Se establecieron 4 horas de secado para cada una de las muestras, considerando que el porcentaje de humedad no sería constante pero que alcanzaría la humedad establecida y facilitaría el proceso de acondicionamiento de estas.

3.2.2. Primera Comprobación de humedad

La comprobación de haber alcanzado el porcentaje de humedad establecido consiste en aplicar el método INEN, debido a que esta es la normativa que rige dentro del contexto ecuatoriano. El principio de este análisis es en base al calentamiento por ondas, el mismo que se lo realiza utilizando un horno de secado que va a operar durante 38 horas a una temperatura constante de 130°C. Este equipo debe permanecer bajo estas condiciones durante el tiempo establecido para evitar errores durante el proceso de evaluación de las muestras.

Cada muestra se va a colocar dentro de una capsula metálica que contiene un promedio de 30 gramos de muestra de cada variedad, y se va a considerar la humedad inicial aplicando el resultado obtenido a partir del Agratronix. Las muestras van a ingresar dentro de la estufa va a estar sin tapa, y al momento

de retirar del equipo se la va a cerrar para evitar cambios en humedad en respecto al ambiente. Posteriormente, al retirar las muestras de la estufa, ase las va a colocar en un desecador de vidrio el mismo que contiene silicagel seco para evitar que las muestras sufran cambios en su humedad.

La humedad inicial del grano de maíz es de 15,54% como se pudo verificar mediante la metodología INEN, para saber el porcentaje de humedad previa al secado de las muestras al momento de realizar ese proceso las muestras bajan en su porcentaje de humedad hasta tener aproximadamente 9%. Realizando una sextuplicata nos permite tener una apreciación más exacta del porcentaje de humedad de cada bandeja. Al tener repeticiones en este proceso nos aseguramos de tener datos más exactos para su posterior análisis.

Se aplicó la siguiente ecuación para el análisis INEN, que nos permite determinar el porcentaje final de cada una de las muestras analizadas.

$$H = (m_1 - m_2) \times \frac{100}{m_1 - m_0}$$

(Ecuación 3)

H= contenido de humedad en porcentajes de masa

m_0 = masa de la cápsula de aluminio vacía y tapa (g)

m_1 = masa de la cápsula de aluminio, con la muestra sin secar (g)

m_2 = masa de la cápsula de aluminio, la muestra seca (g)

Después de pesar cada una de las muestras, se va a aplicar esta fórmula para poder tener la humedad inicial exacta de cada una de las bandejas. Este proceso es necesario dado que, a partir de aquí, se acondicionaron las muestras en base al diseño experimental establecido.

3.2.3. Acondicionamiento de muestras

Al obtener los resultados de la comprobación de humedad, utilizando el método INEN se secaron las muestras que no llegaban al porcentaje de humedad

deseado durante 1 hora adicional. Con el fin de reducir el contenido de agua de las muestras, y así mantener el parámetro de humedad inicial establecido. Para realizar este proceso se aplicó la ecuación 2 (regla de 3), considerando el peso actual de las muestras, y el porcentaje de humedad de 9%.

$$x = \frac{b * c}{a} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Esta fase de la investigación consistió en aplicar la ecuación de Gough que nos establece la cantidad de agua que se debe adicionar a la muestra analizada para poder elevar el porcentaje de humedad. Este proceso es necesario dado que el diseño experimental nos define 7 diferentes lotes de humedades. Así como se puede apreciar en la siguiente tabla;

Tabla 4

Formato preparación de muestras de maíz con los respectivos lotes de humedad

| Lotes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Humedad | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |

La siguiente ecuación se aplicó para el acondicionamiento de las muestras;

(Ecuación 4)

$$Q = \frac{A(b-a)}{100-b}$$

Q = peso del agua destilada que va a añadir (g)

A = peso inicial de la sub – muestra (g)

a = contenido de humedad inicial de la su muestra (%)

B = contenido de humedad final deseada de la submuestra (%)

Para poder asegurar que existe homogeneidad dentro del proceso de la preparación de muestras, se va a utilizar una fórmula que nos ayuda a definir la cantidad de agua necesaria. Esta es la ecuación de GOUGH (1983), la misma que establece cuanto volumen de agua en (g) se debe adicionar a la muestra para poder elevar el porcentaje de humedad de esta.

Se elaborarán 7 lotes de diferentes porcentajes de humedad, las mismas que se va a colocar en bolsas de plástico impermeables, las que se sellaron utilizando el sellador al vacío. Estas muestras para poder tener homogeneidad dentro de la funda, se las agitó en lapsos de 2 a 5 minutos diariamente durante 7 días. La finalidad de esta práctica es que el agua adicionada a cada una de las fundas sea distribuida de forma equitativa para todos los granos.

3.3. Ensayo de Homogeneidad

La cuarta etapa de esta investigación fue el ensayo de homogeneidad, que consiste en analizar las muestras y verificar que estas presentan el porcentaje de humedad establecido. Esta etapa es importante, dado que funciona como un patrón de referencia para el resto de la investigación, los resultados de este análisis son considerados como evidencia que la investigación ha sido realizada exitosamente hasta este punto.

En los resultados se puede observar que, si los valores son superiores, se debe regresar a la etapa de secado para tener los granos con menor porcentaje de agua. Si los resultados demuestran valores muy bajos, requiere de un reacondicionamiento de las muestras para poder adicionar el agua que falta para alcanzar el porcentaje de humedad esperado.

Este ensayo consistió en obtener 10 submuestras de cada uno de los lotes elaborados (distintos porcentajes de humedad) y durante 7 días almacenar en temperatura de refrigeración y agitar las muestras de forma constante una vez al día en lapsos de 2 a 5 min.

Para obtener los resultados esperados para este proceso, se deberá seguir los parámetros establecidos en las guías 30 – 35 de la norma INEN. Siendo esta la autoridad que rige dentro de nuestro país es necesario cumplir con los requerimientos establecidos para este estudio. Como nos establece estas guías, se generará un análisis dentro de cada funda de esta forma asegurando que existe homogeneidad en los ensayos.

Lo que pretende este estudio es mediante toma de 5 submuestras de la parte superior, igualmente 5 submuestras de la parte inferior; es garantizar que existe homogeneidad dentro de cada lote elaborado.

Tabla 5

Análisis de humedad dentro de cada lote elaborado

| Lotes | Sub muestras | Promedio % de Humedad |
|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Lote 1 (10%) | 10 | |
| Lote 2 (11%) | 10 | |
| Lote 3 (12%) | 10 | |
| Lote 4 (13%) | 10 | |
| Lote 5 (14%) | 10 | |
| Lote 6 (15%) | 10 | |
| Lote 7 (16%) | 10 | |

Se aplicó el método INEN, utilizando la estufa para poder analizar las muestras de cada lote. Teniendo un total de 70 submuestras, se aplicó la ecuación 3 donde nos permite evaluar el peso de las muestras y finalmente el porcentaje final de cada una de estas.

(Ecuación 5)

$$H = (m1 - m2) \times \frac{100}{m1 - m0}$$

H= contenido de humedad en porcentajes de masa
 m_0 = masa de la cápsula de aluminio vacía y tapa (g)

m_1 = masa de la cápsula de aluminio, con la muestra sin secar (g)

m_2 = masa de la cápsula de aluminio, la muestra seca (g)

Para poder confirmar que existe una homogeneidad dentro de cada una de las muestras se aplicó un sistema de estadística descriptiva, ANOVA. Con el ANOVA se logró analizar la desviación dentro de cada lote, así como también se obtuvieron los valores para la F. calculada y F. crítica, estos valores nos permiten definir si existe o no homogeneidad dentro de las fundas y con que porcentaje de diferencia.

Tabla 6

Prueba de t para medias de dos muestras emparejadas

| | Repeticiones | Tratamiento (%) |
|---|---------------------|------------------------|
| Media | | |
| Varianza | | |
| Observaciones | | |
| Coefficiente de correlación de Pearson | | |
| Diferencia hipotética de las medias | | |
| Grados de libertad | | |
| Estadístico t | | |
| P (T <=t) una cola | | |
| Valor crítico de t (una cola) | | |
| P (T <= t) dos colas | | |
| Valor crítico de t (dos colas) | | |

Como se puede observar en la tabla 6, la estadística nos presenta varios resultados para el análisis, sin embargo, para nuestra investigación los que vamos a necesitar son: F. calculado, F. crítico, media de tratamiento y varianza de tratamiento.

Los valores de varianza de tratamiento son considerados como la desviación que existe dentro de cada lote. Los valores obtenidos dentro de este análisis no pueden superar el 1 dado que implicaría que no existe una homogeneidad dentro de cada lote.

Tabla 7

Desviación dentro de cada lote, ensayo de homogeneidad
Desviación dentro de cada lote

| Tratamientos | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Desviación | | | | | | | |

De igual forma, al obtener los resultados de la estadística, se logró analizar los valores para f. calculada y f. crítica. Estos parámetros permiten definir si los lotes son homogéneos. Los valores de F. calculado no pueden ser superiores a los valores de f. crítico; al igual que los valores de f. crítico deben permanecer constante para todos los lotes.

Tabla 8

Evaluación F. calculada y F. crítico de cada lote, ensayo de homogeneidad

| MAÍZ % b.u. | Homogeneidad | F. calculada | F. crítico |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Lote 1 (10%) | sub - lote | | |
| Lote 2 (11%) | sub - lote | | |
| Lote 3 (12%) | sub - lote | | |
| Lote 4 (13%) | sub - lote | | |
| Lote 5 (14%) | sub - lote | | |
| Lote 6 (15%) | sub - lote | | |
| Lote 7 (16%) | sub - lote | | |

3.3.1. Diseño Experimental

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar. Al mismo tiempo se va a considerar 7 lotes de humedades específicas para cada variedad de maíz, el propósito de esto es

lograr una homogeneización de las diferentes metodologías analizadas. Se decidió aplicar un diseño de bloques completamente al azar, debido a que por medio de este diseño se puede controlar las variables que existen dentro de la investigación, así mismo este diseño permite trabajar con resultados homogéneos, y dado los ensayos previos al diseño experimental se estará trabajando con datos estadísticos homogéneos, este diseño experimental es considerado como el apropiado para esta investigación.

El diseño experimental se lo va a realizar considerando los siguientes métodos para medir la humedad de granos de maíz:

1. Estufa 1 (Método NIST/USDA) – A03
2. Estufa 2 (Método INEN 1513-1987) determinación de humedad
3. Medidor de humedad infrarrojo (Termo gravimétrico) (OHAUS)
4. Medidor de humedad (INIAP)
5. Medidor de humedad portátil (Agratronix Mt-16) (capacitancia)

Cada uno de estos métodos trabaja bajo diferentes principios, por lo que analizar como estos miden y actúan con cada una de las variedades de maíz es considerando el enfoque de esta investigación. Tomando en cuenta que el principio de cada método es distinto, las muestras deben ser homogéneas entre ellas, de esta forma se reduce el error experimental y se controlan las variedades que puede tener analizar con muestras heterogéneas.

Para cada método se aplicó el siguiente diseño experimental, de igual forma este diseño es aplicado para las variedades de maíz morocho como suave, realizando una sextuplicata de cada tratamiento para poder reducir el error experimental.

Tabla 9

Diseño de bloques completamente al azar

| Repeticiones | Tratamientos | | | | | | |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |

Se realizará posteriormente un análisis ANOVA, donde se podrá visualizar el comportamiento de cada uno de los lotes en comparación con cada método de medición.

Tabla 10

Desviación estándar para 7 tratamientos y 5 métodos de medición de humedad.

| Metodologías | Tratamientos | | | | | | |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| INEN | | | | | | | |
| NIST | | | | | | | |
| AGRATRONIX | | | | | | | |
| INFRARROJO | | | | | | | |
| INIAP | | | | | | | |
| INEN | | | | | | | |

Aplicando los resultados obtenidos mediante el ANOVA realizado al diseño experimental, obtuvimos la desviación estándar de esos valores, los mismos que nos sirvieron para poder comparar posteriormente los métodos con las respectivas variedades de maíz morocho y suave.

3.3.2. Comparación de metodologías

El propósito de realizar la comparación de metodologías es encontrar las posibles diferencias significativas de los métodos para medir la humedad de maíz, como también del método aplicado para el tratamiento de las dos variedades de maíz. Para comprar realizar la comparación se aplicó los resultados estadísticos descriptivos del ANOVA, y se realizó un análisis comparativo de estos resultados.

Tabla 11

Comparación de metodologías aplicando estadística descriptiva, TUKEY al 5%

| Metodologías | Tratamientos | | | | | | |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| INEN | | | | | | | |
| NIST | | | | | | | |
| AGRATRONIX | | | | | | | |
| INFRARROJO | | | | | | | |
| INIAP | | | | | | | |
| INEN | | | | | | | |
| CV % | | | | | | | |

Aplicando TUKEY al 5% podremos analizar el comportamiento de las muestras, y determinar la presencia de diferencia significativas. Esto corresponde de igual forma con las normativas actuales dado que la norma ISO guía 35 establecen referencias de homogeneidad.

Continuando con los resultados obtenidos, se realizó la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación. Estos dos valores equivalen a una referencia de corrección para los datos obtenidos. La finalidad de tener estos factores es poder generar mayor confianza con respecto a los resultados obtenidos. El comportamiento que se analizó para obtener estas ecuaciones es lineal, demostrando que existe dentro del intervalo de estudio una correlación.

Tabla 12

Ecuación de regresión y coeficiente de relación entre método INEN (x) y los métodos de comparación (y)

| | NIST | Agratronix Mt-16 | Infrarrojo | INIAP |
|-----------------------------------|------|---------------------|------------|-------|
| Ecuación de regresión | | | | |
| Coeficiente de correlación | | | | |

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Deshidratación y Secado

El primer paso posterior a la recepción de la materia prima es el de deshidratar o secar las muestras. Este proceso consiste en reducir el porcentaje de humedad de cada una de las variedades de maíz para poder tener estandarizado el porcentaje de humedad dentro de las muestras. Aplicando un método de medición rápido se pudo visualizar que la materia prima se la recibió con un porcentaje de humedad de 15,54% de humedad.

Se aplicó la ecuación 1 para poder identificar la cantidad de agua que la muestra tenía que perder para poder alcanzar el peso necesario, y con ello la cantidad de humedad necesaria. Se determinó un 9% de humedad como punto de inicio, o referencia para empezar con la investigación.

$$W_2 = W_1 - \left(\frac{w_1(m_1 - m_2)}{100 - m_2} \right) \quad (\text{Ecuación 6})$$

W_2 = Peso grano seco (kg)

W_1 = Peso grano a secar (kg)

M_1 = Humedad del grano a secar (%)

M_2 = Humedad del grano seco (%)

$$W_2 = 0,96 - \left(\frac{0,96 (15,54 - 9)}{100 - 9} \right)$$

$$W_2 = 0,89$$

El ejemplo demuestra que de un peso inicial de 0,96 gramos se debe secar la muestra hasta obtener un peso final de 0,89 gramos. Este peso final fue el resultado de una fórmula de secado generalizada, la misma que puede variar para cada variedad en base a la composición fisicoquímica de las mismas. Se va a aplicar la misma formulación para las dos variedades, y para cada bandeja se aplicó la misma fórmula de secado.

Al obtener este primer resultado, podemos aplicar posteriormente la ecuación 2, que nos va a permitir obtener un porcentaje, el mismo que representa el porcentaje de humedad que debe alcanzar cada bandeja. El porcentaje que se obtiene a partir de esta segunda ecuación se establece como una referencia para el resto de las operaciones que deben realizarse.

$$a \rightarrow b$$

$$c \rightarrow x$$

$$x = \frac{b * c}{a} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

$$X = \frac{0,89 * 100}{0,96}$$

$$X = 92,7\%$$

El valor de $x = 92,7\%$ es un valor representativo que va a ser definido como un parámetro para realizar cálculos de proporción directa, para poder obtener el

peso al que cada bandeja debe alcanzar. Al realizar una regla de 3, o por medio de la aplicación de la ecuación 2, se calcula el peso de cada una de las bandejas y se obtuvo el peso final de cada una de las bandejas para alcanzar el porcentaje de humedad deseado.

En el deshidratador las muestras permanecieron durante 2 etapas, la primera que consistió en dejar las muestras durante 2 primeras horas con un proceso de rotación de las bandejas cada 30 minutos para conseguir consistencia en el secado para todas las bandejas. Las temperaturas que se manejaron oscilaron entre 60 grados centígrados hasta 70 grados centígrados. Por lo que la rotación permitió mantener temperaturas adecuadas durante el secado. La segunda etapa consistió en repetir el proceso de secado, dejando las muestras 1 hora adicional al día siguiente del inicio de este proceso, para asegurarse que ha logrado alcanzar el porcentaje de humedad. Las muestras se almacenaron una vez frías en envases sellados herméticamente para evitar que sufran alteraciones durante este almacenamiento.

Posterior al secado de las bandejas, las muestras se van a analizar mediante el método INEN donde se va a apreciar la humedad inicial, considerando que este método otorga una medición más exacta del porcentaje de humedad, representa una mejor apreciación de la humedad inicial de cada una de las muestras.

Tabla 13

Resultados de comprobación de humedad inicial, mediante método INEN (Maíz morocho, INIAP180)

| Repeticiones | Peso muestra inicial | M ₁ | M ₂ | M ₀ | Humedad (%) |
|--------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| 1 | 30,8633 | 79,7257 | 76,6247 | 48,8624 | 10,05% |
| 2 | 30,2679 | 70,4045 | 67,3423 | 40,1366 | 10,12% |
| 3 | 30,6897 | 78,9759 | 75,8495 | 48,2862 | 10,19% |
| 4 | 30,4553 | 74,2223 | 71,0878 | 43,7870 | 10,30% |
| 5 | 30,0445 | 73,4998 | 70,4532 | 43,4553 | 10,14% |
| 6 | 30,9555 | 82,3264 | 79,2029 | 51,3709 | 10,09% |

El formato para las dos variedades es consistente y se mantiene como una referencia únicamente de todas las muestras analizadas. Es por esta razón que se obtuvo un promedio del resultado de cada variedad, de esta forma se continuó con una perspectiva más general de la situación de cada variedad.

Tabla 14

Resultados de comprobación de humedad inicial, mediante método INEN (Maíz suave, INIAP122)

| Repeticiones | Peso muestra inicial (g) | M₁ | M₂ | M₀ | Humedad (%) |
|---------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| 1 | 30,2926 | 81,0137 | 78,0100 | 50,7211 | 9,92% |
| 2 | 30,8321 | 73,0488 | 69,9853 | 42,2167 | 9,94% |
| 3 | 30,0871 | 79,7621 | 76,8243 | 49,6750 | 9,76% |
| 4 | 30,4675 | 78,7430 | 75,4482 | 48,2755 | 10,81% |
| 5 | 30,4939 | 80,1267 | 77,1178 | 49,6328 | 9,87% |
| 6 | 30,2240 | 78,6661 | 75,6722 | 48,4421 | 9,91% |

Para poder apreciar el resto de las muestras realizadas se puede observar el anexo 1, donde se presentan todos los datos correspondientes a este proceso para la variedad de maíz suave. El promedio de humedad para la variedad maíz morocho (INIAP 180) es de 10,15%, mientras que el porcentaje de humedad para la variedad maíz suave (INIAP 122) es de 9,88%. Considerando a su vez el promedio de humedad para la variedad maíz morocho y la cercanía que existe entre estas dos variedades, no se consideró necesario repetir el proceso de secado.

En base a los resultados obtenidos en las tablas anteriores se puede observar que, en base a un mismo tiempo de secado de las muestras, las variedades de maíz morocho y pese a que reaccionan de forma distinta existe cierta homogeneidad dentro de estas dos variedades. Eso se puede acreditar principalmente a que la estructura del grano de maíz suave es permeable, permitiendo que exista un mayor flujo de movimiento del contenido de agua de

este grano. El maíz morocho tiene una capa externa más dura, lo que causa que sea más difícil el libre flujo del contenido de agua, causando que requiera de más horas de secado para alcanzar el porcentaje de humedad predeterminado.

4.2. Acondicionamiento

Al obtener los resultados del secado, y verificando el porcentaje de humedad de las muestras, se continuó con el proceso de acondicionamiento. Esta etapa de la investigación consistió en adicionar agua a cada una de las fundas de cada lote para poder llevar hasta la humedad esperada. Para adicionar agua se aplicó la ecuación de Gough, donde nos indica el peso inicial de la muestra, contenido de humedad inicial y la cantidad de agua que se debe adicionar para poder alcanzar la humedad definida para el diseño experimental. Se toman en cuenta los siguientes parámetros de humedad, considerados como lotes, para poder acondicionar cada una de las muestras de maíz morocho y suave.

Tabla 15

Preparación de muestras de maíz con los respectivos lotes de humedad

| Lotes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Humeda d | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |

Aplicando la ecuación de Gough se obtuvieron los siguientes resultados que representan ejemplos de todos los ensayos realizados.

$$Q = \frac{A(b-a)}{100-b} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Q = peso del agua destilada que va a añadir (g)

A = peso inicial de la sub – muestra (g)

a = contenido de humedad inicial de las submuestras (%)

B = contenido de humedad final deseada de la submuestra (%)

Las siguientes tablas son representaciones de los acondicionamientos realizados para cada una de las variedades. Como se puede observar en las siguientes tablas donde se aplica la ecuación de Gough, tenemos un valor de agua adicionada para cada lote en elaboración. Esta cantidad de agua es equivalente a lo que cada lote requiere para poder alcanzar las humedades establecidas para el diseño experimental.

Tabla 16

Acondicionamiento de muestras para cada lote (Maíz suave, INIAP 122

| | Peso inicial (g) | Humedad inicial (%) | Agua Adicionada (g) |
|---------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Lote 1 (10%) | 385,45 g | 9,75 % | 1,071 g |
| Lote 2 (11%) | 400,02 g | 10,79 % | 0,84 g |
| Lote 3 (12%) | 400,29 g | 10,75 % | 5,686 g |
| Lote 4 (13%) | 400,39 g | 11,44 % | 7,179 g |
| Lote 5 (14%) | 404,98 g | 11,24 % | 12,997 g |
| Lote 6 (15%) | 303,18 g | 10,53 % | 15,944 g |
| Lote 7 (16%) | 157,82 g | 10,30 % | 10,709 g |

Nota: Estos valores son representativos de todos los acondicionamientos realizados para la variedad maíz suave

El resto de los resultados para la variedad maíz suave de este proceso se los puede apreciar en los anexos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Cada uno de los lotes, en base a la humedad inicial y a la humedad a la que llegaron necesitaron de una cantidad superior de agua, generando a su vez una ecuación lineal que tiene correlación con los resultados obtenidos posteriormente. Al incorporar agua destilada a cada una de las fundas, se selló de forma inmediata para evitar la evaporación de esta y asegurarnos que toda la muestra adquiriría este volumen de agua. Cada una de las fundas se la selló utilizando un sellador al vacío como a su vez, utilizando fundas permeables con cierre tipo ziploc.

Tabla 17

Acondicionamiento de muestras para cada lote (Maíz morocho, INIAP180)

| | Peso inicial (g) | Humedad inicial (%) | Agua Adicionada (g) |
|---------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Lote 1 (10%) | 1004,9 g | 9,43 % | 6,33 g |
| Lote 2 (11%) | 1007,44 g | 9,47 % | 17,36 g |
| Lote 3 (12%) | 1075,84 g | 10,17 % | 22,41g |
| Lote 4 (13%) | 1040,95 g | 10,23 % | 33,10 g |
| Lote 5 (14%) | 1021,09 g | 9,40 % | 54,62 g |
| Lote 6 (15%) | 1067,68 g | 10,23 % | 59,87 g |
| Lote 7 (16%) | 1103,81 g | 9,47 % | 85,85 g |

Nota: Estos valores son representativos de todos los acondicionamientos realizados para la variedad maíz morocho

El resto de los resultados para la variedad maíz morocho de este proceso se los puede apreciar en los anexos 23,24,25,26,27,28 y 29. Cada uno de los lotes, en base a la humedad inicial y a la humedad a la que llegaron necesitaron de una cantidad superior de agua, generando a su vez una ecuación lineal que tiene correlación con los resultados obtenidos posteriormente. Al incorporar agua destilada a cada una de las fundas, se selló de forma inmediata para evitar la evaporación de esta, en el caso del maíz morocho se realizó el acondicionamiento en fundas de 1kg, asegurándonos que toda la muestra adquiriría este volumen de agua homogéneamente. Cada una de las fundas se la sello utilizando un sellador al vacío como a su vez, utilizando fundas permeables con cierre tipo ziploc.

Tabla 18

Masa inicial de cada lote (g.) promedio de masa asdicionada de agua (g), humedad final (% b.u.) y desviación (Maíz suave, INIAP 122)

| Lotes con humedades con rangos del 10 al 16% de humedad / Masa Inicial (g) | Masa de Agua adicionada (g) | Humedad (% b.u) y desviación estándar |
|---|------------------------------------|--|
|---|------------------------------------|--|

| | | |
|---------------------|--------|--------------|
| Lote 1 (10%) 375,92 | 1,008 | 10,03 ± 0,10 |
| Lote 2 (11%) 385,47 | 0,889 | 10,9 ± 0,18 |
| Lote 3 (12%) 375,35 | 3,500 | 11,93 ± 0,08 |
| Lote 4 (13%) 382,07 | 6,801 | 12,9 ± 0,09 |
| Lote 5 (14%) 369,16 | 13,201 | 13,65 ± 0,17 |
| Lote 6 (15%) 352,66 | 17,068 | 15,15 ± 0,11 |
| Lote 7 (17%) 153,98 | 10,513 | 16,86 ± 0,43 |

Nota: Los resultados de cada parámetro como de la desviación es en base a los resultados de todas las repeticiones.

Tabla 19

Masa inicial de cada lote (g.), promedio de masa adicionada de agua (g), humedad final (% b.u.) y desviación (Maíz morocho, INIAP 180)

| Lotes con humedades con rangos del 10 al 16% de humedad / Masa Inicial (g) | Masa de Agua adicionada (g) | Humedad (% b.u) y desviación estándar |
|---|------------------------------------|--|
| Lote 1 (10%) 1028,27 | 7,82 | 10,19 ± 0,34 |
| Lote 2 (11%) 1076,78 | 19,09 | 10,81 ± 0,27 |
| Lote 3 (12%) 1045,16 | 20,89 | 12,06 ± 0,28 |
| Lote 4 (13%) 1034,84 | 37,62 | 13,31 ± 0,27 |
| Lote 5 (14%) 1086,37 | 56,64 | 14,32 ± 0,30 |
| Lote 6 (15%) 1024,31 | 63,46 | 15,44 ± 0,32 |
| Lote 7 (17%) 1150,26 | 87,01 | 16,31 ± 0,26 |

Nota: Los resultados de cada parámetro como de la desviación es en base a los resultados de todas las repeticiones.

Los resultados de humedad obtenidos con respecto a la desviación estándar, que se puede apreciar en la tabla 18 y 19 en referencia al maíz suave (INIAP 122) y maíz morocho (INIAP 180) respectivamente, demuestran que para el estudio realizado las muestras son homogéneas. Dado que la investigación requiere que los resultados demuestren a lo largo de todo el estudio que sean homogéneas, este análisis permite fortalecer la investigación dado que nos permite demostrar que las muestras fueron preparadas de forma adecuada.

4.3. Ensayo de Homogeneidad

En base a los resultados obtenidos en las etapas previas, se pudo demostrar que las muestras son homogéneas. Este ensayo de homogeneidad resulta en una comprobación mediante un análisis estadístico que las muestras son homogéneas dentro de cada funda.

Tabla 20

Desviación dentro de cada lote (Maíz suave, INIAP 122)

| Desviación dentro de las fundas | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tratamientos | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| Desviación | 0,1020 | 0,1879 | 0,0867 | 0,0983 | 0,1734 | 0,1135 | 0,4334 |

Nota: La desviación de cada funda es en base a las 10 repeticiones, estos valores representan el ensayo de homogeneidad.

Dado que se puede que por medio de la desviación dentro de cada lote existen valores inferiores a ($<1,0$) presentados en la tabla 20 en referencia al maíz suave (INIAP 122), se consideran las muestras homogéneas.

En la tabla 21 se consideró la misma homogeneidad dado que en esta se puede apreciar de igual forma valores inferiores a ($<1,0$). Para poder fortalecer un criterio más exacto de la homogeneidad que existe dentro del estudio se realizó un análisis ANOVA. Este estudio nos demuestra que de hecho los valores de cada uno de los lotes son homogéneos y este parámetro se mantiene constante en todos los lotes por igual.

Tabla 21

Desviación dentro de cada lote (Maíz morocho, INIAP 180)

| Desviación dentro de las fundas | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tratamientos | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| Desviación | 0,3490 | 0,2676 | 0,2848 | 0,2727 | 0,3065 | 0,3223 | 0,2605 |

Nota: La desviación de cada funda es en base a las 10 repeticiones, estos valores representan el ensayo de homogeneidad.

En la tabla 21 se consideró la misma homogeneidad dado que en esta se puede apreciar de igual forma valores inferiores a ($<1,0$). Para poder fortalecer un criterio más exacto de la homogeneidad que existe dentro del estudio se realizó un análisis ANOVA. Este estudio nos demuestra que de hecho los valores de cada uno de los lotes son homogéneos y este parámetro se mantiene constante en todos los lotes por igual.

Tabla 22

Análisis de Varianza del ensayo de Homogeneidad (Maíz suave, INIAP 122)

| MAÍZ % b.u. | Homogeneidad | F. calculada | F. crítico |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Lote 1 (10,03 ± 0,10) | sub - lote | 2,1224E-12 | 2,262 |
| Lote 2 (10,90 ± 0,18) | sub - lote | 0,000143049 | 2,262 |
| Lote 3 (11,93 ± 0,08) | sub - lote | 4,21154E-05 | 2,262 |
| Lote 4 (12,90 ± 0,09) | sub - lote | 1,37212E-05 | 2,262 |
| Lote 5 (13,65 ± 0,17) | sub - lote | 4,57477E-06 | 2,262 |
| Lote 6 (15,15 ± 0,11) | sub - lote | 1,55587E-06 | 2,262 |
| Lote 7 (16,86 ± 0,43) | sub - lote | 2,13885E-07 | 2,262 |

Nota: Cuando el valor de F calculada es inferior al valor de F crítica se considera que la muestra es homogénea.

Como se puede observar en la tabla 22, los valores que para f. calculada son valores inferiores a los valores de f. crítico. Estos resultados prueban que las muestras son homogéneas, y dado que este estudio es más profundo se considera una validación del método de acondicionamiento de muestras y por ende del ensayo de homogeneidad.

Tabla 23

Análisis de Varianza del ensayo de Homogeneidad (Maíz morocho, INIAP 180)

| MAÍZ % b.u. | Homogeneidad | F. calculada | F. crítico |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Lote 1 (10,19 ± 0,34) | sub - lote | 0,000280516 | 2,262 |
| Lote 2 (10,81 ± 0,27) | sub - lote | 0,000188644 | 2,262 |
| Lote 3 (12,06 ± 0,28) | sub - lote | 3,7194E-05 | 2,262 |
| Lote 4 (13,31 ± 0,27) | sub - lote | 9,04301E-06 | 2,262 |
| Lote 5 (14,32 ± 0,30) | sub - lote | 2,83581E-06 | 2,262 |
| Lote 6 (15,44 ± 0,32) | sub - lote | 9,3431E-07 | 2,262 |
| Lote 7 (16,31 ± 0,26) | sub - lote | 9,79065E-07 | 2,262 |

Nota: Cuando el valor de F calculada es inferior al valor de F crítica se considera que la muestra es homogénea.

Como se puede observar en la tabla 23, los valores que para f. calculada son valores inferiores a los valores de f. crítico. Estos resultados prueban que las muestras son homogéneas, y dado que este estudio es más profundo se considera una validación del método de acondicionamiento de muestras y por ende del ensayo de homogeneidad.

4.4. Comparación de metodologías

Tabla 24

Desviación estándar para comparación de metodologías (Maíz suave, INIAP 122)

| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Metodología | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| INEN | 0,13 | 0,29 | 0,09 | 0,10 | 0,16 | 0,21 | 0,34 |
| NIST | 0,21 | 0,02 | 0,17 | 0,15 | 0,11 | 0,13 | 0,50 |
| AGRATRONIX | 0,33 | 0,29 | 0,38 | 0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,39 |
| INFRARROJO | 0,36 | 0,15 | 0,17 | 0,36 | 0,37 | 0,18 | 0,33 |
| INIAP | 0,25 | 0,22 | 0,12 | 0,09 | 0,19 | 0,22 | 0,26 |

Nota: Los valores para la desviación estándar son en base a 10 repeticiones para cada metodología.

Considerando los resultados obtenidos en la tabla 24, se considera que existen diferencias entre las metodologías comparadas y la metodología referencia. Al establecer el método INEN, que es la norma que rige a nivel nacional, se generó estas comparaciones con métodos alternos de esta forma demostrando que existe ciertas diferencias entre cada método.

Si tomamos como ejemplo dentro de la misma tabla de maíz suave (INIAP 122), el lote de 14% de humedad y consecuentemente con la metodología de infrarrojo, existe un valor 0,37 que se lo debe adicionar a las muestras para poder obtener un valor real de este método. Estos valores referenciales de desviación son necesarios dado que a partir de ellos se puede generar una ecuación de corrección de los métodos para que se puedan obtener valores reales en referencia al método INEN.

Tabla 25

Desviación estándar para comparación de metodologías (Maíz morocho, INIAP 180)

| Metodología | DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | | | | | |
|--------------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| INEN | 0,35 | 0,09 | 0,14 | 0,27 | 0,33 | 0,23 | 0,15 |
| NIST | 0,18 | 0,14 | 0,07 | 0,17 | 0,21 | 0,20 | 0,17 |
| AGRATRONIX | 0,27 | 0,24 | 0,37 | 0,12 | 0,12 | 0,27 | 0,31 |
| INFRARROJO | 0,16 | 0,04 | 0,12 | 0,23 | 0,18 | 0,36 | 0,42 |
| INIAP | 0,24 | 0,18 | 0,10 | 0,05 | 0,24 | 0,09 | 0,15 |

Nota: Los valores para la desviación estándar son en base a 10 repeticiones para cada metodología.

Considerando los resultados obtenidos en la tabla 25, se considera que existen diferencias entre las metodologías comparadas y la metodología referencia. Al establecer el método INEN, que es la norma que rige a nivel nacional, se generó estas comparaciones con métodos alternos de esta forma demostrando que existe ciertas diferencias entre cada método.

Si tomamos como ejemplo dentro de la misma tabla de maíz morocho (INIAP 180), el lote de 15% de humedad y consecuentemente con la metodología de infrarrojo, existe un valor 0,36 que se lo debe adicionar a las muestras para poder obtener un valor real de este método. Estos valores referenciales de desviación son necesarios dado que a partir de ellos se puede generar una ecuación de corrección de los métodos para que se puedan obtener valores reales en referencia al método INEN.

Al realizar el análisis descriptivo utilizando TUKEY al 5% se pueden apreciar dos valores principales, el primero que corresponde a las medias de cada uno de los tratamientos. Y a su vez se puede observar una letra, la misma que corresponde a las posibles diferencias y similitudes de este análisis. Al presentar letras similares implica que no existe diferencia entre los métodos, al ser letras distintas significa que los métodos son de hecho diferentes y sus diferencias van aumentando progresivamente la letra de este. La letra A se considera como el punto más eficiente, mientras que la letra D representa el menos eficiente dentro del análisis.

Tabla 26

Comparación de metodologías (Maíz suave, INIAP 122)

| Metodología | TRATAMIENTOS | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| INEN | 10,22 ± 0,13 C | 11,08 ± 0,28 D | 11,89 ± 0,09 D | 12,99 ± 0,10 D | 14,21 ± 0,16 D | 15,35 ± 0,21 D | 16,88 ± 0,34 B |
| NIST | 10,02 ± 0,21 C | 10,92 ± 0,02 D | 12,31 ± 0,17 E | 13,11 ± 0,15 D | 14,09 ± 0,11 C | 15,08 ± 0,13 D | 15,50 ± 0,5 A |
| AGRATRONIX | 6,68 ± 0,33 A | 8,18 ± 0,29 A | 9,10 ± 0,38 A | 10,03 ± 0,25 A | 10,98 ± 0,25 A | 12,27 ± 0,15 A | 15,65 ± 0,39 A |
| INFRARROJO | 10,10 ± 0,36 C | 10,53 ± 0,15 C | 11,31 ± 0,17 C | 12,51 ± 0,36 C | 13,77 ± 0,37 C | 14,63 ± 0,18 C | 15,50 ± 0,33 A |
| INIAP | 8,45 ± 0,25 B | 9,26 ± 0,22 B | 10,46 ± 0,12 B | 11,00 ± 0,09 B | 12,06 ± 0,19 B | 13,72 ± 0,22 B | 15,70 ± 0,26 A |
| CV % | 3,22 | 2,12 | 2,01 | 1,79 | 1,74 | 1,29 | 2,38 |

Nota: Para este análisis se aplicó TUKEY al 5%. Los valores de las humedades y desvíos son el resultado de 10 repeticiones.

Al analizar los resultados de la comparación de metodologías, por medio de la estadística descriptiva aplicada TUKEY al 5%, se obtuvieron diferencias estadísticas bajas. Como se puede observar en la tabla 26 los coeficientes de variación para esta investigación son de 1,29% siendo el más bajo, y 3,22% siendo el valor más alto. Se puede considerar que la variación que existe dentro de esta investigación recae sobre los mismos métodos en estudio, más no sobre errores experimentales o factores alternos.

Para la variedad de maíz suave (INIAP 122) se puede considerar que la metodología más eficiente para medir la humedad de este grano es el método Agratronix Mt-16. Mientras que el método menos eficiente para este mismo estudio es el método NIST. De igual manera el método INIAP es el único que presenta similitudes al método Agratronix en cuanto a eficiencia.

Tabla 27

Comparación de metodologías (Maíz morocho, INIAP 180)

| TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Metodología | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
| INEN | 10,17 ± 0,35 B | 11,66 ± 0,09 D | 12,38± 0,14C | 13,29± 0,27C | 14,22 ± 0,33C | 15,51 ± 0,23 D | 16,25 ± 0,15 C |
| NIST | 8,82 ± 0,18 A | 10,56 ± 0,14 B | 11,38 ± 0,07B | 12,33± 0,17B | 13,31 ± 0,21B | 14,58 ± 0,20 B | 15,23 ± 0,17 B |
| AGRATRONIX | 10,42 ± 0,27 B | 11,55 ± 0,24 D | 12,30 ± 0,012C | 12,98± 0,12C | 13,97 ± 0,12 C | 15,15 ± 0,27 C | 16,03 ± 0,31 C |
| INFRARROJO | 8,69 ± 0,16 A | 9,06 ± 0,04 A | 10,76 ± 0,12 A | 11,44± 0,23A | 12,56 ± 0,18A | 13,53 ± 0,36 A | 14,66 ± 0,42A |
| INIAP | 8,59 ± 0,24 A | 11,11 ± 0,18 C | 12,34 ± 0,10 C | 13,40± 0,05D | 14,00± 0,24 C | 14,99 ± 0,09 C | 15,82 ± 0,31 C |
| CV % | 2,78 | 1,45 | 1,5 | 1,62 | 1,72 | 1,74 | 1,73 |

Nota: Para este análisis se aplico TUKEY al 5%. Los valores de las humedades y desvíos son el resultado de 10 repeticiones.

Al analizar los resultados de la comparación de metodologías, por medio de una estadística descriptiva como es TUKEY al 5%, se obtuvieron diferencias estadísticas bajas. Como se puede observar en la tabla 27 los coeficientes de variación para esta investigación son de 1,45% siendo el más bajo, y 2,78% siendo el valor más alto. Se puede considerar que la variación que existe dentro de esta investigación recae sobre los mismos métodos en estudio, más no sobre errores experimentales o factores alternos.

Para la variedad de maíz morocho (INIAP 180) se puede considerar que la metodología más eficiente para medir la humedad de este grano es el método INIAP Infrarrojo. Mientras que el método menos eficiente para este mismo estudio es el método Agratronix. De igual manera el método Agratronix MT-16 es el único que presenta similitudes al método INIAP Steinlite 400 g en cuanto a eficiencia.

Tabla 28

Ecuación de regresión y coeficiente de corrección entre el método INEN 1315 (Y) y el porcentaje de humedad determinado por otras metodologías (X) (Maíz suave, INIAP 122)

| | Metodologías | | | |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | NIST | Agratronix | Infrarrojo | INIAP |
| Ecuación de regresión | $y = 0,8427x + 1,8543$ | $y = 1,2085x - 5,5761$ | $y = 0,8669x + 1,1508$ | $y = 1,0477x - 2,3348$ |
| Coefficiente de correlación | 0,9591 | 0,9655 | 0,9886 | 0,9853 |

La ecuación de regresión para el maíz suave (INIAP 122) y en base a los anexos 11 al 14 demuestran que la ecuación lineal está presente. Y esta ecuación es una demostración de cómo ajustar los valores obtenidos durante la investigación para acerca estas a valores reales. Para el método Agratronix se puede ver que la ecuación es ($Y = 1,2085x - 5,5761$) lo que resulta de la inclinación de la pendiente hacia la derecha, causando que esta sea negativa.

Como se puede apreciar en la tabla 28, el comportamiento de la ecuación es lineal. Donde el valor R^2 de las ecuaciones sugiere que existe confiabilidad con los resultados obtenidos para esta comparación. Los valores del coeficiente de correlación para las humedades son homogéneos entre ellas, por lo que se puede considerar que la investigación en la parte experimental fue realizada exitosamente.

Tabla 29

Ecuación de regresión y coeficiente de corrección entre el método INEN 1315 (Y) y el porcentaje de humedad determinado por otras metodologías (X) (Maíz morocho, INIAP 180)

| | Metodologías | | | |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | NIST | Agratroni x | Infrarrojo | INIAP |
| Ecuación de regresión | $Y=1,0521x-1,735$ | $Y=0,9235x+0,8669$ | $Y=1,0181x-2,065$ | $Y=1,1238x-2,1182$ |
| Coefficiente de correlación | 0,9979 | 0,9965 | 0,9713 | 0,9614 |

La ecuación de regresión para el maíz morocho (INIAP 180) y en base a los anexos 32 al 35 demuestran que la ecuación lineal está presente. Y esta ecuación es una demostración de como ajustar los valores obtenidos durante la investigación para acerca estas a valores reales. Para el método INIAP Steinlite 400g se puede ver que la ecuación es ($Y= 1,1238x - 2,1182$) lo que resulta de la inclinación de la pendiente hacia la derecha, causando que esta sea negativa.

Como se puede apreciar en la tabla 29, el comportamiento de la ecuación es lineal. Donde el valor R^2 de las ecuaciones sugiere que existe confiabilidad con los resultados obtenidos para esta comparación. Los valores del coeficiente de correlación para las humedades son homogéneos entre ellas, por lo que se puede considerar que la investigación en la parte experimental fue realizada exitosamente.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Según los resultados obtenidos en el diseño experimental podemos concluir que cada metodología para la medición de humedades en las distintas variedades de maíz tanto suave como morocho presentan un distintos comportamiento o afinidad para cada uno, dando valores de lectura y porcentajes de humedad más específicos según la variedad, Agratronix que se basa en el principio de la capacitancia se comportó mejor con la variedad de maíz suave (INIAP 122) y el método INIAP Steinlite 400 g que se basa en el método de la impedancia tuvo mejor afinidad y comportamiento en la lectura de humedades con la variedad de maíz morocho (INIAP 180) , todas estas metodologías han sido comparadas con el método INEN como patrón de referencia en la aplicación experimental de todas las comparaciones metodológicas a nivel nacional. Se puede observar como en base al diseño experimental cada uno de los tratamientos con sus respectivos métodos de análisis señalan las diferencias, desde las desviaciones que cada una de estas tiene, hasta la ecuación de corrección y como esta se comporta dentro del gráfico.

Para la variedad INIAP 180 o maíz morocho se pudo corroborar que el equipo Agratronix MT-16 que funciona bajo el principio de la capacitancia mantiene un 2%+ de error en su lectura y a partir de humedades del 15% su porcentaje de error baja a 1%+ , dichos métodos según la ecuaciones de corrección ($Y=0,9235x+0,8669$) siguen una tendencia lineal como se puede verificar en su valor de R^2 , la lectura de humedades en este método es muy confiable en comparación con el método INEN una vez que se ha descubierto su funcionamiento en cuanto a los porcentajes de lectura. Por otra parte, la variedad INIAP 122 o maíz suave se puede apreciar la ecuación de corrección para el método Agratronix donde ($Y = 1,2085x - 5,5761$) sigue una tendencia lineal, sin embargo, esta tendencia es hacia la parte derecha del grado debido

a su valor negativo. Para poder realizar esta ecuación se comparo el método mencionado junto con el método INEN debido a que este es el que rige dentro del país.

En cuanto a los métodos NIST ($Y=1,0521x-1,735$) e Infrarrojo ($Y=1,0181x-2,065$) para las variedades de maíz morocho, presentan un margen de diferencia del 1% - en cuanto a la lectura de humedades del equipo, siendo infrarrojo el método, el cual relativamente su comportamiento fue bajo en comparación al resto , según las ecuaciones de corrección presentan variación ampliada en relación a la metodología INEN, como se puede verificar sus valores de R2 en relación a las otras metodologías de aplicación, por lo tanto este equipo no refleja una confiabilidad alta en los resultados medición en comparación con el INEN como patrón de referencia. De igual forma para la variedad de maíz suave el método NIST ($Y = 0,8427x + 1,8543$) y el método Infrarrojo ($Y = 0,8669x + 1,1508$), donde el método NIST se mantuvo con un comportamiento inestable de eficiencia, mientras que el método Infrarrojo pese a no ser el método con mayor eficiencia se mantuvo constante a lo largo de todos los tratamientos.

Se puede deducir que las metodologías analizadas en este estudio son confiables siempre y cuando se estudia su comportamiento en cada una de las variedades que se quiera analizar, puesto que como pudimos verificar en el caso de las dos variedades cada una tuvo su afinidad y comportamiento en cada una de las metodologías de aplicación y estudio. La eficiencia de cada método fue una variable dentro de esta investigación dado que por condiciones de cada una de las variedades este comportamiento fue diferente. Si existen diferencias significativas dentro de cada tratamiento y dentro de cada método estudiado, estas diferencias recaen sobre el error que tienen durante la lectura utilizando cada equipo, o ya sea por las características propias de cada grano que ocasiona que cada método presente dificultades para poder determinar una humedad precisa sin errores.

Parte fundamental de esta investigación fue realizar un ensayo de homogeneidad para cada una de las variedades, donde se espero determinar que no existen diferencias significativas dentro de cada lote analizado. Se realizó cambios durante la metodología para cada variedad para poder determinar si pese a un mismo procedimiento, podrían presentarse diferencias significativas. Para la variedad de maíz morocho (INIAP 180) se acondicionaron las muestras en cantidades superiores a 1 kg por funda, siendo esta una de las principales variables. Para la variedad de maíz suave (INIAP 122) se considero un peso de 400 g por funda, con el fin de poder acondicionar de mejor manera y al momento de agitar generar una mayor homogeneidad interna. Sin embargo, como podemos ver dentro de los resultados, esta variable no causó diferencias significativas dentro del proceso. Se considera que el método de acondicionamiento de las muestras fue óptimo, como también el proceso continuo a este como es el de agitar las fundas constantemente, mantenerlas selladas y almacenarlas en un ambiente controlado.

El ensayo de homogeneidad utilizando el método INEN se lo validó debido a los resultados obtenidos por medio del análisis de varianza aplicado. Como se puede observar el valor para F. crítico para las dos variedades fue de (2,262), mientras que el valor de F. calculada para la variedad maíz suave fue (0,000143049) y para maíz morocho (0,000280516), donde ninguna de estas supera al valor de F. crítico demostrando que existe homogeneidad dentro de las fundas, y pese a que existe cierta diferencia dentro de las fundas estas mantienen este valor de homogeneidad constante entre todos los lotes.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar varias pruebas de comprobación de humedad, la inicial para poder determinar la humedad de recepción de la materia prima, una posterior al secado para poder determinar cuanto más requiere de secado cada variedad, y finalmente una antes de empezar con las comparaciones de metodologías donde se define un ensayo de homogeneidad entre las muestras. Durante el proceso de

Se recomienda generar una calibración previa al uso de cada equipo para garantizar que cada uno de estos esté en condiciones óptimas para su utilización. De igual manera es recomendable leer el manual de uso de cada uno de los equipos para poder manipular a los mismos sin complicaciones durante las etapas de investigación.

Al momento de realizar cálculos es recomendable comprobar las unidades y las ecuaciones que se está aplicando para evitar tener problemas al ejecutar las mismas, algunos datos pueden verse afectados por el mal manejo de unidades.

Para el almacenamiento de las muestras es importante utilizar fundas de plástico permeables que sean sellarles, de esta forma se garantiza que las muestras una vez en sus respectivos envases no puedan sufrir ninguna alteración.

Para evitar errores operacionales durante las etapas de pesado, es recomendable utilizar los equipos para todos los análisis, de esta forma se reduce la probabilidad de tener errores experimentales, y se otorga una mayor confiabilidad ante los resultados obtenidos.

En el proceso de secado es de gran importancia controlar la temperatura en el caso de las dos variedades, puesto que la idea es no quemar el grano sino bajar su contenido de agua en condiciones controladas, en este caso experimental se realizó en 2 fases en dos días distintos con tiempos de secado de 2 horas con el fin de que la humedad sea homogénea a medida que es reducida, logrando que el maíz alcance rápidamente la humedad del 9%

Luego del secado es importante mantener la humedad del grano al 9%, por lo que se recomienda colocar el grano en condiciones sépticas y sin riesgo a exposición de humedad, por lo que en primera instancia se depositó el grano seco en fundas de polietileno tipo Ziploc.

Para el acondicionamiento es importante tomar en cuenta la cantidad de agua que se va a añadir al grano para llegar a los distintos porcentajes de humedad, para esto se recomienda homogeneizar todas las fundas previamente acondicionadas con movimientos heterogéneos de las mismas, logrando que la cantidad de agua sea esparcida y absorbida de la mejor manera en cada uno de los granos.

Una vez que se ha realizado el acondicionamiento de humedades y luego de haber realizado la homogeneización dentro de las fundas, es importante mantener las mismas selladas en cuartos fríos de esta manera evitamos el acceso de agentes externos a la muestra y mantenemos la homogeneidad de los granos.

REFERENCIAS

- (B. Magnusson; U. Örnemark) (2016) Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Methods Validation and Related Topics, (2ⁿ ed. 2014). ISBN 978-91-87461-59-0. Recuperado el 17 de diciembre de 2017. Disponible en: HYPERLINK "http://www.eurachem.org".
- A, Montero; S, Salvador (2016). Productividad Agrícola en el Ecuador. Dirección de análisis y procesamiento de la información, coordinación general del sistema de información nacional. MAGAP. Quito, Ecuador. Recuperado el 1 de junio de 2018. Recuperado de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/indice_productividad.pdf
- Agrosíntesis, 2016. Humedad del Grano del maíz y su importancia en la comercialización. Recuperado el 22 de Julio de 2018 de <https://www.agrosintesis.com/humedad-del-grano-del-maiz-importancia-la-comercializacion/>
- Bonilla, M. (2016). El sector agropecuario ecuatoriano: análisis histórico y prospectiva a 2025. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito-Ecuador. Recuperado el 1 de junio 2018. Recuperado de: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADticas%20Agropecuarias%20al%20%202025%20I%20parte.pdf>
- Caviedes M (1998). INIAP. Departamento de Producción de Nuevas Semillas. Nueva Variedad de Alto Rendimiento INIAP-180. Mejorado. Recuperado el 20 de enero de 2018 de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/INIAP-180-Nueva-variedad-de-maiz-de-alto-rendimiento-N2.pdf>
- Cenam-Martínez E, 2007. Centro Nacional de Metrología. Establecimiento de un patrón secundario para la determinación de humedad en granos. División de Termometría Recuperado el 2 de agosto de 2018 de <http://www.cenam.mx/dme/pdf/TMP05.pdf>

- D, Quiroz; M, Merchán (2016). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro (zea mays L.). Estación Experimental Pichilingue, Quito-Ecuador. Recuperado el 1 de junio de 2018 de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproductor/maiz/descargas/buenas_practicas/iniap.pdf
- D, Salazar; M, Cuichán; C, Ballesteros (2017). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. ESPAC 2017. Instituto nacional de estadística y censos. Recuperado el 1 de junio de 2018. Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf
- García, E, (2010). Tecnología Agropecuaria. Agricultura de Precisión. Recuperado el 9 de enero de 2018 de <http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>
- IPACSA, 2011. Capacitivos. Ingeniería. Recuperado el 2 de agosto de 2018 de <http://www.ipac-sa.com.ar/nivel-capacitivos.html>
- ISO 9001:2005 Quality management systems – Fundamentos y vocabulario, ISO Recuperado el 1 de junio de Geneva <https://www.iso.org/standard/46209.html>
- ISO 9001:2008 Quality management systems – Requerimientos, ISO Ginebra. Recuperado el 1 de junio de Geneva <https://www.iso.org/standard/46209.html>
- ISO/GUÍA 30: 2015: Recuperado el 28 de junio de : <https://www.iso.org/standard/46209.html>
- ISO/Guía 35:2017. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/60281.html>
Recuperado el 28 de junio de <https://www.iso.org/standard/46209.html>
- L, Baca (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Economía. Quito-Ecuador. Recuperado el 1 de junio de 2018. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20ma%C3%ADz%20amarillo%20en%20el%20Ecuado>

r%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1

Lucero, E. (2016). Producción histórica de maíz. Dirección de análisis y procesamiento de la información, coordinación general del sistema de información nacional. MAGAP. Quito – Ecuador. Recuperado el 18 de diciembre de 2017 de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/produccion_historica.pdf

Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Pesca. Agrocalidad, 2014. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. Buenas Practicas Agrícolas para el Maíz Duro y Suave. Inocuidad de Alimentos. Recuperado el 22 de Julio de 2018 de <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/guia-maiz-duro.pdf>

Montovanni, E. (2006). Agricultura de precisión, Introducción a la agricultura de precisión. Procisur. Instituto interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA). Recuperado el 14 de junio de: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38935395/0f317533aef45d58a6000000.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53U L3A&Expires=1515509228&Signature=wLH0aD5ypQsyxTcVW4O2OH YtLMU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMuestreo_de_suelos_y_factores_limitantes.pdf

NIST Handbook 44 - 2006 Edition, Sec. 5.56(a), Sec. 5.56(b), Grain moisture measurements, Recuperado el 2 de agosto de 2018 de <http://ts.nist.gov/ts/htdocs/230/235/h44-06.htm>,

Ohaus, 2017. Analizadores de Humedad. MB120. Recuperado el 2 de agosto de 2018 de <https://mx.ohaus.com/es-MX/Products/Balances-Scales/Moisture-Analyzers>

Rodríguez, J; Quadro, D (2009). En trabajo final de grado sobre agricultura de precisión. Universidad de Palermo. Recuperado de: dspace.palermo.edu

- S.A (2012). Importancia de la meteorología en la determinación del contenido de humedad en granos. Recuperado el 20 de diciembre del 2017. Obtenido de: <http://www.cenam.mx/eventos/enme/docs/5%20Importancia%20metrol%20og%20%C3%ADa%20humedad%20en%20granos%20final.pdf>
- S.A (2013). Maíz Duro Seco. Boletín Situacional. Coordinación general del sistema de información nacional. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito-Ecuador. Recuperado el 1 de junio de 2018. Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/maizduro.pdf>
- S.A (2016). Humedad del grano del maíz y su importancia en la comercialización. Agrosíntesis. Recuperado el: 20 de diciembre del 2017. Recuperado de: <https://www.agrosintesis.com/humedad-del-grano-del-maiz-importancia-la-comercializacion/>
- S.A (2017). INEN certifica calidad del maíz. Revista técnica, maíz soya. Quito – Ecuador. Recuperado el 14 de diciembre de 2017 de: <http://www.maizsoya.com/index.php>
- Series históricas de producción de grano en México, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado el 2 de agosto de 2018
- Silva E, (2016). INIAP. Variedad de maíz Amarillo Harinoso Precoz para la Provincia de Imbabura. INIAP 122 Chaucho Mejorado. Recuperado el 20 de enero de 2018 de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/INIAP%20122%20CHAUCHO%20MEJORADO.%20Variedad%20de%20ma%C3%ADz%20amarillo%20harinoso%20precoz%20para%20la%20Provincia%20de%20Imbabura..pdf>
- USDA Moisture Handbook-1999, United States Department of Agriculture. Recuperado el 2 de agosto de 2018 de <<http://www.gipsa.usda.gov>> ,

ViaIndustrial-Farmex,2010. Manual de Usuario Medidor de Humedad de Granos. MT-16. Recuperado el 2 de Agosto de 2018 de http://www.viaindustrial.com/manuales_pdf/Medidor_De_Humedad_Par_a_Granos_Digital_Portatil_MT16_FARMEX_Manual_Esp.pdf

Zambrano, J., & Villavicencio, P. (2009). Guía Para La Producción De Maíz Amarillo Duro, En La Zona Centro Del Litoral Ecuatoriano. Quevedo, Ecuador: INIAP. Recuperado el 20 de enero de 2018 de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20ma%C3%ADz%20amarillo%20en%20el%20Ecuador%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1>.

ANEXOS

- **Anexo 1**

Tabla: Resultados de secado de muestras restantes para los 40 kg con análisis en metodología INEN (Maíz suave INIAP 122)

| Repeticiones | Peso muestra inicial (g) | M ₁ | M ₂ | M ₀ | Humedad (%) |
|--------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| 1 | 30,12 | 72,41 | 69,10 | 42,29 | 10,99% |
| 2 | 30,22 | 78,31 | 75,05 | 48,09 | 10,79% |
| 3 | 30,02 | 70,77 | 67,30 | 40,75 | 11,56% |
| 4 | 30,18 | 80,98 | 77,53 | 50,80 | 11,43% |
| 5 | 30,05 | 76,98 | 73,53 | 46,93 | 11,48% |
| 6 | 30,06 | 73,33 | 69,87 | 43,27 | 11,51% |
| 7 | 30,37 | 80,10 | 76,60 | 49,73 | 11,52% |
| 8 | 30,33 | 79,92 | 76,45 | 49,59 | 11,44% |
| 9 | 30,60 | 79,76 | 76,47 | 49,16 | 10,75% |
| 10 | 30,26 | 73,84 | 70,58 | 43,58 | 10,77% |
| 11 | 30,08 | 72,50 | 69,49 | 42,42 | 10,02% |
| 12 | 30,23 | 71,61 | 68,21 | 41,38 | 11,24% |
| 13 | 30,24 | 78,21 | 75,07 | 47,97 | 10,39% |
| 14 | 30,00 | 80,40 | 77,45 | 50,40 | 9,84% |
| 15 | 30,30 | 80,77 | 77,58 | 50,47 | 10,53% |
| 16 | 30,15 | 78,42 | 75,17 | 48,27 | 10,78% |
| 17 | 30,24 | 79,31 | 76,36 | 49,07 | 9,75% |
| 18 | 30,23 | 71,24 | 67,64 | 41,01 | 11,92% |
| 19 | 30,30 | 77,52 | 74,10 | 47,22 | 11,29% |
| 20 | 30,27 | 74,05 | 70,61 | 43,78 | 11,34% |
| 21 | 30,36 | 71,82 | 68,69 | 41,47 | 11,30% |
| 22 | 30,20 | 79,48 | 76,29 | 49,29 | 10,57% |

- **Anexo 2**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes 10% (Maíz suave INIAP 122)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 385,45 | 9,75 | 1,071 |
| 2 | 385,47 | 9,75 | 1,071 |
| 3 | 379,93 | 9,75 | 1,055 |
| 4 | 401,73 | 9,75 | 1,116 |
| 5 | 359,83 | 9,84 | 0,640 |

| | | | |
|----|--------|-------|--------|
| 6 | 359,47 | 9,84 | 0,639 |
| 7 | 369,67 | 9,84 | 0,657 |
| 8 | 373,97 | 9,84 | 0,665 |
| 9 | 369,86 | 10,02 | -0,082 |
| 10 | 366,87 | 10,02 | -0,082 |
| 11 | 375,38 | 10,02 | -0,083 |
| 12 | 383,35 | 10,02 | -0,085 |

- **Anexo 3**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes 11%
(Maíz suave INIAP 122)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 13 | 400,02 | 10,79 | 0,84 |
| 14 | 400,20 | 10,79 | 0,84 |
| 15 | 400,02 | 10,79 | 0,84 |
| 16 | 400,17 | 10,79 | 0,84 |
| 17 | 400,20 | 10,79 | 0,84 |
| 18 | 400,07 | 10,79 | 0,84 |
| 19 | 400,16 | 10,79 | 0,84 |
| 20 | 224,53 | 10,79 | 0,47 |
| 21 | 400,01 | 10,75 | 1,00 |
| 22 | 400,09 | 10,75 | 1,00 |
| 23 | 400,02 | 10,75 | 1,00 |
| 24 | 400,14 | 10,75 | 1,00 |

- **Anexo 4**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes 12%
(Maíz suave INIAP 122)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 25 | 400,29 | 10,75 | 5,686 |
| 26 | 400,13 | 10,75 | 5,684 |
| 27 | 400,32 | 10,75 | 5,686 |
| 28 | 356,11 | 10,75 | 5,058 |
| 29 | 400,17 | 11,43 | 2,592 |

| | | | |
|----|--------|-------|-------|
| 30 | 400,12 | 11,43 | 2,592 |
| 31 | 400,37 | 11,43 | 2,593 |
| 32 | 400,39 | 11,43 | 2,593 |
| 33 | 400,47 | 11,43 | 2,594 |
| 34 | 400,20 | 11,43 | 2,592 |
| 35 | 338,59 | 11,43 | 2,193 |
| 36 | 207,07 | 11,43 | 1,341 |

- **Anexo 5**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes 13%
(Maíz suave INIAP 122)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 37 | 400,39 | 11,44 | 7,179 |
| 38 | 400,35 | 11,44 | 7,179 |
| 39 | 400,52 | 11,44 | 7,182 |
| 40 | 400,28 | 11,44 | 7,177 |
| 41 | 400,01 | 11,44 | 7,173 |
| 42 | 400,11 | 11,44 | 7,174 |
| 43 | 290,13 | 11,44 | 5,202 |
| 44 | 291,92 | 11,44 | 5,234 |
| 45 | 400,46 | 11,48 | 6,997 |
| 46 | 400,37 | 11,48 | 6,995 |
| 47 | 400,17 | 11,48 | 6,991 |
| 48 | 400,16 | 11,48 | 6,991 |

- **Anexo 6**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes 14%
(Maíz suave INIAP 122)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 49 | 404,98 | 11,24 | 12,997 |
| 50 | 408,13 | 11,24 | 13,098 |
| 51 | 415,77 | 11,24 | 13,343 |
| 52 | 350,76 | 11,29 | 11,053 |
| 53 | 361,47 | 11,29 | 11,391 |
| 54 | 366,93 | 11,29 | 11,563 |

| | | | |
|----|--------|-------|--------|
| 55 | 450,35 | 11,29 | 14,191 |
| 56 | 337,58 | 10,39 | 14,171 |
| 57 | 360,00 | 10,39 | 15,112 |
| 58 | 324,30 | 10,39 | 13,613 |
| 59 | 340,94 | 10,39 | 14,312 |
| 60 | 308,65 | 10,53 | 12,454 |

- **Anexo 7**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes 15%
(Maíz suave INIAP 122)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 61 | 303,18 | 10,53 | 15,944 |
| 62 | 308,17 | 10,53 | 16,206 |
| 63 | 300,95 | 10,53 | 15,826 |
| 64 | 291,69 | 10,53 | 15,339 |
| 65 | 374,13 | 10,78 | 18,574 |
| 66 | 361,06 | 10,78 | 17,926 |
| 67 | 363,13 | 10,78 | 18,028 |
| 68 | 380,54 | 10,78 | 18,893 |
| 69 | 389,52 | 11,34 | 16,772 |
| 70 | 391,70 | 11,34 | 16,866 |
| 71 | 384,99 | 11,34 | 16,577 |
| 72 | 382,81 | 11,34 | 16,483 |

- **Anexo 8**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes 16%
(Maíz suave INIAP 122)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA |
|---------|--------------|-----------------|--------------------------|
| 73 | 157,82 | 10,30 | 10,709 |
| 74 | 150,35 | 10,30 | 10,202 |
| 75 | 153,23 | 10,30 | 10,398 |
| 76 | 151,97 | 10,30 | 10,312 |

| | | | |
|----|--------|-------|--------|
| 77 | 152,85 | 10,30 | 10,372 |
| 78 | 149,12 | 10,30 | 10,119 |
| 79 | 150,99 | 10,30 | 10,246 |
| 80 | 152,92 | 10,30 | 10,377 |
| 81 | 154,95 | 10,30 | 10,514 |
| 82 | 157,07 | 10,30 | 10,658 |
| 83 | 154,59 | 10,30 | 10,490 |
| 84 | 150,13 | 10,30 | 10,187 |
| 85 | 154,79 | 10,30 | 10,504 |
| 86 | 154,40 | 10,30 | 10,477 |
| 87 | 156,64 | 10,30 | 10,629 |
| 88 | 154,49 | 10,30 | 10,483 |
| 89 | 151,76 | 10,30 | 10,298 |
| 90 | 154,11 | 10,30 | 10,457 |
| 91 | 158,05 | 10,30 | 10,725 |
| 92 | 153,41 | 10,30 | 10,410 |
| 93 | 152,26 | 10,30 | 10,332 |
| 94 | 156,78 | 10,30 | 10,639 |
| 95 | 155,22 | 10,30 | 10,533 |
| 96 | 157,69 | 10,30 | 10,700 |

- **Anexo 9**

Tabla: Resultados de la comparación de metodologías
(Maíz suave INIAP 122)

| Repeticiones | Metodología | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 1 | 10,4696458 | 11,62240093 | 11,90115191 | 12,99670138 | 14,01252917 | 15,37425938 | 16,65763105 |
| 1 | 2 | 9,911927846 | 10,91474914 | 12,40055998 | 13,03145241 | 13,99388209 | 14,99332845 | 15,40092734 |
| 1 | 3 | 6,5 | 8,6 | 9,10 | 10,00 | 11,00 | 12,40 | 15,50 |
| 1 | 4 | 9,967 | 10,377 | 11,335 | 12,135 | 14,167 | 14,417 | 15,935 |
| 1 | 5 | 8,92 | 9,5 | 10,63 | 10,94 | 11,95 | 13,89 | 15,39 |
| 2 | 1 | 10,21604172 | 11,0035346 | 11,93874147 | 12,97749732 | 14,02896933 | 15,36860522 | 16,51416207 |
| 2 | 2 | 9,886457308 | 10,93621459 | 12,14282897 | 13,29084904 | 14,1400695 | 15,0053029 | 14,94851551 |
| 2 | 3 | 6,9 | 8 | 8,50 | 9,70 | 10,90 | 12,00 | 16,10 |
| 2 | 4 | 9,585 | 10,402 | 11,248 | 12,675 | 13,612 | 14,441 | 15,697 |
| 2 | 5 | 8,49 | 9,01 | 10,50 | 10,94 | 11,86 | 13,89 | 15,75 |
| 3 | 1 | 10,23954908 | 10,9514685 | 11,93264911 | 12,97762171 | 14,21901027 | 15,73251388 | 16,88770352 |
| 3 | 2 | 10,44876658 | 10,93076776 | 12,04540511 | 13,24801129 | 14,07187775 | 15,14009733 | 15,32576126 |
| 3 | 3 | 6,9 | 7,9 | 9,70 | 10,30 | 10,70 | 12,30 | 15,10 |
| 3 | 4 | 9,902 | 10,672 | 11,102 | 12,521 | 13,872 | 14,687 | 15,317 |
| 3 | 5 | | 9,26 | 10,41 | 11,06 | 12,41 | 13,55 | 15,9 |
| 4 | 1 | 10,13844466 | 11,14969817 | 12,01281263 | 13,0603224 | 14,43454103 | 15,23176215 | 17,42792739 |
| 4 | 2 | 9,982463946 | 10,89737337 | 12,46806469 | 13,00949724 | 14,29453716 | 15,32859692 | 16,39654399 |
| 4 | 3 | 6,9 | 7,9 | 9,00 | 10,30 | 11,10 | 12,40 | 15,50 |
| 4 | 4 | 10,327 | 10,496 | 11,174 | 12,765 | 14,2 | 14,596 | 15,661 |

| | | | | | | | | | |
|---|--|---|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 4 | | 5 | 8,35 | 9,5 | 10,28 | 11,15 | 12,05 | 13,72 | 15,39 |
| 5 | | 1 | 10,10047071 | 10,96118544 | 11,76190569 | 12,82423661 | 14,23556718 | 15,19084462 | 17,12613701 |
| 5 | | 2 | 9,8922240818 | 10,91248804 | 12,42318454 | 12,89548589 | 14,05037807 | 15,02543639 | 15,68808763 |
| 5 | | 3 | 6,1 | 8,4 | 9,10 | 10,10 | 11,40 | 12,30 | 16,10 |
| 5 | | 4 | 10,602 | 10,45 | 11,481 | 12,923 | 13,523 | 14,887 | 15,412 |
| 5 | | 5 | 8,26 | 9,01 | 10,41 | 10,94 | 12,05 | 13,89 | 15,75 |
| 6 | | 1 | 10,14364802 | 10,77826157 | 11,82097948 | 13,1042489 | 14,31565016 | 15,19418895 | 16,68310036 |
| 6 | | 2 | 10,02588767 | 10,94867466 | 12,35082328 | 13,17425266 | 13,98938461 | 15,0018746 | 15,22257191 |
| 6 | | 3 | 6,8 | 8,3 | 9,20 | 9,80 | 10,80 | 12,20 | 15,60 |
| 6 | | 4 | 10,246 | 10,754 | 11,534 | 12,013 | 13,261 | 14,737 | 14,987 |
| 6 | | 5 | 8,49 | 9,26 | 10,50 | 10,94 | 12,05 | 13,38 | 16,02 |

1. INEN

2. NIST

3. AGRATRONIX

4. INFRARROJO

5. INIAP

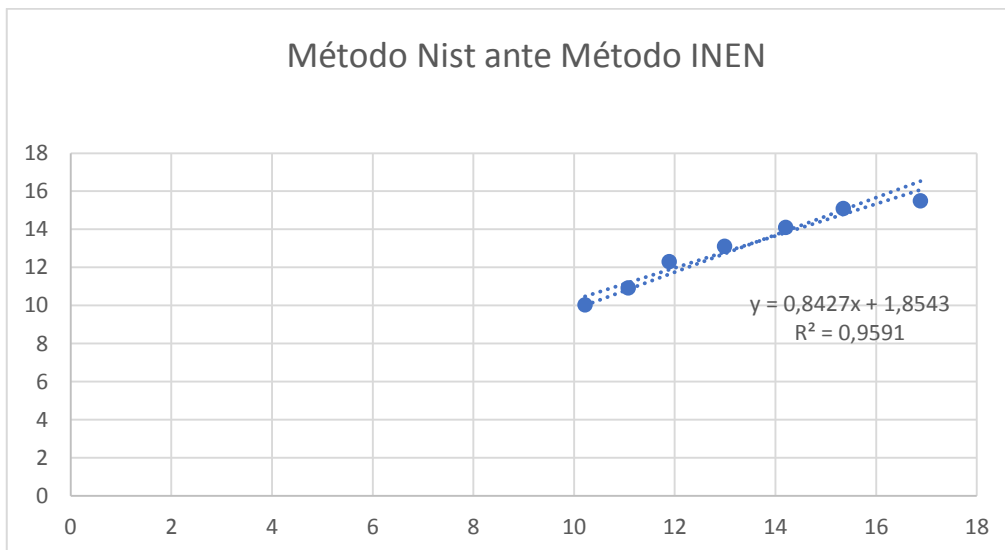
- **Anexo 10**

Tabla: Promedio resultados de cada metodología
(Maíz suave INIAP 122)

| | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| INEN | 10,2180 | 11,0778 | 11,8947 | 12,9901 | 14,2077 | 15,3487 | 16,8828 |
| NIST | 10,0246 | 10,9234 | 12,3051 | 13,1083 | 14,0900 | 15,0824 | 15,4971 |
| Agratronix | 6,6833 | 8,1833 | 9,1000 | 10,0333 | 10,9833 | 12,2667 | 15,6500 |
| Infrarrojo | 10,1048 | 10,5252 | 11,3123 | 12,5053 | 13,7725 | 14,6275 | 15,5015 |
| INIAP | 8,5020 | 9,2567 | 10,4550 | 10,9950 | 12,0617 | 13,7200 | 15,7000 |

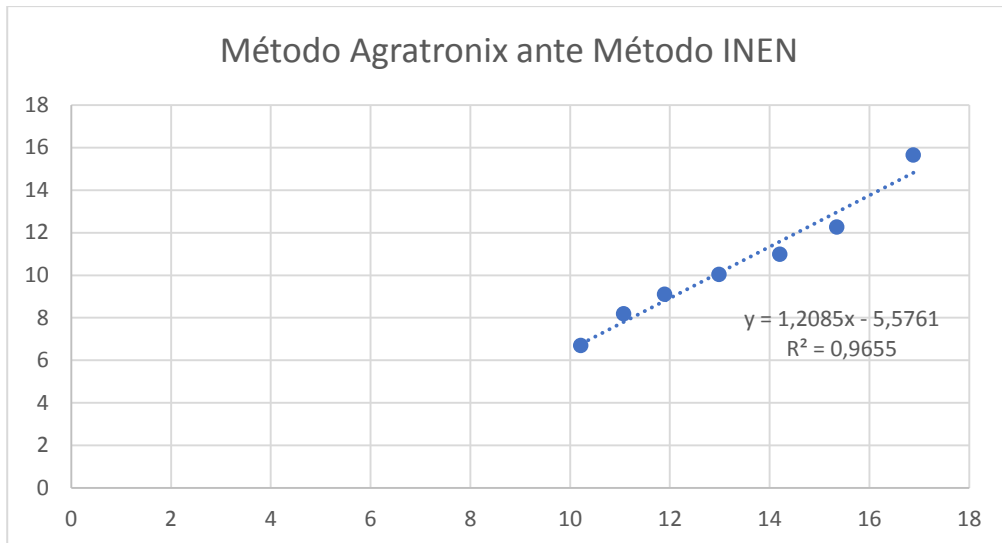
- **Anexo 11**

Gráfico: Comparación método NIST ante método INEN
(Maíz suave INIAP 122)

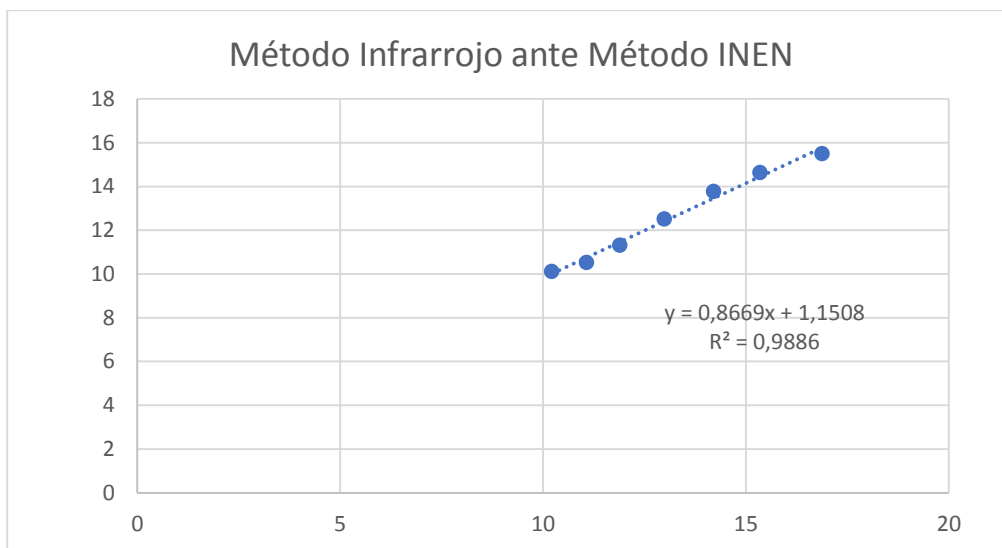


- **Anexo 12**

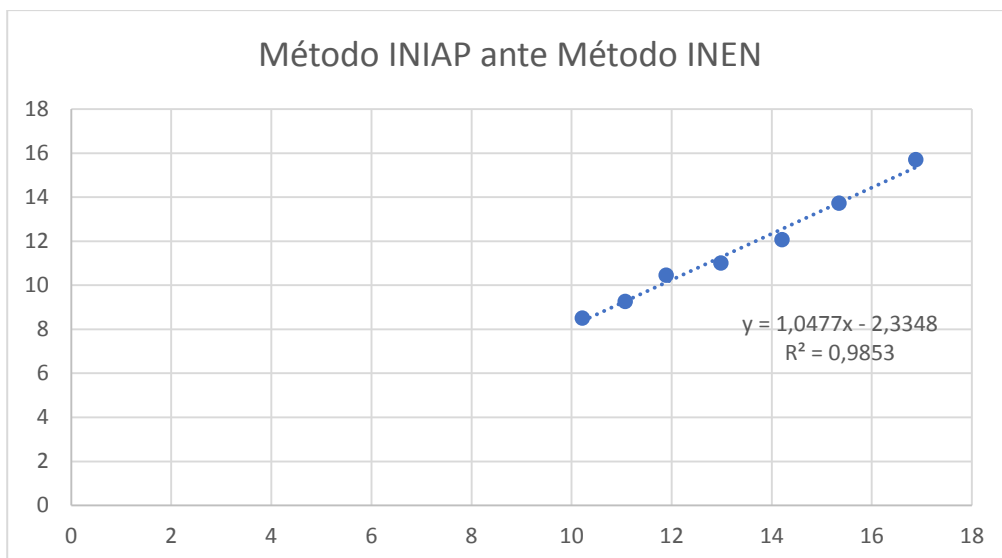
Gráfico: Comparación método Agratronix Mt-16 ante método INEN
(Maíz suave INIAP 122)



- Anexo 13**
 Gráfico: Comparación método Infrarrojo ante método INEN
 (Maíz suave INIAP 122)



- Anexo 14**
 Gráfico: Comparación método INIAP ante método INEN
 (Maíz suave INIAP 122)



- **Anexo 15**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 10%
(Maíz suave INIAP 122)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (10%)</i> |
|--|---------------------|--------------------------|
| Media | 1,5 | 10,03500779 |
| Varianza | 0,277777778 | 0,010401575 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| | - | |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0,351000286 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| Estadístico t | -47,2773011 | |
| P(T<=t) una cola | 2,1224E-12 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 4,2448E-12 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- **Anexo 16**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 11%
(Maíz suave INIAP 122)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (11%)</i> |
|--|---------------------|--------------------------|
| Media | 5,5 | 10,90499754 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,035303818 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0,246483959 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |

| | |
|--------------------------------|-------------|
| Grados de libertad | 9 |
| | - |
| Estadístico t | 5,722367479 |
| P(T<=t) una cola | 0,000143049 |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 |
| P(T<=t) dos colas | 0,000286098 |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 |

- Anexo 17**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 12%
(Maíz suave INIAP 122)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (12%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 11,93372601 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,007524319 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,13870104 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 6,743881753 | |
| P(T<=t) una cola | 4,21154E-05 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 8,42309E-05 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- Anexo 18**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 13%
(Maíz suave INIAP 122)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (14%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 12,90590045 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,009657174 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,220488436 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 7,787009482 | |
| P(T<=t) una cola | 1,37212E-05 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 2,74423E-05 | |

Valor crítico de t (dos colas) 2,262157163

- **Anexo 19**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 14%
(Maíz suave INIAP 122)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento</i> <i>(15%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Media | 5,5 | 13,64738562 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,030056059 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,820928168 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 8,924163204 | |
| P(T<=t) una cola | 4,57477E-06 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 9,14954E-06 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- **Anexo 20**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 15%
(Maíz suave INIAP 122)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento</i> <i>(15%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Media | 5,5 | 15,1537562 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,012874406 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,243472215 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 10,16902906 | |
| P(T<=t) una cola | 1,55587E-06 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 3,11173E-06 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- **Anexo 21**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 16%
(Maíz suave INIAP 122)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento</i> (16) |
|-------|---------------------|-------------------------|
| Media | 5,5 | 16,86056388 |

| | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|
| Varianza | 9,166666667 | 0,187812592 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,588134388 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| Estadístico t | -12,8541684 | |
| P(T<=t) una cola | 2,13885E-07 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 4,27769E-07 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- **Anexo 22**

Tabla: Resultados de secado de muestras maíz restantes para los 40 kg con análisis en metodología INEN (Maíz Morocho INIAP 180)

| Repeticiones | Peso muestra inicial (g) | M ₁ | M ₂ | M ₀ | Humedad (%) |
|--------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| 1 | 30,1346 | 70,7091 | 67,8614 | 40,5745 | 9,45 |
| 2 | 30,0069 | 71,7697 | 68,8998 | 41,7628 | 9,56 |
| 3 | 30,1706 | 78,0630 | 75,1743 | 47,8924 | 9,57 |
| 4 | 30,4176 | 80,8196 | 77,9305 | 50,4020 | 9,50 |
| 5 | 30,6222 | 79,0970 | 76,1952 | 48,4748 | 9,48 |
| 6 | 30,1907 | 79,1569 | 76,3168 | 48,9662 | 9,41 |
| 7 | 30,8633 | 79,7257 | 76,6247 | 48,8624 | 10,05 |
| 8 | 30,2679 | 70,4045 | 67,3423 | 40,1366 | 10,12 |
| 9 | 30,6897 | 78,9759 | 75,8495 | 48,2862 | 10,19 |
| 10 | 30,4353 | 74,2223 | 71,0878 | 43,7870 | 10,30 |
| 11 | 30,0445 | 73,4998 | 70,4532 | 43,4553 | 10,14 |
| 12 | 30,9555 | 82,3264 | 79,2029 | 51,3709 | 10,09 |
| 13 | 30,2926 | 81,0137 | 78,0100 | 50,7211 | 9,92 |
| 14 | 30,8321 | 73,0488 | 69,9853 | 42,2167 | 9,94 |
| 15 | 30,0871 | 79,7621 | 76,8243 | 49,6750 | 9,76 |
| 16 | 30,4675 | 78,7430 | 75,4482 | 48,2755 | 10,81 |
| 17 | 30,4939 | 80,1267 | 77,1178 | 49,6328 | 9,87 |
| 18 | 30,2240 | 78,6661 | 75,6722 | 48,4421 | 9,91 |
| 19 | 30,1346 | 70,7091 | 67,8614 | 40,5745 | 9,45 |
| 20 | 30,0069 | 71,7697 | 68,8998 | 41,7628 | 9,56 |
| 21 | 30,1706 | 78,0630 | 75,1743 | 47,8924 | 9,57 |
| 22 | 30,4176 | 80,8196 | 77,9305 | 50,4020 | 9,50 |

- **Anexo 23**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes de 1 kg para Maíz Morocho 10%

(Maíz Morocho INIAP 180)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 1004,9 | 9,43 | 6,33 |
| 2 | 1020,43 | 8,77 | 13,98 |
| 3 | 1059,48 | 9,73 | 3,14 |

- **Anexo 24**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes de 1 kg para Maíz Morocho 11%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 1007,44 | 9,47 | 17,36 |
| 2 | 1216,13 | 9,10 | 25,96 |
| 3 | 1006,77 | 9,77 | 13,95 |

- **Anexo 25**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes de 1 kg para Maíz Morocho 12%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 1075,84 | 10,17 | 22,41 |
| 2 | 1017,36 | 10,57 | 16,57 |
| 3 | 1042,16 | 10,00 | 23,69 |

- **Anexo 26**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes de 1 kg para Maíz Morocho 13%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 1040,95 | 10,23 | 33,10 |
| 2 | 1001,44 | 9,67 | 38,37 |
| 3 | 1062,15 | 9,61 | 41,39 |

- **Anexo 27**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes de 1 kg para Maíz Morocho 14%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 1021,09 | 9,40 | 54,62 |
| 2 | 1224 | 9,27 | 67,37 |
| 3 | 1014,04 | 9,93 | 47,95 |

- **Anexo 28**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes de 1 kg para Maíz Morocho 15%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 1067,68 | 10,23 | 59,87 |
| 2 | 1014,93 | 9,53 | 65,27 |
| 3 | 990,33 | 9,40 | 65,25 |

- **Anexo 29**

Tabla: Resultados de acondicionamiento de lotes de 1 kg para Maíz Morocho 16%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| MUESTRA | PESO INICIAL | HUMEDAD INICIAL | CANTIDAD DE AGUA AÑADIDA (g) |
|---------|--------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 1103,81 | 9,47 | 85,85 |
| 2 | 1279,14 | 9,87 | 93,40 |
| 3 | 1067,85 | 9,57 | 81,78 |

- **Anexo 30**

Tabla: Resultados de la comparación de metodologías
(Maíz Morocho INIAP 180)

| Repeticiones | Metodología | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
|--------------|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 1 | 10,28 | 11,79 | 12,14 | 13,42 | 14,72 | 15,70 | 16,19 |
| 1 | 2 | 8,76 | 10,78 | 11,46 | 12,09 | 13,31 | 14,53 | 15,26 |
| 1 | 3 | 10 | 11,6 | 12,00 | 13,00 | 13,90 | 15,20 | 16,00 |
| 1 | 4 | 8,965 | 9,051 | 10,862 | 11,519 | 12,659 | 13,976 | 14,987 |
| 1 | 5 | 8,81 | 10,94 | 12,24 | 13,45 | 13,78 | 14,9 | 15,68 |
| 2 | 1 | 9,75 | 11,67 | 12,37 | 13,72 | 14,55 | 15,43 | 16,22 |
| 2 | 2 | 8,85 | 10,41 | 11,38 | 12,25 | 13,63 | 14,85 | 15,11 |
| 2 | 3 | 10,6 | 11,5 | 12,70 | 13,00 | 13,90 | 14,90 | 16,10 |
| 2 | 4 | 8,624 | 9,082 | 10,789 | 11,234 | 12,527 | 13,456 | 14,676 |
| 2 | 5 | 8,81 | 10,94 | 12,24 | 13,45 | 13,78 | 14,9 | 15,68 |
| 3 | 1 | 10,69 | 11,62 | 12,37 | 13,15 | 13,98 | 15,80 | 16,56 |
| 3 | 2 | 8,65 | 10,67 | 11,28 | 12,60 | 13,29 | 14,79 | 15,41 |
| 3 | 3 | 10,4 | 11,1 | 12,00 | 12,90 | 14,10 | 14,80 | 15,80 |
| 3 | 4 | 8,756 | 9,082 | 10,599 | 11,139 | 12,619 | 13,289 | 14,322 |
| 3 | 5 | 8,81 | 10,94 | 12,24 | 13,45 | 13,78 | 14,9 | 15,68 |
| 4 | 1 | 10,27 | 11,69 | 12,43 | 13,37 | 14,06 | 15,15 | 16,21 |
| 4 | 2 | 9,06 | 10,54 | 11,33 | 12,38 | 13,18 | 14,49 | 15,03 |

| | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 4 | 3 | 10,7 | 11,7 | 11,90 | 12,90 | 13,80 | 15,10 | 16,20 |
| 4 | 4 | 8,503 | 9,032 | 10,721 | 11,424 | 12,364 | 13,567 | 14,789 |
| 4 | 5 | 8,37 | 11,27 | 12,43 | 13,35 | 14,22 | 15,07 | 15,96 |
| 5 | 1 | 9,81 | 11,67 | 12,58 | 13,02 | 14,03 | 15,58 | 16,22 |
| 5 | 2 | 8,98 | 10,56 | 11,40 | 12,38 | 13,01 | 14,35 | 15,43 |
| 5 | 3 | 10,2 | 11,6 | 12,70 | 13,20 | 14,00 | 15,40 | 15,60 |
| 5 | 4 | 8,612 | 9,021 | 10,689 | 11,562 | 12,357 | 13,023 | 14,045 |
| 5 | 5 | 8,37 | 11,27 | 12,43 | 13,35 | 14,22 | 15,07 | 15,96 |
| 6 | 1 | 10,24 | 11,51 | 12,41 | 13,05 | 13,99 | 15,41 | 16,12 |
| 6 | 2 | 8,61 | 10,42 | 11,44 | 12,25 | 13,44 | 14,49 | 15,11 |
| 6 | 3 | 10,6 | 11,8 | 12,50 | 12,90 | 14,10 | 15,50 | 16,50 |
| 6 | 4 | 8,704 | 9,115 | 10,924 | 11,786 | 12,821 | 13,884 | 15,167 |
| 6 | 5 | 8,37 | 11,27 | 12,43 | 13,35 | 14,22 | 15,07 | 15,96 |

1. INEN

2. NIST

3. AGRATRONIX

4. INFRARROJO

5. INIAP

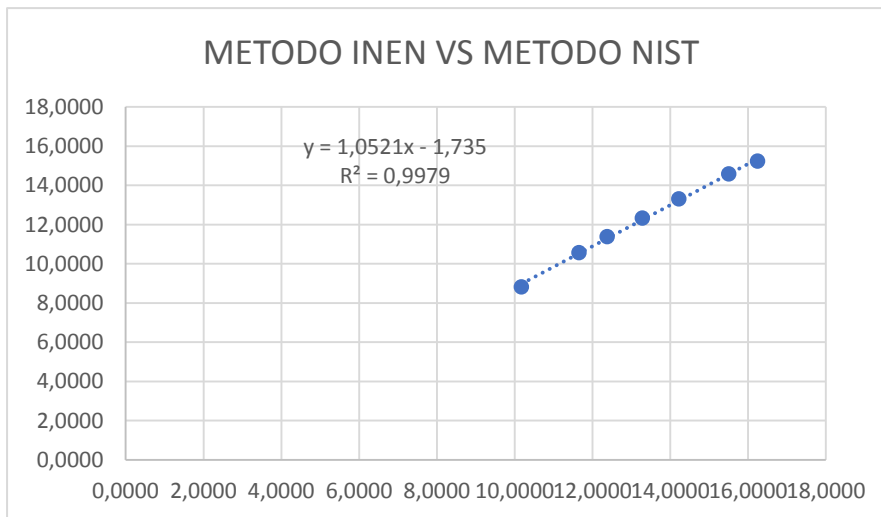
- **Anexo 31**

Tabla: Promedio resultados de cada metodología
(Maíz Morocho INIAP 180)

| | 10% | 11% | 12% | 13% | 14% | 15% | 16% |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| INEN | 10,1739 | 11,6582 | 12,3820 | 13,2874 | 14,2213 | 15,5115 | 16,2526 |
| NIST | 8,8168 | 10,5649 | 11,3844 | 12,3256 | 13,3111 | 14,5828 | 15,2265 |
| Agratronix | 10,4167 | 11,5500 | 12,3000 | 12,9833 | 13,9667 | 15,1500 | 16,0333 |
| Infrarrojo | 8,6940 | 9,0638 | 10,7640 | 11,4440 | 12,5578 | 13,5325 | 14,6643 |
| INIAP | 8,5900 | 11,1050 | 12,3350 | 13,4000 | 14,0000 | 14,9850 | 15,8200 |

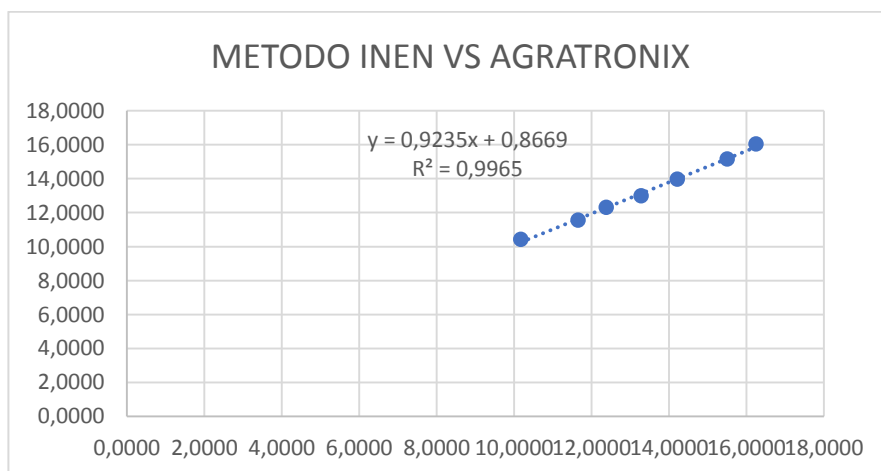
- **Anexo 32**

Gráfico: Comparación método NIST ante método INEN
(Maíz Morocho INIAP 180)



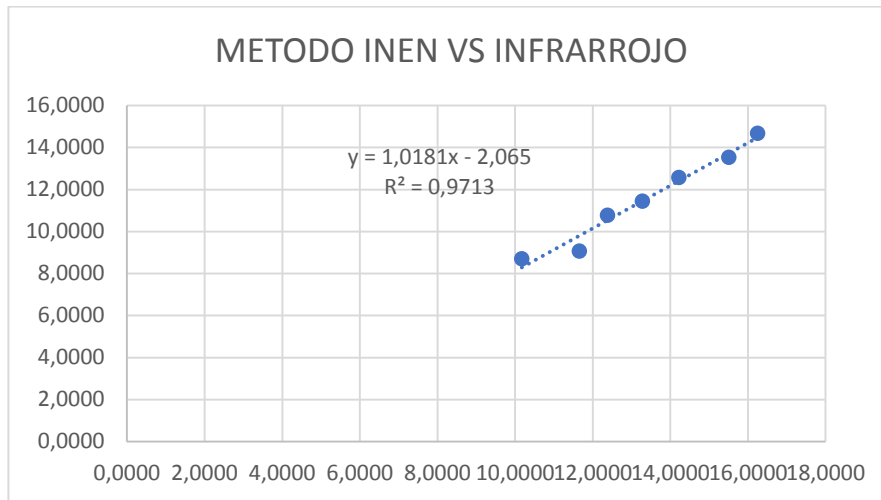
- **Anexo 33**

Gráfico: Comparación método Agratronix MT-16 ante método INEN
(Maíz Morocho INIAP 180)



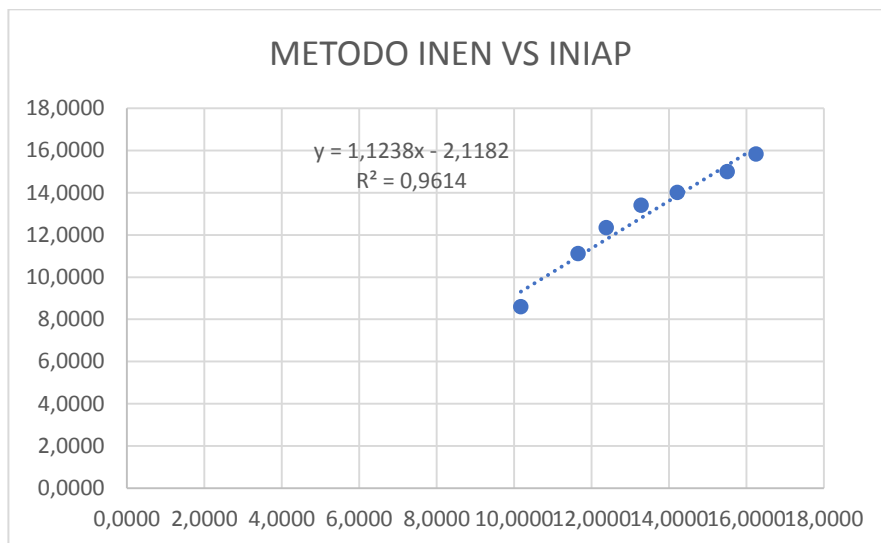
- **Anexo 34**

Gráfico: Comparación método Infrarrojo ante método INEN
(Maíz Morocho INIAP 180)



- **Anexo 35**

Gráfico: Comparación método INIAP ante método INEN
(Maíz Morocho INIAP 180)



- **Anexo 36**

Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 10%

(Maíz Morocho INIAP 180)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (10%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 10,19899012 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,121840629 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,537112226 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 5,204024442 | |
| P(T<=t) una cola | 0,000280516 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,000561032 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- **Anexo 37**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 11%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (10%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 10,81760772 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,071625833 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | -0,05515252 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 5,505917156 | |
| P(T<=t) una cola | 0,000188644 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,000377287 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- **Anexo 38**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 12%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (10%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 12,06097247 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,081164258 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,049251583 | |

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| Diferencia hipotética de las medias | 0 |
| Grados de libertad | 9 |
| | - |
| Estadístico t | 6,854133222 |
| P(T<=t) una cola | 3,7194E-05 |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 |
| P(T<=t) dos colas | 7,4388E-05 |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 |

- Anexo 39**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 13%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (10%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 13,31375342 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,074374371 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,103191175 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 8,204288106 | |
| P(T<=t) una cola | 9,04301E-06 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 1,8086E-05 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- Anexo 40**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 14%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (10%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 14,32435182 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,093980975 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,300742271 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 9,459409804 | |
| P(T<=t) una cola | 2,83581E-06 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |

| | |
|--------------------------------|-------------|
| P(T<=t) dos colas | 5,67163E-06 |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 |

- **Anexo 41**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 15%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (10%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 15,43907868 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,103902566 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,416264303 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 10,80712696 | |
| P(T<=t) una cola | 9,3431E-07 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 1,86862E-06 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

- **Anexo 42**
Análisis estadístico homogeneidad para tratamiento 16%
(Maíz Morocho INIAP 180)

| | <i>Repeticiones</i> | <i>Tratamiento (10%)</i> |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Media | 5,5 | 16,31392276 |
| Varianza | 9,166666667 | 0,067878691 |
| Observaciones | 10 | 10 |
| | - | |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,564176459 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 9 | |
| | - | |
| Estadístico t | 10,74717434 | |
| P(T<=t) una cola | 9,79065E-07 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,833112933 | |
| P(T<=t) dos colas | 1,95813E-06 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,262157163 | |

Anexo 43



Figura 12: Secado y pesado de variedades de maíz, INIAP 180

Anexo 44



Figura 13: Secado y pesado de variedades de maíz, INIAP 122

Anexo 45



Figura 14: Metodología INEN 1513-Estufa

Anexo 46



Figura 15: Metodología Agratronix MT-16

Anexo 47



Figura 16: Ensayo de Homogeneidad, capsulas de aluminio

Anexo 48



Figura 17: Metodología infrarrojo, OHAUS

Anexo 49



Figura 18: Metodología INIAP, Impedancia

