



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD Y CALIDAD DE LA SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays*, L), TRAS DIFERENTES MÉTODOS DE SECADO EN SALACHE –  
LATACUNGA –COTOPAXI 2017”**

**Proyecto de Investigación presentando previo a la obtención del Título de Ingeniera  
Agrónoma**

**AUTORA:** Daysi Amparo Pila Cando

**TUTOR:** PhD. Rafael Hernández Maqueda

LATACUNGA-ECUADOR

2017

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo Daysi Amparo Pila Cando” declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (*Zea mays, L*), tras diferentes métodos de secado en Salache – Latacunga - Cotopaxi 2017”, siendo PhD. Rafael Hernández Maqueda director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....

Daysi Amparo Pila Cando

C.I. 050423596-1

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Pila Cando Daysi Amparo, identificada con C.C. N°050423596-1, de estado civil Soltera y con domicilio en la calle El calvario Barrio la Calera Sector San Felipe quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA/EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (*Zea mays, L*), tras diferentes métodos de secado en Salache – Latacunga - Cotopaxi 2017**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. -

Fecha de inicio de carrera: **Marzo 2012/ Julio 2012**

Fecha de finalización: **Agosto 2017**

Aprobación HCA: **Agosto 2017**

Tutor.- **PhD. Rafael Hernández Maqueda**

Tema: “**Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (*Zea mays, L*), tras diferentes métodos de secado en Salache – Latacunga - Cotopaxi 2017**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.-** Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.-** El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.-** El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.-** Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.-** El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.-** En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.-** Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y temor en la ciudad de Latacunga Julio del 2017

.....

Daysi Amparo Pila Cando

**EL CEDENTE**

.....

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (*Zea mays, L*) tras diferentes métodos de secado en Salache – Latacunga - Cotopaxi 2017”, de Daysi Amparo Pila Cando, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Proyecto Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2017

Tutor

.....

**PhD. Rafael Hernández Maqueda**

**C.I:175714810-9**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Daysi Amparo Pila Cando, con el título de Proyecto de Investigación “Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la semilla de maíz (*Zea mays, L*), tras diferentes métodos de secado en Salache – Latacunga - Cotopaxi 2017”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2017

Para constancia firman:

.....  
**Ing. Karina Marín Mg. Sc.**

**C.I. 050267293-4**

**LECTOR 1**

.....  
**Ing. Santiago Jiménez Mg. Sc.**

**C.I. 050194626-3**

**LECTOR 2**

.....  
**PhD. Carlos Torres**

**C.I.050232923-8**

**LECTOR 3**

## **AGRADECIMIENTO**

*Gracias a Dios por darme salud e inteligencia para poder culminar mis estudios universitarios de una manera exitosa, a mis padres por su comprensión, paciencia, apoyo incondicional y sobre todo por creer en mí, ellos fueron el pilar fundamental y mi inspiración para poder cumplir con mi meta, dándome las fuerzas suficientes para poder seguir adelante.*

*A mí querida alma máter Universidad Técnica de Cotopaxi que me abrió las puertas para formarme académicamente.*

*También quiero expresar mi fraterno agradecimiento a mi Director de Proyecto, PhD. Rafael Hernández y a cada uno de mis lectores por su contribución a lo largo del presente trabajo.*

*Daysi Pila*



## DEDICATORIA

*A mis padres Hilda y Nicolás, quienes son parte fundamental de mi vida, mi ejemplo a seguir mi apoyo incondicional quienes estuvieron en todo momento dándome ánimos para salir adelante, porque sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible.*

*A mis sobrinos Sebastián y Steveen, por brindarme su cariño y alegría en momentos difíciles.*

*Al amor de mi vida Diego, por su ayuda, apoyo, y su amor sincero durante todos estos años de estudios.*

*A toda mi familia que me apoyado durante toda mi etapa universitaria, con palabras de aliento y sus sabios consejos.*

*Daysi Pila*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO:** “Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (*Zea mays*, L) tras diferentes métodos de secado en Salache –Latacunga – Cotopaxi 2017”

**Autora:** Daysi Amparo Pila Cando

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación se fundamenta en la evaluación de la viabilidad y calidad de secado de semillas de maíz mediante la aplicación de la tecnología del horno microondas, horno microondas con controlador de temperatura y horno convencional comparado con el secado al sol. Los objetivos específicos fueron: obtener las curvas de secado de las semillas de los cuatro métodos, evaluar su eficiencia energética, analizar la viabilidad, y supervivencia en campo. Para ello se obtuvieron las semillas de maíz y se procedió a realizar el secado con los distintos métodos, en el horno microondas se evaluaron tres potencias distintas 70, 140 y 210 W, en el horno microondas con controlador de temperatura se evaluaron tres temperaturas: 35, 55 y 75°C y en el horno convencional una temperatura de 55°C. Como resultados se obtuvieron curvas de secado para cada potencia y temperatura analizada determinando que para alcanzar una humedad de 12 % en una potencia de 70W se necesitaron 60 min, en la potencia 140W 13min y en una potencia de 210W 10min, para el horno microondas con una temperatura controlada a 35°C, 1 hora y 30min, para 55°C 1 hora con 15 min, 75°C 35min y para el horno convencional a 55°C se necesitaron 16 horas, para el secado en el sol se necesitaron 19 días y 12 horas, comprobando que la tecnología de los hornos reduce el tiempo de secado. Posteriormente, se evaluó la viabilidad de las semillas, para esto se realizaron pruebas de germinación que consisten en el cultivo de las semillas en cajas Petri sobre un papel filtro humedecido en agua destilada, se observó la emergencia de la radícula el cual determinó el éxito de la germinación, los resultados finales de germinación para el HW (Horno microondas) fueron un 45% para la potencia de 70W, un 5,71% para la potencia 140 y 0% para 210 W, para el Horno con controlador de temperatura 90% a 35°C, 81.25% a 55°C, 12% a 75°C, para el horno convencional 99,28% a una temperatura de 55°C y para el testigo un 97.14%,

la supervivencia en el campo se evaluó mediante un diseño de bloques al azar (DBCA), se registró el número de plantas sobrevivientes y la altura de las plantas al mes de la siembra. Las semillas secadas en el horno a una temperatura de 55°C mostraron los mejores resultados, con un promedio de supervivencia del 100% y una altura de planta al mes de 11.61cm. Los resultados muestran que la tecnología de secado basada en microondas disminuye los tiempos de secado y aumenta la eficiencia energética, sin embargo, el efecto de la potencia disminuye la viabilidad de la semilla. Al analizar los datos del horno con controlador de temperatura se observa que la viabilidad no se ve afectada y que esta variable depende más del incremento de la temperatura que del efecto de las ondas microondas.

**Palabras claves:** Microondas, secado, temperatura, viabilidad.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**Title:** " Evaluation and quality of corn seed Viability (*Zea mays, l*), applying different drying methods in Salache - Latacunga - Cotopaxi 2017"

**AUTHOR:** Daysi Amparo Pila Cando

### ABSTRACT

The present investigative work is based on the evaluation of the viability and quality of drying corn seeds through by the appliance of microwave oven technology, microwave oven with temperature and conventional controller again sun drying. The main objectives were: obtain the inflecting seeds drying applying four methods, evaluate its energy efficiency, analyze the viability, and field survive. So were obtained corn seeds after that was carried out drying with different methods, in the microwave oven three different powers were evaluated, 70, 140 and 210 W, in this one were evaluated temperatures: 35, 55 and 75 ° C and in the conventional one 55 ° C. Results were obtained the inflecting seeds drying for each temperature determining its humidity 12% in a power of 70W, it was necessary 60 minutes, the power 140W 13m. and in a power of 210W 10m., for the microwave oven with A temperature controlled at 35 ° C, 1 hour and 30min, for 55 ° C 1 hour with 15 min, 75 ° C 35m. And for the conventional oven at 55 ° C it is taken 16 hours, for drying in the sun 19 days and 12 hours, proving that the technology of the (ovens) reduces the time of corn seeds drying. Afterwards, was evaluated the viability of the seeds. For this, germination tests were carried out, which consisted of the culture of the seeds in Petri dishes on a filter paper moistened with distilled water, the emergence of the radicle was observed, which determined the success of Germination, the results final of germination for the HW (microwave oven) were 45% for power of 70W, 5.71% for power 140 and 0% for 210 W, for oven with temperature controller 90% At 35 ° C, 81.25% at 55 ° C, 12% at 75 ° C, for the conventional oven 99.28% at a temperature of 55 ° C and for the control 97.14%, field survival was evaluated by a randomized block design (DBCA), recorded the number of surviving plants and the height of plants per month of planting. Seeds dried in the oven at a temperature of 55 ° C showed the best results, with an average survival

of 100% and a plant height of 11.61cm per month. The results has been evidencing microwave drying technology decreases drying times and increases energy efficiency, but the effect of power decreases the viability of the seed. When analyzing the data of the oven with controller temperature is observed that the viability is not affected and that this variable depends more on the increase of the temperature than the effect of the microwave oven.

**Key words:** Microwave, drying, temperature, viability.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	vi
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
Título del Proyecto: .....	1
Fecha de inicio:.....	1
Fecha de finalización:.....	1
Lugar de ejecución: .....	1
Facultad Académica que auspicia.....	1
Carrera que auspicia: .....	1
Proyecto de investigación vinculado: .....	1
Equipo de Trabajo: .....	1
Coordinador del Proyecto.....	2
Área de Conocimiento:.....	2
Línea de investigación:.....	2
Sub líneas de investigación de la Carrera:.....	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	6
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	6
6. OBJETIVOS:.....	7
6.1 General.....	7

6.2 Específicos.....	7
7. TABLA 1 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	8
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	10
8.1 Semilla.....	10
8.1.1 Calidad de las semillas .....	10
8.1.2 Factores físicos, químicos y bióticos que afectan la calidad. ....	11
8.1.2.1 Pureza: .....	11
8.1.2.2 Calidad fisiológica:.....	11
Factores que pueden afectar a la germinación:.....	12
b) Oxígeno .....	12
c) Temperatura.....	12
8.2 Secado de semillas.....	14
8.2.1. Necesidad de secado.....	15
8.3 Métodos de secado.....	16
a) Método tradicional: secado al sol.....	16
b) Método de secado artificial .....	16
Parámetros del secado artificial.....	18
Tecnología horno microondas .....	19
Potencial de transferencia de calor .....	19
8.4 Almacenamiento.....	21
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS. ....	22
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL: .....	22
10.1 Modalidad básica de investigación.....	22
10.1.1. Experimental.....	22
10.1.2 Bibliográfica Documental.....	22
10.1.3 De laboratorio .....	22
10.1.4 De Campo .....	22
10.2 Tipo de Investigación .....	22
10.2.1 Descriptiva.....	22

10.2.2 Cuantitativa.....	23
10.3 Manejo específico del experimento.....	23
10.3.1. Obtención de la semilla .....	23
10.3.2. Curvas de secado .....	23
10.3.3 Eficiencia energética.....	24
10.3.4 Viabilidad de las semillas.....	24
10.3.5 Supervivencia en el campo.....	25
10.4.- Diseño experimental.....	26
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	28
1. Obtención de las curvas de secado .....	28
1.1 Secado en el horno microondas .....	28
1.2 Secado en el horno microondas con controlador de temperatura.....	32
1.3.-Secado en el horno convencional .....	35
1.4 Secado en el sol .....	36
2. Cálculo del consumo energético.....	38
3. Viabilidad de las semillas.....	39
3.1. Germinación en cajas petri .....	39
4. Supervivencia en campo.....	40
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):.....	41
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO .....	42
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
15. BIBLIOGRAFÍA.....	45
16. ANEXOS .....	52



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción .....	52
Anexo 2. Curriculum Vitae de los investigadores .....	53
Anexo 3. Tablas de promedio general de los ensayos para análisis de las curvas de secado .....	56
Anexo 4. Datos de número de plantas, altura y número de hojas a los 30 días .....	69
Anexo 5. Cuadros de análisis de varianzas y prueba de Tukey para los tratamientos .....	78
Anexo 6. Fotografías de las principales actividades realizadas en el proyecto. ....	80

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Participación en la superficie sembrada, 2015 .....	4
Gráfico 2. Fórmula del contenido de humedad .....	13
Gráfico 3. Humedad vs tiempo.....	15
Gráfico 4. Diseño de bloques completamente al azar (DBCA).....	26
Gráfico 5. Secado con horno microondas 70W .....	29
Gráfico 6. Secado con horno microondas 140W .....	30
Gráfico 7. Secado con horno microondas 210W .....	31
Gráfico 8. Secado con horno microondas con controlador de temperatura a 35°C.....	32
Gráfico 9. Secado con horno microondas con controlador de temperatura a 55°C.....	32
Gráfico 10. Secado con horno microondas con controlador de temperatura a 75°C.....	34
Gráfico 11. Secado con horno convencional a 55°C .....	35
Gráfico 12. Secado al sol.....	36
Gráfico 13. Valores de la tasa de germinación.....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados .....	8
Tabla 2. Temperaturas exigidas para la germinación de semillas de algunas especies. ....	13
Tabla 3. Ventajas del calentamiento con energía microondas.....	20
Tabla 4. Contenido de humedad recomendado para un almacenamiento de larga duración de los diversos tipos de granos en regiones cálidas. ....	21
Tabla 5. Simbología de tratamientos .....	27
Tabla 6. La unidad experimental para evaluar la supervivencia en campo .....	27
Tabla 7. Tiempo de secado de los tratamientos.....	37
Tabla 8. Consumo energético .....	38
Tabla 9 Datos registrados en campo.....	40
Tabla 10. Presupuesto.....	42

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (*Zea mays, L*), tras diferentes métodos de secado en Salache – Latacunga - Cotopaxi 2017”

### **Fecha de inicio:**

Octubre del 2016

### **Fecha de finalización:**

Agosto del 2017

### **Lugar de ejecución:**

Barrio Salache-Parroquia Eloy Alfaro-Cantón Latacunga-Provincia Cotopaxi (Zona 3)

### **Facultad Académica que auspicia**

Facultad De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales/Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería Agronómica.

En colaboración con:

Ingeniería Electromecánica.

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Evaluación del proceso de secado en horno microondas de semillas de interés agrícola de la provincia de Cotopaxi.

### **Equipo de Trabajo:**

Responsable del Proyecto: PhD Rafael Hernández Maqueda

Tutor: PhD Rafael Hernández Maqueda

CI: 175714810-9

Lector 1: Ing. Karina Paola Marín Quevedo Mg. Sc.

CI: 050267293-4

Lector 2: Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome Mg. Sc.

CI: 050194626-3

Lector 3: PhD. Carlos Javier Torres Miño

CI: 050232923-8

Hojas de vida. Anexo 2

**Coordinador del Proyecto**

Nombre: Daysi Amparo Pila Cando

Teléfonos: 0984774268

Correo electrónico: daysi.pila1@utc.edu.ec

**Área de Conocimiento:**

Agronomía-Silvicultura-pesca-Agricultura

**Línea de investigación:**

**Línea 1:** Desarrollo y Seguridad Alimentaria

Se entiende por seguridad alimentaria cuando se dispone de la alimentación requerida para mantener una vida saludable. El objetivo de esta línea será la investigación sobre productos, factores y procesos que faciliten el acceso de la comunidad a alimentos nutritivos e inocuos y supongan una mejora de la economía local.

**Línea2:** Análisis Conservación y Aprovechamiento de la Biodiversidad Local

La biodiversidad forma parte intangible del patrimonio nacional: en la agricultura, en la medicina, en actividades pecuarias, incluso en ritos, costumbres y tradiciones culturales. Esta línea está enfocada en la generación de conocimiento para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad local, basado en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, bioquímica y usos ancestrales de los recursos naturales locales. Esta información será fundamental para establecer planes de manejo, de producción y de conservación del patrimonio natural.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Sistemas alternativos de producción agrícola.

**2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

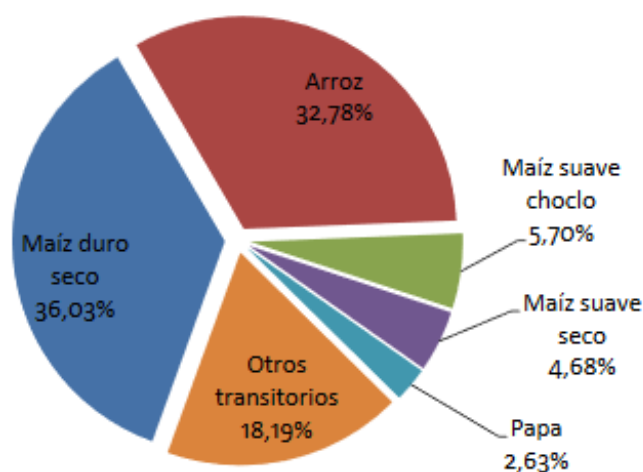
El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal la evaluación de la viabilidad y calidad de semillas de maíz, secadas mediante el uso de una nueva tecnología del horno microondas comparada con el secado al sol y un horno convencional. Se evaluará la viabilidad de las semillas por medio de pruebas de germinación en cajas Petri.

La supervivencia en el campo se realizó mediante un diseño de bloques al azar donde se midió altura y número de hojas al mes. Comprobando que el tiempo de secado en el horno con controlador de temperatura es menor comparado con el horno microondas tradicional, horno convencional y el sol, pero la viabilidad de la semilla disminuye a medida que aumentamos la temperatura pues en germinación se comprueba que a temperaturas altas el porcentaje de semillas germinadas disminuye, comparada con las semillas secadas en el horno convencional y al sol.

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia, con una producción a nivel mundial de 1 037 791 518 ha. En el Ecuador se sembraron aproximadamente 1 667 704 ha de maíz en el año 2014 (FAO, 2014), con una producción de 1.874 000 t (ESPAC, 2015), a nivel de Cotopaxi la producción fue de 12 811 de maíz seco en el año 2011. (INEC, 2011).

El maíz ocupaba en el 2010 un 24,56 % (ESPAC, 2010) de la producción agrícola en Ecuador, en el 2015 representa un 36,03% del total de la producción nacional, lo cual demuestra que este cultivo ha ido aumentando su producción en los últimos años.



**Gráfico 1.** Participación en la superficie sembrada, 2015

**Fuente:** (ESPAC, 2015)

En la producción del maíz, un proceso clave es el secado de las semillas con la finalidad de reducir el contenido de humedad de acuerdo al estándar de comercialización, reducir la actividad química y microbiológica para proceder al almacenamiento, conservar las propiedades nutricionales, biológicas y de uso final del producto y extender su vida útil. (Bartosik, 2013)

El proceso de secado de maíz en el método tradicional (secado al sol), supone una pérdida de producción, al estar los granos expuestos a la contaminación del aire libre provocando que las semillas se infecten de plagas o enfermedades perdiendo así su calidad y viabilidad.

En esta investigación se aplicó la tecnología microondas para evaluar su efecto en la conservación de semillas. Según estudios previos, esta tecnología supone una disminución de las tasas de secado, un ahorro de energía, una disminución de los tiempos de procesamiento por la penetración profunda de la energía de microondas (Rattanadecho & Makul, 2016).

La velocidad y facilidad de secado depende del tipo de grano a secar, así el trigo tiene una velocidad de secado 23% mayor que el maíz y 15% mayor que el arroz. Igualmente, el consumo específico de energía fue menor en el trigo (700 kcal/kg) que en arroz (980 kcal/kg) y que en maíz (1168 kcal/kg) (Bakker, Maier, & Schisler, 1987).

Una semilla secada en condiciones óptimas, tendrá como resultado final una semilla de calidad con una alta producción y por lo tanto los réditos económicos de los agricultores se incrementarán, precautelando así la Seguridad Alimentaria y conservando la biodiversidad local.

A pesar del costo que implica el secado artificial, presenta una serie de ventajas respecto del secado natural. Se puede realizar independientemente de las condiciones ambientales, programar las operaciones con más facilidad y acelerar el proceso impidiendo así la proliferación de hongos. (Puzzi, 1984).

Por ello, en este estudio se pretende evaluar si la técnica microondas reduce los tiempos de secado sin afectar la viabilidad de la semilla de maíz.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Los beneficiarios directos serán los agricultores de la zona 3 pues podrán acelerar el proceso de secado de las semillas de maíz obteniendo una semilla de calidad, al usar la tecnología microondas estaremos controlando el ambiente en el cual se secará la semilla, evitando que sufran contaminación, lo que sucede normalmente con el secado tradicional al sol.

El beneficiario también será la Universidad Técnica de Cotopaxi, tendrá gran importancia académica e investigativa para docentes y estudiantes implementar una tecnología nueva para el secado de semillas de maíz. Los resultados obtenidos, permitirán ser la base para otras investigaciones científicas.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:**

El maíz es un cultivo de gran importancia en la provincia de Cotopaxi siendo el sustento económico para muchos agricultores. En la actualidad el secado tradicional de maíz, dura un mes aproximadamente, dependiendo de las condiciones climáticas. Las semillas están expuestas a la contaminación del aire lo que provoca su exposición a plagas y enfermedades. Además, las temperaturas no pueden ser controladas por lo que las semillas se enfrentan a cambios drásticos de clima lo que puede afectar su fisiología y morfología.

En el caso particular del maíz, el daño por secado natural más significativo es la formación de fisuras (Thompson & Foster, 1963) , problemas de almacenamiento como la invasión de insectos, hongos o toxinas. Otras consecuencias del incorrecto secado de maíz de forma natural que normalmente ocurren son la reducción del contenido de proteína disponible; disminución del pH, decoloración, incremento del ángulo de reposo y pérdida del porcentaje de germinación (PG) (White & L.Johnson, 2003).

Con secado natural es posible tener aire con 30 - 40% de humedad relativa (Carnero, 2012), y para un secado óptimo y eficiente se necesitaría una humedad menor al 9 -8%. (Casini, 2009).

Según estudios previos, el porcentaje de pérdida de maíz en el proceso de secado es de 5,9% (Grolleaud, 2012).



Las pérdidas que se producen en la etapa de poscosecha, pueden llegar a alcanzar los 700 millones de U\$S/año.

Esto representa un 6 - 8% del total de la producción, en pérdidas físicas y de calidad, producto del daño por insectos, hongos, humedad, pérdida de peso hectolítrico, sobre secado, pérdidas en los caminos, pérdidas de calidad, ineficiencia del transporte, ineficiencia del secado etc. (Casini, 2009).

Mediante este proyecto se quiere tecnificar el secado reduciendo su tiempo y obteniendo semillas de mejor calidad. Para lo cual se evaluaron la alternativa del secado en un horno microondas, una nueva tecnología que se ha introducido en la agricultura con el fin de acelerar este proceso y de esta manera disminuir la afectación por plagas y enfermedades durante el secado evitando así la pérdida de semillas durante este proceso.

## **6. OBJETIVOS:**

### **6.1 General**

Evaluar la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) tras diferentes métodos de secado.

### **6.2 Específicos**

Obtener las curvas de secado del maíz en horno microondas, horno microondas con controlador de temperatura, convencional y al sol.

Evaluar la viabilidad de las semillas tras el proceso de secado.

Evaluar la supervivencia de maíz en el campo tras aplicar los distintos métodos de secado.

**7. TABLA 1 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

<b>Objetivo 1</b>	<b>Actividad(tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medios de Verificación</b>
<p>Obtener las curvas de secado del maíz en horno microondas, convencional y al sol.</p>	<p><b>1.1</b> Secar las semillas de maíz en el horno microondas en tres potencias distintas 70,140 y 210W</p> <p><b>1.2</b> Secar las semillas en el horno con controlador de temperatura a 35°C, 45°C y 75°C.</p> <p><b>1.3</b> Secar en el horno convencional a una temperatura: 55°C.</p> <p><b>1.4</b> Secar las semillas en el método tradicional al sol.</p>	<p>Curvas de secado de con relación al tiempo.</p> <p>Curvas de secado de con relación al tiempo.</p> <p>Curvas de secado de con relación al tiempo.</p> <p>Curvas de secado de con relación al tiempo.</p>	<p>Gráfica de relación del peso antes y después del secado.</p> <p>Gráfica de relación del peso antes y después del secado.</p> <p>Gráfica de relación del peso antes y después del secado.</p> <p>Gráfica de relación del peso antes y después del secado.</p>

<b>Objetivo 2</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medios de Verificación</b>
Evaluar la viabilidad de las semillas tras el proceso de secado.	<p><b>2.1</b> Cultivar las semillas en cajas Petri sobre un papel de filtro humedecido en agua destilada.</p> <p><b>2.2</b> Calcular el tiempo de emergencia de la radícula.</p>	<p>Porcentajes de semillas germinadas.</p> <p>Media de tiempo de germinación de cada una de las técnicas.</p>	<p>Número de plantas germinadas</p> <p>Gráfica de la relación tiempo –germinación.</p>
<b>Objetivo 3</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medios de Verificación</b>
Evaluar la supervivencia de maíz en el campo tras aplicar los distintos métodos de secado.	<p><b>3.1</b> Sembrar las semillas secadas en los tres métodos (Horno microondas, convencional y al sol) en un diseño de bloques al azar.</p> <p><b>3.2</b> Tomar datos de altura de planta y porcentaje de supervivencia y número de hojas.</p>	<p>Datos de supervivencia y altura de la planta.</p>	<p>Número de plantas que sobreviven en campo a los 30 días.</p> <p>Datos sobre el desarrollo morfológico de la planta al mes</p>

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1 Semilla**

Se considera que la semilla es el embrión de la planta que ha alcanzado la madurez y se encuentra en estado de “vida latente”, cuando la semilla encuentra las condiciones ambientales adecuadas podrá germinar (Organero & Gimeno, 2004).

Las semillas constituyen el mecanismo de perennización, importantes para poder conservar una especie (Doria, 2010).

Después de realizada la cosecha, las semillas son almacenadas convirtiéndose en alimento y hábitat de los organismos nocivos. En este medio se alimentan, se reproducen y continúan su actividad destructiva durante todas sus generaciones, perjudicando a la calidad de las semillas (Aguilar et al., 2009).

Una semilla de maíz comúnmente contiene de 70 a 75% de almidón, 8 a 10% de proteína y 4 a 5% de aceite, contenidas en tres estructuras: el germen (10%), el endospermo (80%), y el pericarpio. La fracción proteínica del endospermo contiene 25% de proteína de tipo gluteína y 60% de proteína de baja calidad tipo zeína (Méndez et al., 2005).

#### **8.1.1 Calidad de las semillas**

La calidad de una semilla está dada fundamentalmente por su capacidad para germinar y producir una planta normal (Doria, 2010).

La calidad de semillas puede ser vista como de excelencia de acuerdo a los parámetros que se quiera evaluar (Mérola & Díaz, 2012).

Es importante que una semilla sea de calidad para que contribuya a una mayor eficiencia varietal productiva, capaz de emerger de manera rápida y uniforme, bajo diferentes condiciones ambientales adecuadas para su buen desarrollo (Pérez et al., 2006).

El gran beneficio de tener una semilla de calidad es que se puede incrementar la producción entre un 25 y un 50%, lo cual representa un incremento de ingresos al agricultor (FAO, 1982).

### **8.1.2 Factores físicos, químicos y bióticos que afectan la calidad.**

Existen varios factores que influyen en la calidad de las semillas y han sido considerados por algunos autores de igual importancia y coinciden con sus ideas, así Basera, (1995); Moreno, (1996); Doria, (2010) y Albarello et al., (2010) señalan que la calidad genética, física, fisiológica, la humedad y pureza, son los factores esenciales que afectan la calidad de una semilla.

Además de estos factores, existen otros que en estrecha interrelación pueden conducir al deterioro, la pérdida del vigor y viabilidad total o parcial como son: la temperatura, presión de oxígeno, bacterias, hongos, insectos y roedores (Doria, 2010).

Según Albarello et al., (2010) para que una semilla sea de buena calidad debe presentar las siguientes características:

**8.1.2.1 Pureza:** una semilla pura tiene que estar entera, limpia, sin señal de enfermedad o plaga.

**a) Pureza genética:** se produce en la etapa de mejoramiento genético lo cual define sus características botánicas y agronómicas bien definidas, tales como su ciclo, el hábito de crecimiento, la arquitectura de la planta, la resistencia, el color y el brillo de la cáscara, etc. (Irastorza, 1991).

**b) Pureza física:** Se determina por el color, brillo, daños mecánicos, la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla como tierra, piedras, etc. (Moreno, 1996).

**8.1.2.2 Calidad fisiológica:** Implica la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos que permiten a la semilla mantener altos índices de viabilidad. Los principales indicadores de la calidad fisiológica son la germinación y el vigor (Grijalva et al., 2003).

➤ **Poder germinativo:** capacidad de producir plántulas.

Marca la transición de la semilla desde un estado donde es independiente de la fuente de nutrimentos es decir de la planta madre, hacía un germen independiente, capaz de tomar las sustancias minerales del suelo y crecer por sí sola (Navarro, 2003).

La germinación es una de las pruebas importantes en la medición de la calidad fisiológica de las semillas (Victoria et al., 2007).

**Factores que pueden afectar a la germinación:**

- **Factores internos:** la semilla debe estar viva (su embrión debe estar vivo), la genética define su tiempo de vida, pero la interacción con el ambiente determina el período de vida (viabilidad).

**Viabilidad:** determinada por las características genéticas y vigor de la planta madre, la viabilidad se refiere a la capacidad de la semilla para germinar y generar plántulas normales (Suárez & Melgarejo, 2010).

- **Factores externos:** están fuera de la semilla, pero tienen influencia directa sobre su germinación.

**a) Agua:** su absorción tiene como resultado la rehidratación de los tejidos de la semilla, suministrando energía y nutrientes necesarios para el crecimiento, su deficiencia puede afectar al desarrollo del embrión (Rosseti, 2014).

**b) Oxígeno:** activa la respiración de la semilla. La desnaturalización de los constituyentes de la célula: membranas, enzimas y el ADN, solo ocurre en condiciones aerobias y depende si están expuestas a altas o bajas presiones de oxígeno (Harada, 1997).

**c) Temperatura:** calor necesario para que el embrión de la semilla pueda germinar.

Cuando las temperaturas son bajas los procesos bioquímicos ocurren más lentamente (Navarro, 2003).

**Tabla 2.** Temperaturas exigidas para la germinación de semillas de algunas especies.

<b>Especie</b>	<b>Temperatura mínima (°C)</b>	<b>Temperatura máxima (°C)</b>	<b>Temperatura óptima (°C)</b>
<b>Zapallo</b>	16	38	20-30
<b>Lechuga</b>	2	29	20
<b>Berenjena</b>	4	35	20-30
<b>Zanahoria</b>	4	35	20-30
<b>Frijol</b>	16	35	25-30
<b>Sandía</b>	16	40	20-30
<b>Maíz</b>	10	40	20-30
<b>Pimiento</b>	16	38	20-30
<b>Tomate</b>	10	35	20-30

**Fuente:**( Nascimento et al., 2008)

**d) Humedad:** factor importante que permite la germinación, cuando la humedad del grano está entre el 45% y el 60% puede tener lugar el proceso de germinación. Por debajo de 45% y entre el 20% y el 18%, la respiración de los granos y los microorganismos es extremadamente alta y se alcanzan temperaturas elevadas que pueden matar el germen (FAO, 1993).

Para desencadenar el poder germinativo, la semilla necesita de hasta 40% de humedad en el maíz. El contenido de humedad y la temperatura son las variables de más importancia en la conservación de las semillas (Cardozo et al., 2002).

$$\%H = \frac{PA}{PA + Pms} * (100)$$

**Gráfico 2.** Fórmula del contenido de humedad

**Fuente:** (Dávila, Peske, & Aguirre, 1988)

**Donde:**

**PA**= Peso del agua

**Pms** = Peso de la materia seca

El peso del agua (PA) es la diferencia de peso entre la semilla húmeda y la materia seca.

**c) Sanidad:** Está determinada por la presencia o ausencia de microorganismos patógenos como hongos, bacterias, virus, así también como plagas.

**d) Uniformidad:** semillas de la misma forma y tamaño, es decir, que tenga homogeneidad.

Las semillas maduras medias y grandes tendrán mayor porcentaje de germinación y vigor que las semillas inmaduras y pequeñas (Osborn et al., 2011).

- **Vigor:** sumatorio total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas (Salinas et al., 2003).

El vigor de la semilla es su capacidad de emerger del suelo y sobrevivir bajo condiciones de campo potencialmente estresantes y crecer rápidamente bajo condiciones favorables (FAO, 2011).

**8.2 Secado de semillas**

Las semillas presentan higroscopicidad, es decir, ganan o pierden agua en un proceso dinámico en función de variaciones en la humedad relativa del aire – HR. El aire es forzado a pasar por la masa de semillas, cediendo calor y absorbiendo agua, lo que ocasiona la disminución de la temperatura elevando su HR. (Meneghello, 2014).

Existe una relación cercana entre la humedad y la temperatura, pues se usa la temperatura para alterar las propiedades físicas del aire y, con ello, implementar el proceso de secado de la semilla.



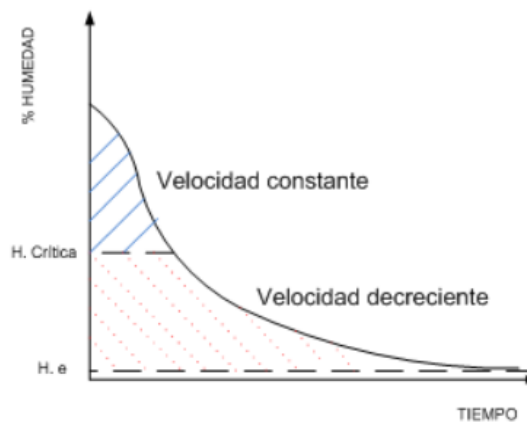
El secado es un aspecto de gran importancia para una buena conservación. Un buen secado es necesario para reducir al mínimo los procesos vitales propios de las semillas, a fin de mantenerlas latentes para cuando se vayan a utilizar. Realizar un secado rápido hace que las cubiertas externas de las semillas se contraigan, se fragmenten y se reduzcan, manteniéndose húmedas las porciones internas, y si se realiza a alta temperatura las semillas húmedas pueden dañarse. (Fraga, Aviles, & Prats, 2009).

El secado de granos ayuda a prevenir la germinación de semillas y el crecimiento de bacterias y hongos, y retarda considerablemente el desarrollo de ácaros e insectos. Las humedades por debajo del 14% no proporcionan un ambiente favorable para el desarrollo de los insectos en los granos almacenados (FAO, 1993).

### 8.2.1. Necesidad de secado

El mayor inconveniente de la cosecha de productos húmedos es la necesidad de reducir su contenido de humedad a niveles seguros para su almacenamiento, siendo un proceso que exige un gran consumo de energía para lo cual es necesario un secado óptimo (Antoninho, Queiroz, & Marques, 1991).

La pérdida de humedad en función del tiempo se divide en dos etapas, una primera etapa de velocidad constante y otra de velocidad decreciente como se puede observar en el gráfico 3.



**Gráfico 3.** Humedad vs tiempo

**Fuente:** (Reay, 1986)

### **8.3 Métodos de secado**

#### **a) Método tradicional: secado al sol**

El secado natural, como su nombre lo indica, utiliza las energías solar y eólica para la remoción de la humedad de las semillas (Villela et al., 2012). El producto se deja expuesto a las corrientes de aire y a la temperatura del medio ambiente, esto se puede hacer en la planta o en patios (Yuste, 2012).

Este tipo de secado es una de las formas más antiguas pues se utiliza la energía solar de forma natural para el secado de productos agrícolas (Fonseca et al., 2002).

En Ecuador al terminar de desgranar las mazorcas de maíz, extienden un plástico o una estera y proceden a colocar las semillas en un lugar plano, como terrazas de sus casas o en los patios.

Las ventajas de este secado es que no tienen gastos en combustibles para el calentamiento del aire y también que se puede trabajar con cantidades considerables de grano dependiendo de la infraestructura.

Este método natural tiene los siguientes inconvenientes:

- El proceso es lento debido a la elevada humedad en el ambiente y no hay una temperatura estable.
- Los productos están expuestos al polvo, a insectos y otros animales que pueden deteriorar los alimentos y causar enfermedades al consumirlos.
- La exposición directa de los alimentos a los rayos solares puede ser perjudicial en cuanto a su calidad (pérdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo), debido a la acción de los rayos ultravioletas (Almada et al., 2005).

#### **b) Método de secado artificial**

El secado artificial de granos es una técnica poco difundida en América Latina. En las regiones en que se la conoce, normalmente está mal utilizada. En consecuencia, hay elevadas pérdidas de granos en esos países (Antoninho, Queiroz, & Marques, 1991).

Para que se puedan aumentar las producciones agrícolas es necesario secar los productos en un tiempo corto, y en condiciones ambientales adecuadas.

En el secado artificial mediante un ventilador se hace pasar el aire caliente hacia el producto a secar, situado en la cámara de secado y comienza el proceso.

El potencial de retención de agua de masa de aire aumenta a medida que sube su temperatura, con lo que se incrementa a su vez el potencial de secado del aire. (Yuste, 2012)

La productividad de un secador solar es inferior a la de un secador que utilice energía convencional (Fonseca et al., 2002). Pero existe una gran diferencia en los costos pues el uso de este tipo de energía representa un gasto extra al agricultor.

En el secado artificial, una parte del calor del aire aumenta la temperatura del producto (calor sensible) y otra parte proporciona el calor requerido para la vaporización del agua contenida en los granos o calor latente de vaporización (Puzzi, 1984).

En la cámara de secado de una secadora se encuentran el aire caliente y seco con el grano frío y húmedo. Lo primero que sucede es una transferencia de calor desde el aire hacia el grano. La mayor parte de ese calor se consume en evaporar humedad desde la superficie del grano (Bartosik, 2013).

El proceso de secado con aire calentado implica el retiro parcial de agua de las semillas a través del paso de aire seco por ellas. En este proceso, la humedad relativa se utiliza como referencia para inferir si la semilla perderá (proceso de secado), ganará (proceso de humedecimiento) o mantendrá su humedad, en caso de existir equilibrio higroscópico bajo determinada condición.

Cuando se modifica la temperatura del aire, se altera la HR; así, es posible aumentar la capacidad de retiro de la humedad de las semillas. Estos conocimientos son fundamentales para el secado de las semillas. Sin embargo, se debe tener especial cuidado con relación a la temperatura; por ejemplo, en el método continuo se recomienda usar temperaturas del aire de 40 a 60°C, de modo que la temperatura de la masa de granos sea, como máximo, de 43°C, bajo riesgo de reducir drásticamente su calidad si se sobrepasa este límite referencial (Meneghello, 2014).

Luego de un tiempo no hay más humedad en la superficie del grano (la que estaba se evaporó), lo cual inicia otro proceso físico, que es el de difusión. Para que el grano pueda seguir perdiendo humedad por evaporación, el agua debe moverse desde el interior del grano hacia la superficie mediante difusión.

El proceso de difusión es más lento que el de evaporación, por lo que siempre hay un gradiente de humedad en el interior del grano durante el secado a alta temperatura: la máxima humedad se encuentra en el centro, mientras que la mínima en la superficie. Cuanto más violento es el proceso de secado, mayor es el gradiente de humedad. A diferencia del proceso de difusión de agua que es lento, la conducción del calor hacia el interior del grano es relativamente más rápida, por lo que no hay grandes gradientes importantes de temperatura (Bartosik, 2013).

### **Parámetros del secado artificial**

Los parámetros que influyen en la tasa de secado, cuando se secan granos con aire forzado, son: la temperatura, presión estática, contenido de humedad inicial y final, flujo de aire de secado, y la velocidad de secado.

El manejo adecuado de dichos parámetros permite determinar el equipamiento apropiado para las condiciones específicas de secado (Yuste, 2012).

- **Temperatura de secado**

Un aumento de dicha temperatura significa un menor consumo de energía por unidad de agua evaporada y una mayor tasa de secado. El agua se evapora más fácilmente a altas temperaturas: un incremento de 10 °C duplica la velocidad. Si la temperatura aumenta disminuye la humedad relativa (Jara, 1997).

- **Presión estática y flujo de aire**

La pérdida de carga de un flujo de aire a través de una capa de granos, conocida generalmente como resistencia al flujo de aire y denominada presión estática, influye en este flujo y, en consecuencia, en la tasa de secado. Para determinado tamaño de ventilador, cuanto menor sea el espesor de la capa de granos y menor la cantidad de impurezas en ella, mayor será el flujo de aire y también la tasa de secado.

Humedad inicial y final del producto

El contenido de humedad inicial también influye en la tasa de secado. Cuanto más elevado sea el contenido de humedad de un producto, mayor será la cantidad de agua evaporada por unidad de energía.

Una semilla deberá secarse hasta un contenido de humedad de 10 a 12 por ciento para que esta pueda ser viable (Ffolliott & Thames, 1983).

- **Flujo del producto dentro del secador**

La velocidad con que el material pasa por el secador, denominada con mayor frecuencia flujo de masa o tiempo de residencia del producto en el secador, puede influir en la tasa de secado, la eficiencia del proceso y la calidad final del producto. Si el flujo de masa aumenta, el producto final será, en general, de mejor calidad, el manejo adecuado de la velocidad del producto tiene importancia fundamental en el secado (Yuste, 2012).

- **Velocidad de secado**

La velocidad del secado es básicamente función de dos propiedades físicas del aire, la HR y el flujo de aire que pasa por las semillas (Teichert & Amaral, 2008).

### **Secado en horno convencional**

El método de secado más preciso para determinar el contenido de la humedad es el de secado en horno, en donde se elimina el agua que contienen las semillas por acción del calor, en condiciones que sean controladas (temperatura). (Rao, Hanson, Dulloo, & Ghosh, 2007)

### **Tecnología horno microondas**

El secado asistido por microondas (MWD) es un fenómeno resultante del calentamiento por microondas por medio de la vaporización de líquidos (Mujumdar, 2014). MWD es una técnica utilizada comúnmente para realizar procesos térmicos como es el secado de semillas, este método ha sido considerado más eficaz que el secado convencional puesto que podemos controlar una infinidad de factores que influyen en el secado. En un horno convencional, el material es calentado por una fuente de calor externa y el calor es transmitido desde el exterior hacia el interior, en el horno microondas existe una rápida polarización y despolarización (Rattanadecho & Makul, 2016).

La radiación microondas es el término utilizado para denominar a las radiaciones electromagnéticas no ionizantes que se producen en la porción del espectro electromagnético en la gama de frecuencias entre 300 MHz y 300 GHz, que corresponden a longitudes de onda entre un 1 m y un 1 mm (Osepchuk, 1984); (Ohlsson & Bengtsoon, 2001).

### **Potencial de transferencia de calor**

En los sistemas de secado con energía microondas, debido a la generación de calor interna, la transferencia de masa se debe principalmente al gradiente de presión total establecido, debido a la rápida generación de vapor dentro del material. La mayor parte de la humedad se vaporiza antes de salir de la muestra. Si el contenido inicial de humedad del producto a secar es muy alto y la presión dentro de él se eleva rápidamente, el líquido se puede eliminar de la muestra bajo la influencia de un gradiente de presión total.

Cuanto mayor sea la humedad inicial del producto a secar, mayor es la influencia del gradiente de presión en la eliminación de masa total. Por lo tanto, existe, una especie de acción de bombeo, que fuerza al líquido hacia la superficie, por lo general en forma de vapor. Esto origina un secado muy rápido, sin la necesidad de recalentar la atmósfera ni causar el endurecimiento u otros fenómenos de sobrecalentamiento en la superficie (Gunasekaran, 1990).

**Tabla 3.** Ventajas del calentamiento con energía microondas

<b>Ventajas</b>	<b>Debido a:</b>
<b>Mayor velocidad de calentamiento y menores tiempo de procesamiento</b>	Al calentamiento volumétrico y a la interacción directa del campo electromagnético interactúa con el material a calentar.
<b>Calentamiento uniforme del material</b>	Que, generalmente, el efecto del calentamiento volumétrico produce un calentamiento más uniforme, evitando los grandes gradientes de temperatura que se producen en sistemas de calentamiento convencionales.
<b>Mayor eficiencia energética</b>	Que la energía interactúa directamente sobre el material a calentar y que no hay que calentar el aire, el horno o ninguna otra parte. Además, no existe una fuente de energía a alta temperatura ni hay que enfriar una
<b>Mejor, más rápido, preciso y eficiente control del calentamiento</b>	Al carácter instantáneo del encendido y apagado del calentamiento y la capacidad para cambiar el grado de calentamiento mediante el control de la potencia de salida del generador.
<b>Menor requerimiento de espacio</b>	Que las velocidades de calentamiento son más altas

**Fuente:** ( Schiffmann, 2015); (Rattanadecho y Makul, 2016).

## 8.4 Almacenamiento

Las semillas secas al 12% de humedad y almacenadas en un ambiente con HR elevada tenderán a buscar naturalmente el equilibrio higroscópico con el aire, pudiendo aumentar su humedad. En el almacenamiento, la temperatura también tiene influencia directa, pues es notorio que, para aumentar la longevidad (período de vida útil de la semilla, incluyendo el período de almacenamiento), la temperatura (del ambiente y de las semillas), cuanto la humedad (de las semillas y del aire) deben ser reducidas (Navarro, 2003).

La excesiva humedad durante el almacenamiento acelera el metabolismo de las semillas, contribuyendo al aumento de la velocidad del proceso de deterioro, además de generar condiciones más favorables para el desarrollo de patógenos. Por otro lado, el agua es necesaria para mantener la semilla viva. No se puede retirar toda el agua de una semilla. Ella es necesaria, pero si no está presente en la cantidad adecuada, puede ser perjudicial (Meneghello, 2014).

**Tabla 4.** Contenido de humedad recomendado para un almacenamiento de larga duración de los diversos tipos de granos en regiones cálidas.

<b>GRANOS</b>	<b>HUMEDAD (Max)</b>	<b>GRANOS</b>	<b>HUMEDAD</b>
<b>Arroz cáscara</b>	14,0%	Girasol	9,0%
<b>Arroz descascarado</b>	13,0 %	Trigo	13 ,0 %
<b>Maíz</b>	13,0%	Mijo	16,0%
<b>Sorgo</b>	12,5 %	Café	13.0%
<b>Frijoles</b>	15,0 %	Cacao	7,0 %
<b>Maní</b>	7,0%	Copra	7,0%

Fuente: (FAO, 1993)

## **9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.**

¿Es posible reducir el tiempo de secado usando la tecnología microondas?

¿Pueden cambiar la calidad de la semilla que asegura la viabilidad tras aplicar los tres métodos de secado en el horno microondas, horno con controlador de temperatura o convencional?

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:**

### **10.1 Modalidad básica de investigación**

#### **10.1.1. Experimental**

Es experimental porque se evaluó la eficiencia de secado de las semillas en dos métodos de secado artificial comparadas con el secado tradicional, y se investigó su viabilidad y calidad en campo.

#### **10.1.2 Bibliográfica Documental**

Se realizó la revisión de material bibliográfico y documental como base y guía para el marco teórico y para la comparación de investigaciones anteriores.

#### **10.1.3 De laboratorio**

Se realizó el secado de semillas en el horno microondas y convencional para la obtención de datos para las curvas de secado.

#### **10.1.4 De Campo**

La investigación es de campo, pues las semillas secadas en los tres métodos fueron sembradas en el campo en un diseño de bloques completamente al azar.

### **10.2 Tipo de Investigación**

#### **10.2.1 Descriptiva.**

La investigación es descriptiva porque se detalló los sucesos durante el proceso de secado mediante los tres métodos de secado.



### **10.2.2 Cuantitativa**

Es cuantitativo, obtuvimos datos numéricos al pesar las semillas cada intervalo de tiempo durante el proceso de secado y al medir la pérdida de humedad de semillas secadas y tuvimos resultados de porcentajes de germinación en el campo.

## **10.3 Manejo específico del experimento.**

### **10.3.1. Obtención de la semilla**

Se consiguió la semilla en mazorca (40 kg), para realizar el proceso de desgranado y proceder al secado con una humedad inicial del 20%.

### **10.3.2. Curvas de secado**

Para obtener las curvas de secado se pesaron 100gr de semilla. Después se procedió a secar en los distintos métodos, se pesaron las semillas cada cierto tiempo y se registró en una tabla de Excel (Anexo 3), hasta que el peso de semilla no varió, lo que indica la pérdida de humedad por evaporación. Con las curvas de secado se estableció la humedad inicial y la pérdida de humedad en el proceso. Se utilizó, a su vez un higrómetro (marca AgraTronix MT-16 Grain Moisture tester) como un método complementario de medición de humedad. Posteriormente se realizaron los gráficos de las curvas de secado. Para el horno microondas, convencional y al sol se efectuaron 3 repeticiones, para el horno con controlador de temperatura se realizaron 2 repeticiones debido al poco material que se pudo conseguir y la demora en su llegada al país, para realizar los experimentos.

#### **a) Método de secado con el horno microondas.**

Se secaron las semillas a 3 potencias distintas 70, 140 y 210 W, se registró el peso cada 1min, 2min y 0,30 seg respectivamente para cada potencia.

#### **b) Método de secado con el horno microondas a una temperatura controlada.**

Para este horno se analizaron 3 temperaturas 35, 55 y 75°C, se registró la pérdida de peso cada 1hora, 30 y 15min.

**c) Método de secado con el horno convencional.**

En este método se evaluó el secado de las semillas a una temperatura de 55°C mediante el suministro de aire caliente, se registró el peso cada 15min.

**d) Secado en el método tradicional (sol)**

Se aplicó este método tradicional, exponiendo 300 gr de semillas al sol sin control de temperatura, ambiente y patógenos, sirviendo como testigo y tomando datos de peso cada 12 horas hasta que le peso no varió.

### **10.3.3 Eficiencia energética**

El experimento del secado en el horno se realizó en una estufa marca INDUCCELL modelo LSIS-B2V/IC 55, serie D 141022, con una potencia de salida de 330W.

Para el secado en horno microondas se utilizó un microondas modelo JES710WK (General electric. Co.) con una potencia de salida de 700 W. Para el experimento se analizaron 70,140 y 210W, respectivamente.

Se utilizó un horno marca Lacor, modelo 69330 de 900 W de potencia de salida al que se diseñó un controlador de temperatura. En este caso se midieron a 35° (con una potencia media de 133.96), a 55° (con una potencia media de 143,11) y a 75° con una potencia media de 176,86 W)

Para el cálculo de eficiencia energética se aplicó la formula  $P*t$  (potencia \* tiempo de secado)

### **10.3.4 Viabilidad de las semillas.**

Se obtuvieron las semillas secadas hasta una humedad del 12%, que según la bibliografía es el porcentaje óptimo para el almacenamiento a corto plazo (Ffolliott & Thames, 1983) (Meneghello, 2014).

Para el cálculo del tiempo necesario para alcanzar esa humedad nos basamos en los datos obtenidos con las curvas de secado.

Después se colocaron en fundas termo resistentes y se almacenaron en la refrigeradora para poder conservar la humedad.

Para determinar la viabilidad de las semillas se hizo un ensayo de germinación en cajas Petri. Se colocaron sobre un papel filtro humedecido con agua destilada, 20 semillas y 7 repeticiones para cada uno de los tratamientos secados en el horno microondas, convencional y al sol (total de 140 semillas por tratamiento), para el horno con controlador de temperatura se realizaron 5 repeticiones (total 100 semillas por tratamientos), luego se incubaron a una temperatura de 25°C. Para determinar resultados se tomaron en cuenta la emergencia de la radícula y como resultados finales se obtuvieron tiempo y porcentaje de germinación.

#### **10.3.5 Supervivencia en el campo.**

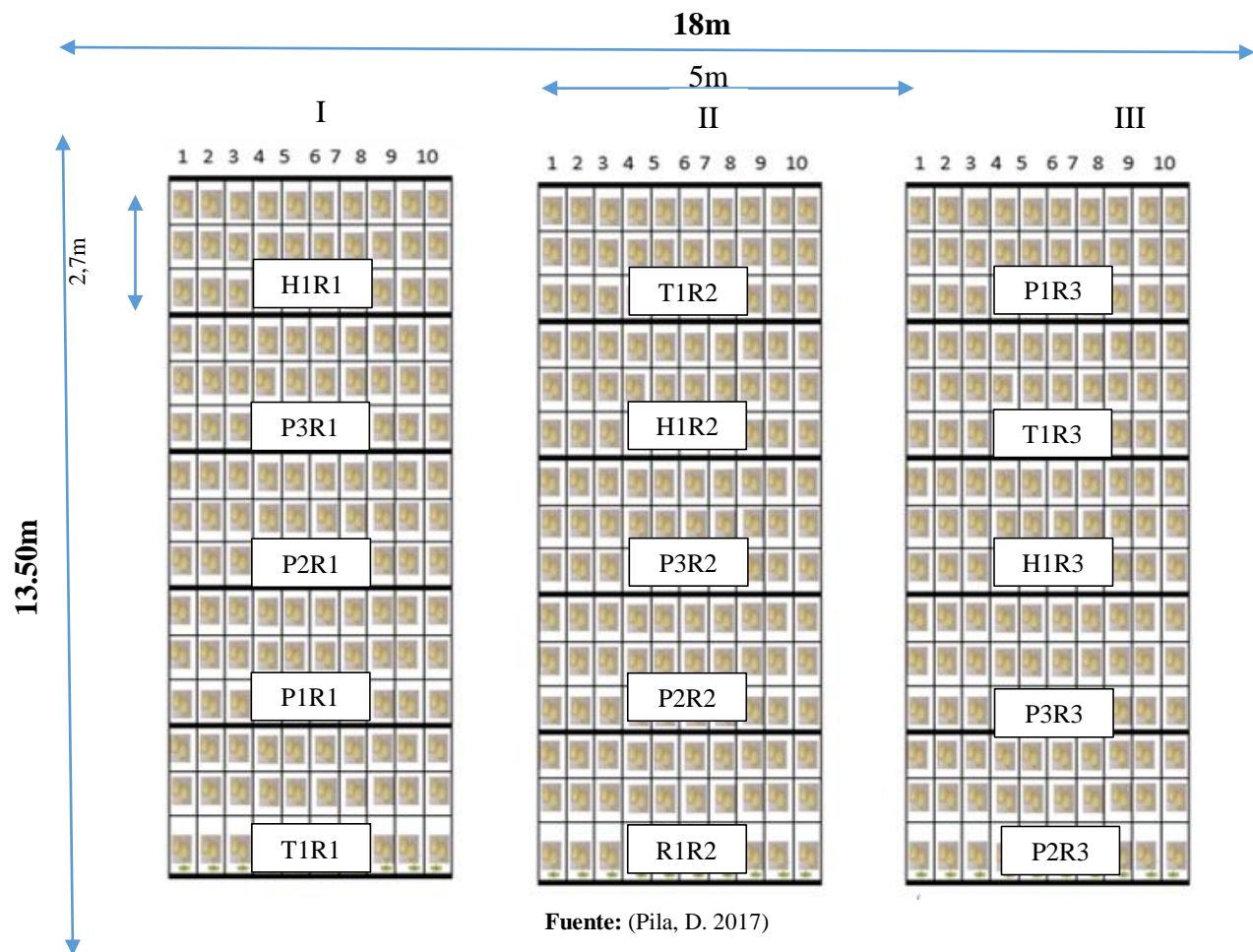
Para evaluar la supervivencia se utilizaron las semillas restantes secadas a una humedad del 12% del ensayo anterior, estas fueron sembradas de forma directa en el campo en un diseño de bloques completamente al azar a una distancia de 0,80cm entre surco y 0,50cm entre sitio colocando 1 semilla por sitio (Suquilanda, 1995), (INIAP, s.f.), (Deras, 2014), (Basantes, 2015). Por cada tratamiento se sembró 3 surcos colocando 10 semillas por surco en total en el tratamiento se sembró 30 semillas. Se realizó la toma de datos al mes para lo cual se contaron las plantas que sobrevivieron y se midió la altura y el número de hojas.

Para los tratamientos realizados en el horno con controlador de temperatura no se pudo realizar la supervivencia en el campo por inconvenientes logísticos, el ensayo en campo duraba un mes y el horno llegó 15 días después, razón por la cual solo se realizaron los ensayos de curvas de secado y viabilidad de las semillas.

#### 10.4.- Diseño experimental

Para el análisis de las variables en estudio se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos un testigo y tres repeticiones.

**Gráfico 4.** Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)



**Tabla 5.** Simbología de tratamientos

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>P1R1</b>	Potencia 70W Repetición1
<b>P1R2</b>	Potencia 70W Repetición2
<b>P1R3</b>	Potencia 70W Repetición3
<b>P2R1</b>	Potencia 140W Repetición1
<b>P2R2</b>	Potencia 140W Repetición2
<b>P2R3</b>	Potencia 140W Repetición3
<b>P3R1</b>	Potencia 210W Repetición1
<b>P3R2</b>	Potencia 210W Repetición2
<b>P3R3</b>	Potencia 210W Repetición3
<b>H1R1</b>	Horno convencional 55 °C Repetición1
<b>H1R2</b>	Horno convencional 55 °C Repetición2
<b>H1R3</b>	Horno convencional 55 °C Repetición3
<b>T1R1</b>	Testigo (sol) Repetición1
<b>T1R2</b>	Testigo (sol) Repetición2
<b>T1R3</b>	Testigo (sol) Repetición3

Fuente: (Pila, D. 2017)

**Tabla 6.** La unidad experimental para evaluar la supervivencia en campo

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Área total del ensayo</b>	243m <sup>2</sup>
<b>Número total de semilla</b>	900semillas
<b>Distancia entra planta</b>	0.50m
<b>Distancia entre hileras</b>	0.80m
<b>Distancia entre repeticiones</b>	1.5m

Fuente: (Pila, D. 2017)

## **11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:**

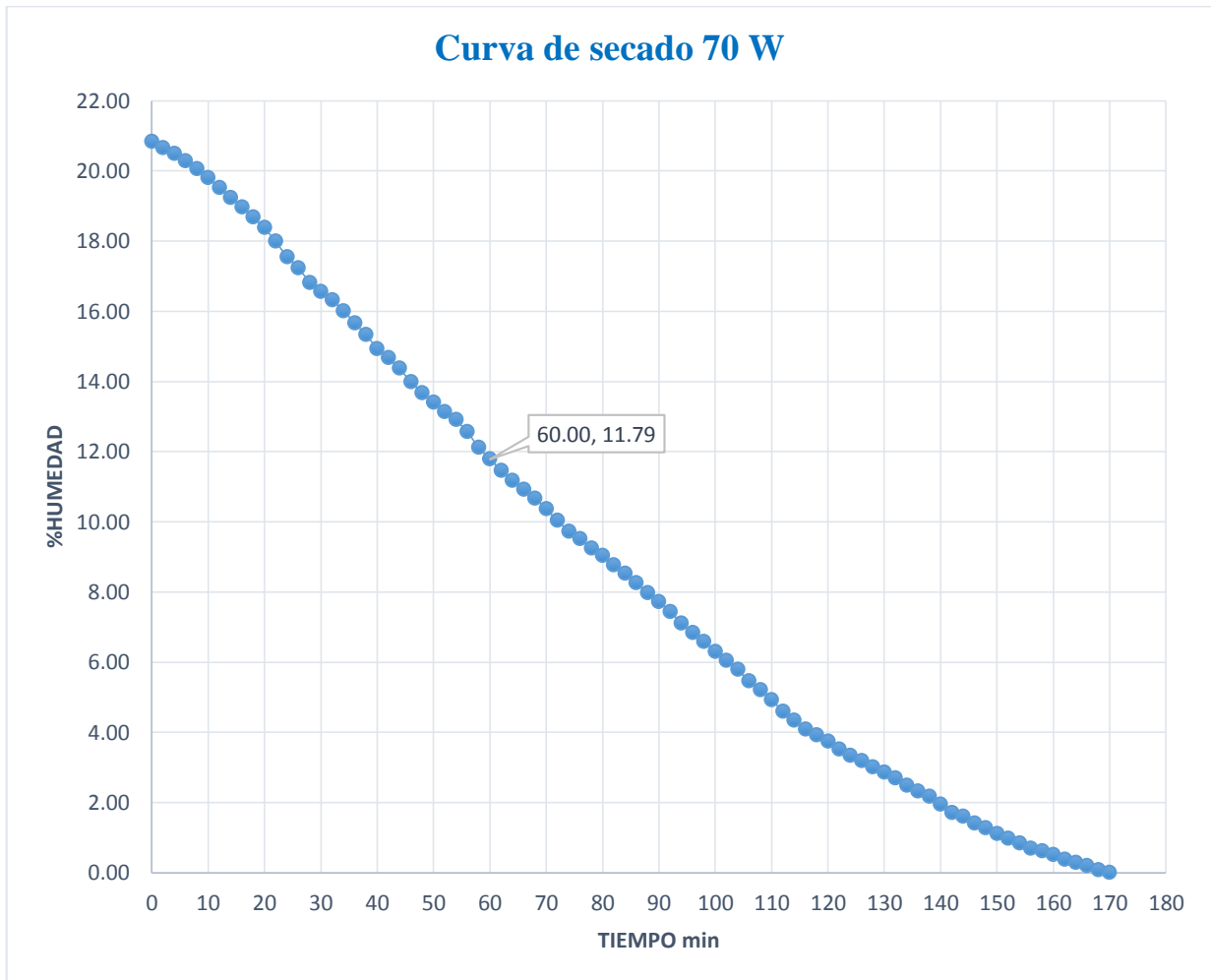
### **1. Obtención de las curvas de secado**

#### **1.1 Secado en el horno microondas**

Se realizaron tres repeticiones por cada potencia con 100gr de semilla, de estas se realizaron un promedio general de los ensayos.

Cada curva fue representada con la pérdida de humedad (eje Y) frente al tiempo (minutos), eje X.

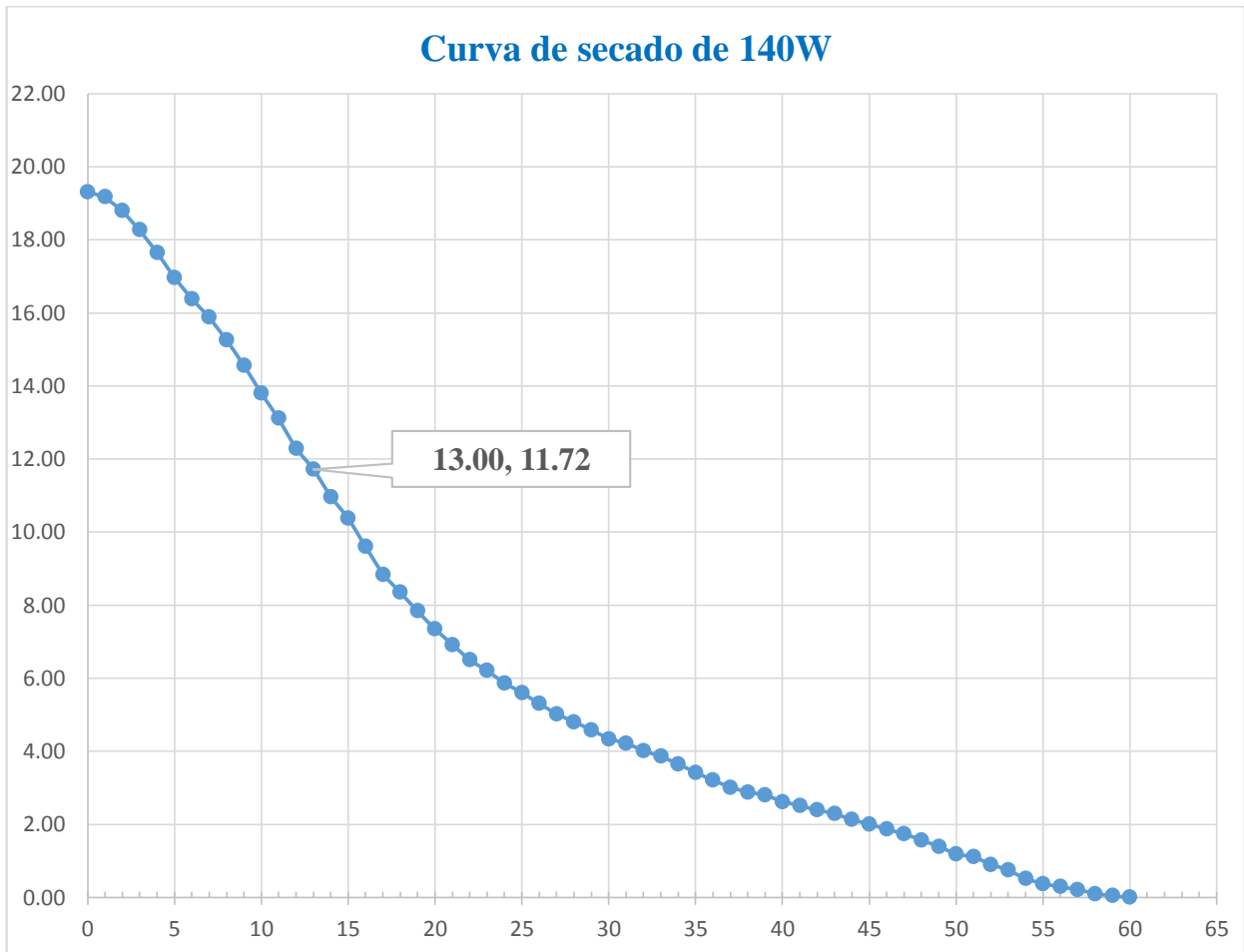
En la curva se ha elegido el porcentaje que más se aproxime al 12%, porcentaje óptimo de humedad para que la semilla no pierda su viabilidad, pues no podemos obtener un porcentaje exacto.

**Gráfico 5.** Secado con horno microondas 70W

**Fuente:** (Pila, D. 2017)

En el gráfico 5, se puede observar que para obtener la semilla de maíz secada en su totalidad se necesitaron 170min. Para tener una humedad del 12 % se necesitaron 30 minutos, se secaron con intervalos de tiempo de 2 min.

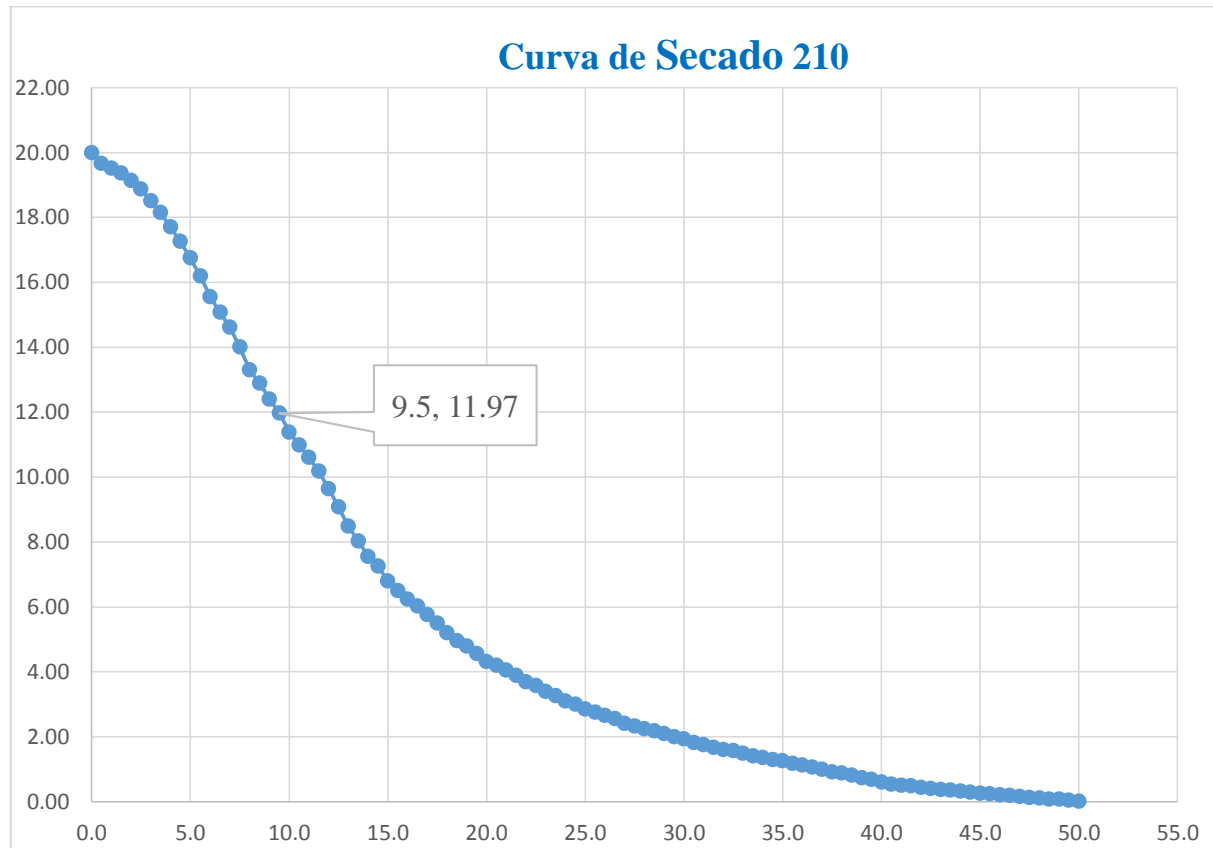
**Gráfico 6.** Secado con horno microondas 140W



**Fuente:** (Pila, D. 2017)

En el gráfico 6 se observa que para la potencia de 140W la semilla necesita 60 min para perder toda su humedad, y 13 minutos para obtener una semilla seca a un 12% aproximadamente, el tiempo de secado que se realizó para esta potencia fueron intervalos de tiempo de 1min.



**Gráfico 7.** Secado con horno microondas 210W

**Fuente:** (Pila, D. 2017)

En el gráfico 7 se observa que la semilla necesita 50 min para perder su humedad total, y para obtener semillas secas a un 12% se necesitan 9 minutos y 30 segundos, con intervalos de 30seg. se utilizó este tiempo porque en el horno microondas a medida que aumentamos la potencia el secado es más rápido y se observa mayor daño en las semillas.

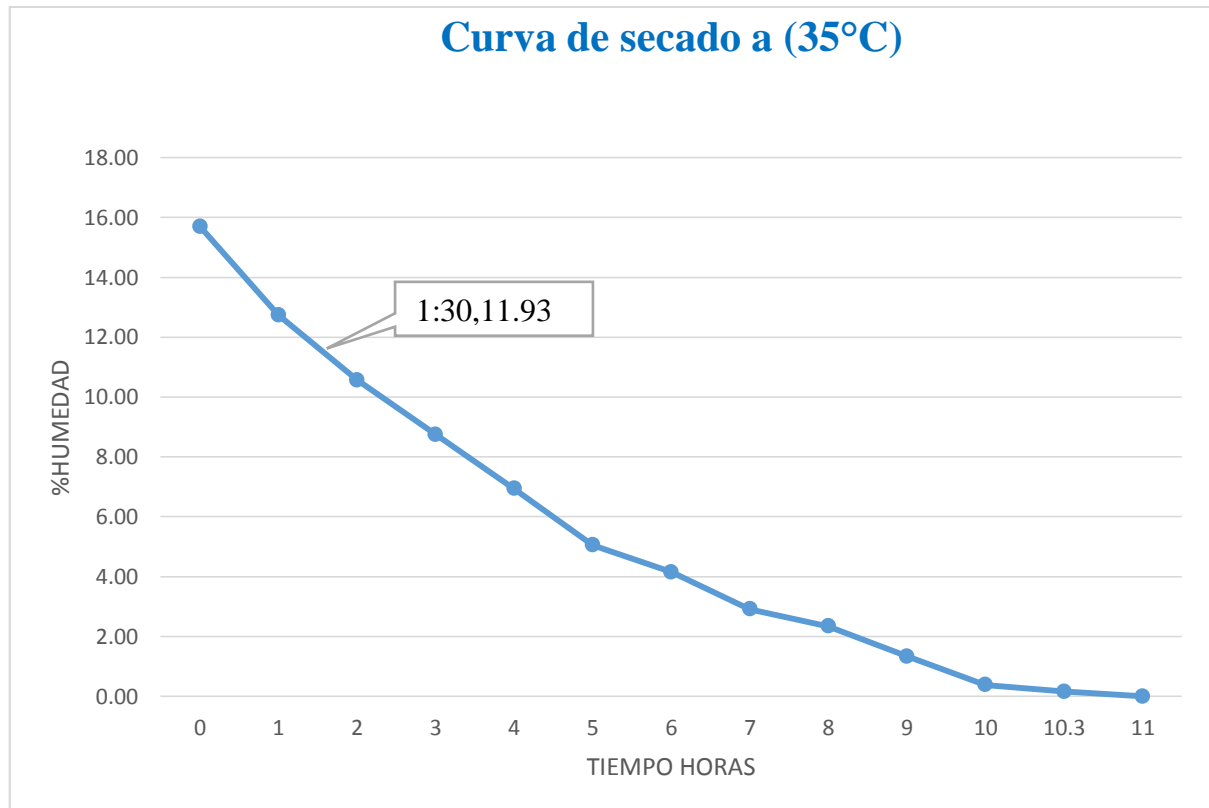
En los gráficos 5,6 y 7 podemos observar que al aumentar de potencia se incrementa la velocidad disminuyendo el tiempo de secado.

Los resultados obtenidos coinciden con las investigaciones de Gürsoy, Choudhary, & Watson, (2013), en el cual indica que el aumento de la velocidad de secado a niveles de potencia más altos (P3, 245 W) redujo considerablemente el tiempo de secado, pero aumentó el índice de agrietamiento por estrés y redujo la germinación.

## 1.2 Secado en el horno microondas con controlador de temperatura.

Se realizaron 2 repeticiones debido al poco material que se consiguió, de las cuales se realizó un promedio general para poder analizar.

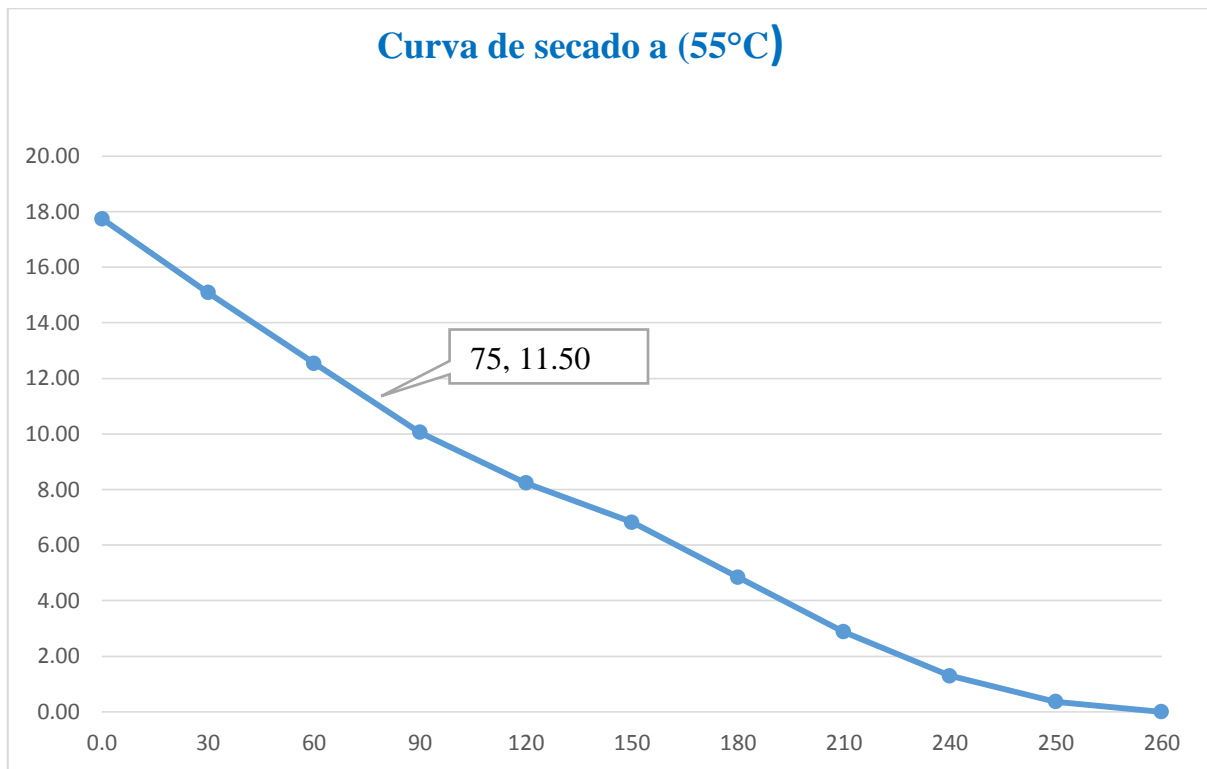
**Gráfico 8** Secado con horno microondas con controlador de temperatura a 35°C



**Fuente:** (Hinojosa & Tigasi, 2017)

En el gráfico 8 podemos observar que al utilizar un horno microondas con temperatura controlada a una temperatura de 35°C, necesitamos 11 horas para que pierda toda su humedad y 1 hora con 30 minutos para obtener semillas a un 12% de humedad. La toma de datos se realizó cada hora y los dos últimos datos cada 30 minutos.

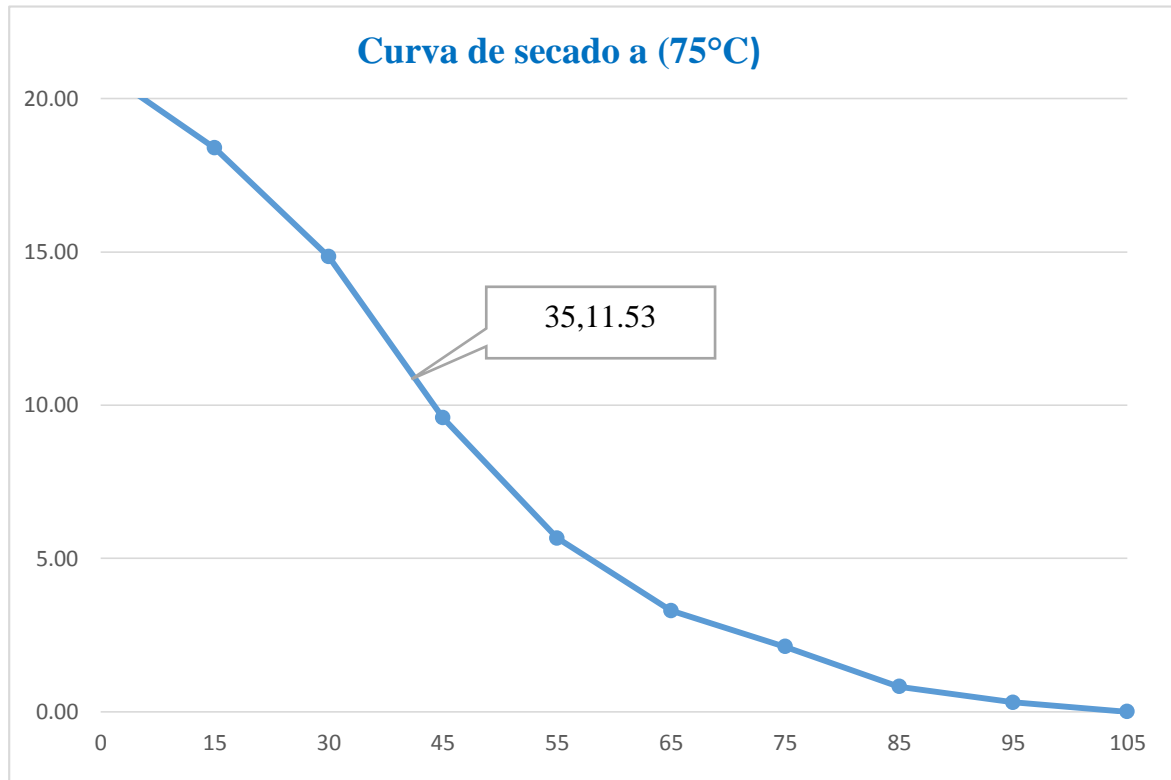
**Gráfico 9.** Secado con horno microondas con controlador de temperatura a 55°C



**Fuente:** (Hinojosa & Tigasi, 2017)

El grafico 9 permite determinar que a una temperatura de 55°C necesitamos 260min (4horas y 20min) para que la semilla pierda toda su humedad y 75min (1hora y 15min) para obtener un 12% de humedad. Los datos se registraron cada 30min, los dos últimos datos se tomaron cada 15min.

**Gráfico 10.** Secado con horno microondas con controlador de temperatura a 75°C

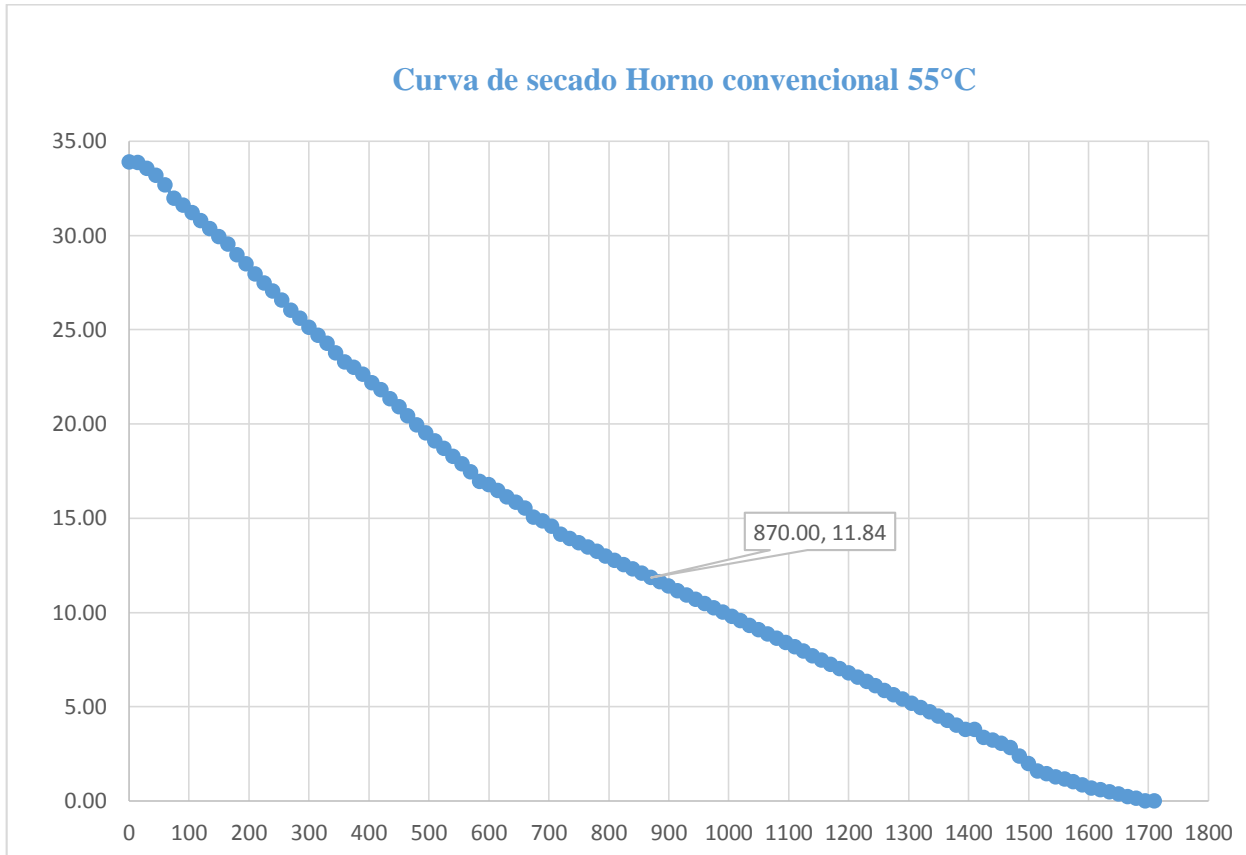


En el gráfico 10 se observa que a una temperatura de 75°C se necesitan 105min para que la semilla pierda su humedad por completo y para obtener un 12% se necesitan de 35min. Los datos se registraron cada 15 minutos.

En los gráficos 8,9 y 10 se puede determinar que los tratamientos en los cuales se usó el horno con controlador de temperatura a una temperatura de 75°C acelera el tiempo de secado.

### 1.3.-Secado en el horno convencional

**Gráfico 11.** Secado con horno convencional a 55°C



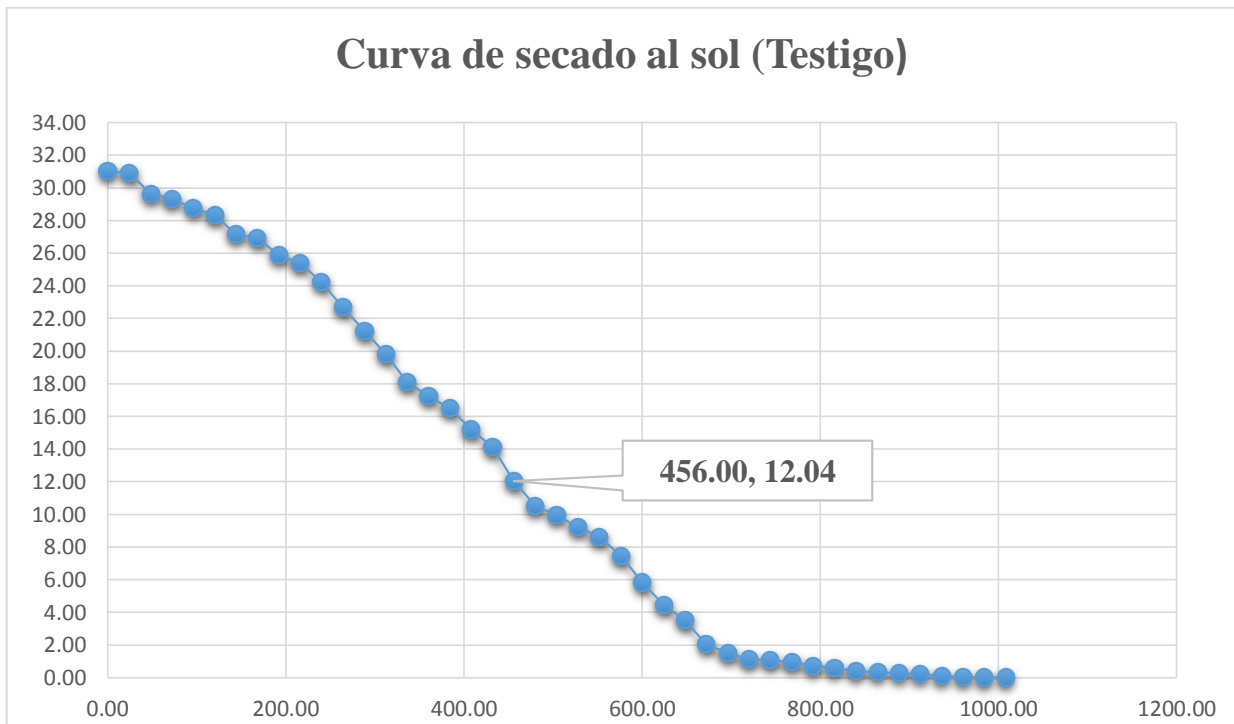
Fuente: (Pila, D. 2017)

En el gráfico 11 se puede determinar que se necesitan 870min (14horas con 30min) para obtener semillas secadas a un 12% aproximadamente. Y para que pierda su humedad total se necesitaron 1710 min (28horas y 30min), los datos de pérdida de peso fueron tomados cada 15 minutos debido a que su peso no variaba a intervalos más cortos. El tiempo de secado es mayor al del horno convencional, pero con este método se obtuvieron semillas secadas de mejor aspecto visiblemente que con las del microondas y sin ningún daño fisiológico incluso hasta perder toda su humedad.

### 1.4 Secado en el sol

Se secaron semillas de maíz al aire libre, como lo hacen comúnmente los agricultores.

**Gráfico 12. Secado al sol**



**Fuente:** (Pila, D. 2017)

En el gráfico 12 se puede observar que se necesitaron de 456 horas (19 días) y para perder su humedad total se necesitaron 1008 horas (42 días). Los datos de pérdida de peso fueron tomados cada día, considerando que el tiempo de secado con este método es muy lento.

**Tabla 7.** Tiempo de secado de los tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo (horas/min) humedad 0%</b>	<b>Tiempo (horas/min/seg) humedad 12%</b>
<b>Horno microondas 70W</b>	2horas 50min	60min
<b>Horno microondas 140W</b>	60min	13min
<b>Horno microondas 210W</b>	50min	9min y 30seg
<b>Horno con controlador de temperatura.35°C</b>	11horas	1hora y 30min
<b>Horno con controlador de temperatura.55°C</b>	4horas 20min	1hora 15min
<b>Horno con controlador de temperatura.75°C</b>	1horas 45min	35min
<b>Horno convencional 55°C</b>	28horas 30min	14horas 30min
<b>Secado al sol</b>	42días	19días

Fuente: (Pila, D. 2017)

En la tabla 7 podemos observar un resumen general del tiempo de secado de los tratamientos, determinando que para obtener las semillas secas hasta un 12% de humedad el tratamiento más eficaz es el horno microondas con una potencia de 210W pues se necesitó tan solo 9 min y 30seg, con comparación del secado al sol que se necesitó 456 horas (19 días) para el secado.

El tiempo de secado en el horno microondas a 55°C fue de 1 hora y 30 minutos frente al secado en el horno convencional que fue de 14 horas y 30 minutos a las misma temperatura, confirmando en investigaciones anteriores que la alta velocidad a la que se puede realizar este proceso constituye una de las ventajas del calentamiento con energía microondas y, debido a ello, es posible lograr en segundos, minutos o horas lo que podría tardar minutos, horas o días, con los métodos de calentamiento convencional (Moreno, Hernández, & Ballesteros, 2017)

El tiempo para que las semillas puedan ser secadas depende no sólo de la energía o temperatura empleada sino también en el contenido de humedad inicial. Mayor contenido de humedad inicial, requieren un mayor tiempo de exposición, que es una cuestión importante (Manickavasagan & Jayas, 2007)

## 2. Cálculo del consumo energético

**Tabla 8.** Consumo energético

TRATAMIENTOS	TIEMPO (MIN) HUMEDAD 12%	CONSUMO ENERGÉTICO (W/MIN)
HW 70W	60	4200
HW 140W	13	1820
HW 210W	9.3	1953
Horno con controlador de temperatura 35°C	90	12056.4
Horno con controlador de temperatura 55°C	75	10733.25
Horno con controlador de temperatura 75°C	35	6190.10
Horno convencional 55°C	870	287100

Fuente: (Pila, D. 2017)

El cálculo de consumo energético se realizó multiplicando el tiempo de secado para alcanzar el 12% de humedad por la potencia utilizada.

El tratamiento con menor consumo de energía fue el horno microondas (HW) con la potencia 140W/min y el que obtuvo mayor consumo energético fue el horno convencional con 287100 W/min.

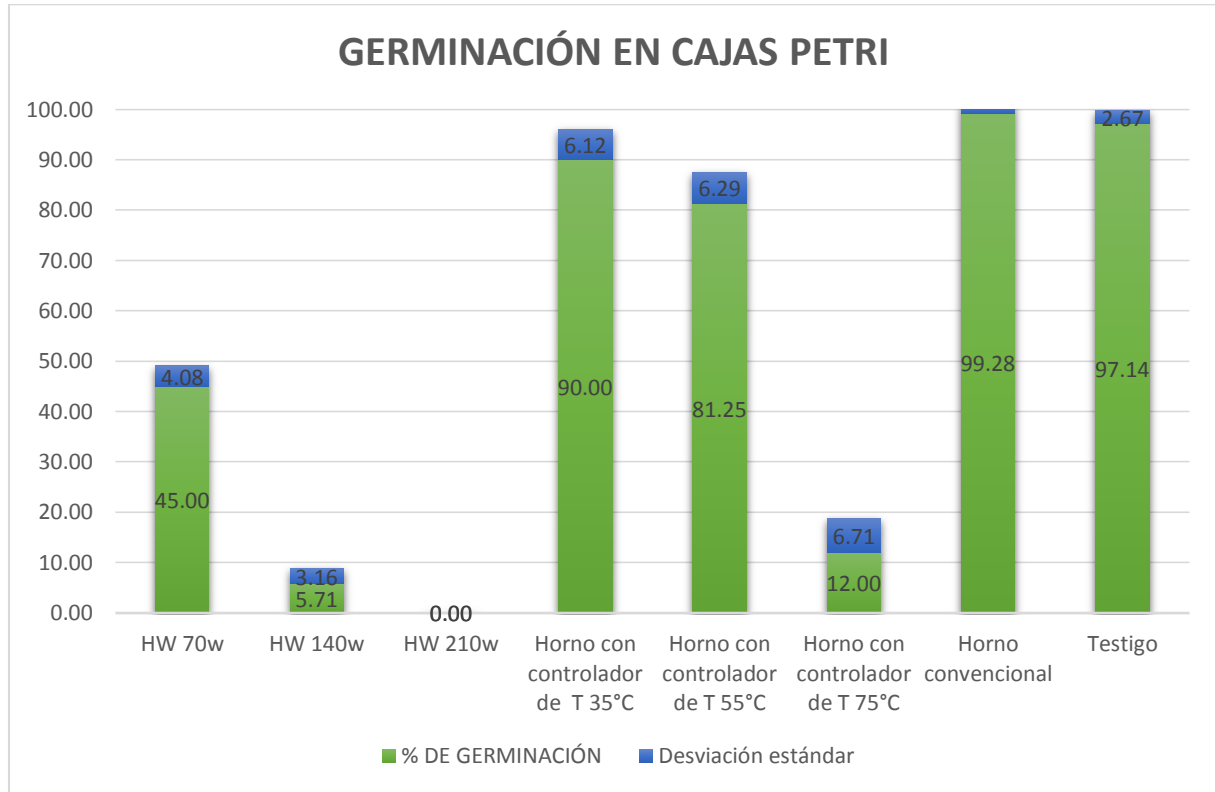


### 3. Viabilidad de las semillas

#### 3.1. Germinación en cajas petri

Se realizaron 7 repeticiones por cada tratamiento con 20 semillas en cada caja Petri con papel absorbente humedecido con agua destilada, las cajas Petri fueron colocadas en un lugar con una temperatura de 25°C.

**Gráfico 13.** Valores de la tasa de germinación



**Fuente:** (Pila, D. 2017)

En el gráfico 13 se puede observar que los tratamientos que mayor germinación obtuvieron fueron del horno convencional, el horno microondas con controlador de temperatura y el testigo, las semillas secadas con el método del microondas sin control de temperatura tuvieron porcentajes muy bajos de germinación determinándose no viables.

Esto coinciden con estudios anteriores, pues se ha demostrado que la tasa de germinación y la calidad del producto final disminuyen con un nivel de potencia superior o largo tiempo de exposición a la radiación de microondas (Warchalewski & Gralik, 2011). Las altas velocidades de calentamiento pueden afectar a la calidad del producto seco final.

Los ensayos realizados en horno microondas ponen de manifiesto la posibilidad de superar estas desventajas usando bajas potencias o controlando la temperatura de secado (Moreno, Hernández, & Ballesteros, 2017)

En otras investigaciones se confirman que la tasa de germinación del maíz fue la más alta al nivel de potencia MW P1 (70 W), con la tasa de secado más baja y se observó que disminuyó con el aumento del contenido de humedad inicial. La reducción en el tiempo de exposición disminuyó el índice de agrietamiento por estrés y aumentó la tasa de germinación, densidad aparente y densidad verdadera. (Gürsoy, Choudhary, & Watson, 2013)

El tiempo en que las semillas empezaron a germinar fue de 2 días para el testigo, 4 días para el horno convencional, horno microondas y para el horno con controlador de temperatura.

#### 4. Supervivencia en campo

**Tabla 9** Datos registrados en campo

TRATAMIENTOS	N° DE PLANTAS	% DE SUPERVIVENCIA	ALTURA PROMEDIO (CM)	N° DE HOJAS
Horno microondas 70w	13.33	44	9.19	4
Horno microondas 140w	0	0	0	0
Horno microondas 210w	0	0	0	0
Horno convencional 55 °C	30.00	100	11.61	4
Testigo	28.67	96	10.5	4

Fuente: (Pila, D. 2017)

Las semillas que fueron secadas en el horno convencional fueron las que sobrevivieron mejor en el campo, con un 100% y una altura promedio de planta de 11.61 cm, seguido del testigo con un 96% y una altura de 10.50cm, las semillas secadas en el horno microondas tuvieron un 0% de supervivencia a excepción de la potencia 70W que obtuvo un 44% de supervivencia con un 9.19cm, todas las plantas de los tratamientos tuvieron 4 hojas al mes de ser sembradas.

**12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):**

El proyecto “Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de maíz (*Zea mays, L*), tras diferentes métodos de secado” favorecerá a los agricultores, pues estaremos tecnificado su método de secado de maíz, disminuyendo el tiempo y pérdidas mejorando la producción de los agricultores, adelantando así su etapa de siembra e introduciéndose más rápido en el mercado ofertando su producto a un precio elevado por la alta demanda en el mercado.

Al secar las semillas en hornos estamos evitando que la semilla contraiga plagas o enfermedades que afecten su calidad, salvaguardando la seguridad alimentaria de la Provincia.

La tecnificación del proceso de secado puede ser llegar a ser costoso para el agricultor, pero muy beneficioso para incrementar su producción.

### 13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

**Tabla 10.** Presupuesto

	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>1. EQUIPOS</b>			
*Horno convencional	1	1500	1500
*Horno microondas	1	800	800
*Horno microondas con controlador de temperatura	1	2500	2500
*Balanza	1	300	300
Computadora	1	400	400
<b>Subtotal</b>			<b>5500</b>
<b>2.MATERIALES</b>			
Maíz (qq)	2	20	40
Recipientes de vidrio	6	1	6
Agua destilada( l )	2	4	8
Cajas petri	50	0.35	17.5
Rollo de papel absorbente	2	3	6
Flexómetro	1	14	14
Estacas	36	0.6	21.6
Piola (rollo)	2	2.5	5
Clavos(oz)	2	0.75	1.5
Carpetas	1	1.1	1.1
Cartulinas	16	0.05	0.8
Láminas para emplastar	16	0.25	4
Cuaderno de campo	1	1	1
Esferos	2	0.3	0.6
<b>Subtotal</b>			<b>127.1</b>
<b>2.SERVICIOS</b>			
Internet, copias, anillados		80	80
Transporte		30	30
<b>Subtotal</b>			<b>110</b>
<b>SUBTOTAL</b>			<b>5737.1</b>
<b>4.IMPREVISTOS</b>		100	<b>100</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>5837.1</b>

\*Los hornos y la balanza fueron facilitados por la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Fuente: (Pila, D. 2017)

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Las semillas reaccionaron de diferente manera a los tratamientos, esto se puede observar en cada una de las curvas de secado. La tecnología del horno microondas, con y sin controlador de temperatura disminuye en un 90% el tiempo de secado y el consumo de energía es menor, comparadas con el horno convencional y el secado tradicional al sol. El tratamiento con el tiempo de secado más corto fue el de la potencia de 210W con 9 min y 30seg para alcanzar una humedad de 12%.

La viabilidad de las semillas secadas en el horno microondas a una potencia de 70W ,140W y 210W fueron muy bajas con un porcentaje de germinación del 45%, 5.71% y el 0% respectivamente, al contrario que en el horno convencional a una temperatura del 55°C se obtuvo un 99.28%, esto se debe a que en el HW no podemos controlar la temperatura, y a medida que aumentamos la potencia se incrementa la temperatura afectando internamente a la semilla y a su capacidad de germinación. En el caso del horno microondas con controlador de temperatura se tuvo una germinación del 90, 81.25 y 12% a temperaturas de 35,55 y 55°C respectivamente, concluyendo que el secado en este método también es viable al utilizar las 2 primeras temperaturas mencionadas.

Los datos registrados en campo reflejan que no existió supervivencia para las semillas secadas en el horno microondas excepto para la potencia de 70W que alcanzo un porcentaje mínimo del 44%, al contrario del horno convencional y del método tradicional que alcanzó más de un 96% de supervivencia en campo, cabe mencionar que existió una diferencia mínima en la altura de planta y un número promedio de 4 hojas para todos los tratamientos.

De los datos obtenidos en el presente trabajo se puede observar que la tecnología microondas es una alternativa interesante para el secado de semillas puesto que reduce el tiempo de secado, disminuye el consumo energético, pero disminuye la viabilidad de las mismas. Sin embargo, de los datos también se observa que para que esta técnica sea efectiva requiere de un controlador de temperatura puesto que, al aplicar potencias sin controlador, se producen picos de temperatura que disminuyen la viabilidad de las semillas.

## RECOMENDACIONES

Realizar un análisis físico químico de las semillas secadas de los diferentes tratamientos, con la finalidad de comprobar si los métodos utilizados han afectado internamente a las semillas.

Efectuar ensayos con las mismas potencias, pero con intervalos de tiempo más bajo, para evitar que las radiaciones del HW afecte a la semilla.

Utilizar las semillas con una humedad uniforme para todos los ensayos, para esto se recomienda realizar todas las pruebas de secado con sus respectivas repeticiones de manera continua para obtener las curvas de secadas con un mínimo error, para realizar los ensayos de viabilidad y germinación se debe secar las semillas a la humedad deseada inmediatamente, pues la semilla por naturaleza pierde humedad lo cual puede afectar los resultados.

Realizar más investigaciones sobre el secado de semillas con horno microondas con controlador de temperatura en un rango de 35-55°C, que es donde se observó el mejor comportamiento a nivel de viabilidad, eficiencia energética y disminución de los tiempos de secado.

Al realizar las pruebas de germinación se debe utilizar materiales esterilizados y niveles altos de asepsia posible para evitar contaminación.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. F., Pacheco, R. A., Pérez, A. P., & Mayor, Z. F. (2009). Conservación de semillas por métodos artesanales (Primera ed.). (E. Martínez, Ed.) Cuba: Serie Agricultura Suburbana. Recuperado el 10 de noviembre de 2016, de
- [http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com\\_mtree&task=att\\_download&link\\_id=468&cf\\_id=24](http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=468&cf_id=24)
- Albarello, J., Silva, M. T., & Frei, S. (2010). *Almacenar y distribuir semillas criollas como instrumento de acumulo de fuerzas del campesinato*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2016, de
- <https://viacampesina.net/downloads/PDF/Casa%20de%20semillas%20criollas.pdf>
- Almada, M., Cañizares, M. S., Machaín, M., & Pulfer, J. C. (2005). *Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Asunción.
- Antoninho, V., Queiroz, D. M., & Marques, J. (1991). *Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas*. Santiago de Chile: FAO. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de
- <http://www.fao.org/docrep/x5058s/x5058S00.htm>
- Bakker, F., Maier, D., & Schisler, I. (1987). Drying rates and drying capacities of different seed grains. *Drying Technology*, 5 (4), 13.
- Bartosik, R. (2013). *Secado y calidad de maíz*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2016, de SEDICI:
- [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47595/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47595/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Basantes, E. (2015). *Manejo de Cultivos Andinos en el Ecuador*. Quito: ESPE.
- Bascra. (1998). seed quality; basic mechanisms and agricultural implications. *Seed Science Research*, 8, 303-305.
- Cardozo, C., López, Y., & Guevara, C. (2002). Estudio de deterioro de semilla en condiciones controladas de conservación. *Acta Agronómica*, 56(2), 89-101. Obtenido de Palmira:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28122007000200002&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122007000200002&lng=en&tlng=en)

Carnero, S. (2012). *Calidad Intrínseca de los Granos en la Poscosecha*. Argentina: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado el 08 de Enero de 2017, de

[http://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/calidad\\_intrinseca\\_granos.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/tesis/calidad_intrinseca_granos.pdf)

Casini, C. (29 de Mayo de 2009). *Proyecto de eficiencia de Cosecha y Poscosecha*.

Dávila, S., Peske, S., & Aguirre, R. (1988). *Beneficio de las semillas*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Deras, H. (2014). *Guía Técnica el cultivo del maíz*. El Salvador: CENTA.

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas :su producción , conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85. Obtenido de

<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>

ESPAC. (2010). *Reporte estadístico del Sector Agropecuario*. Recuperado el 10 de Febrero de 2017, de

[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac\\_2010.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf)

ESPAC. (2015). *Encuesta de Superficie y Producción*. Recuperado el 10 de Febrero de 2017, de

[http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2014-2015/2015/2015/Presentacion%20de%20resultados%20ESPAC\\_2015.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014-2015/2015/2015/Presentacion%20de%20resultados%20ESPAC_2015.pdf)

FAO. (1982). *Plant Production and protection paper*. Roma.

FAO.(1993).Obtenido de Almacenamiento de semillas:

<http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S04.htm#Almacenamiento>

FAO. (1993). *El maíz en la nutrición humana*. Roma.

FAO.(2011).*Semillas en emergencia*. Roma: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/015/i1816s/i1816s00.pdf>



- FAO.(2014).*FAOSTAT*. Recuperado el 10 de Febrero de 2017, de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Ffolliott, P., & Thames, J. (1983). *FAO*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2016, de Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de Prosopis en América Latina: <http://www.fao.org/docrep/006/Q2180S/Q2180S11.htm#ch9>
- Fonseca, S., Bergues, C., Abdala, J., Griñan, P., & Hernández, G. (2002). Estudio de la cinética del secado de granos en el prototipo de secador solar. Análisis de los resultados. *Tecnología Química*, 22(2), 59-63.
- Fraga, M., Aviles, R., & Prats, A. (2009). *Conservación de semillas por metodos artesanales*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2016, de [http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com\\_mtree&task=att\\_download&link\\_id=468&cf\\_id=24](http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=468&cf_id=24)
- Grijalva, O. A., Sánchez, F. R., Torres, N. A., & García, L. B. (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(1), 11-17. Recuperado el 17 de noviembre de 2016, de <http://www.redalyc.org/pdf/610/61026102.pdf>
- Grolleaud, M. (2012). *Pérdidas post cosecha :un concepto mal definidoo mal utilizado*. América Latina: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/004/AC301S/ac301s04.htm>
- Gunasekaran, S. (1990). Grain drying using continuous and pulsed microwave energy. *Drying Technology*, 8(5), 1039-1047.
- Gürsoy, S., Choudhary, R., & Watson, D. G. (2013). Microwave drying kinetics and quality characteristics of corn. *Int J Agric & Biol Eng*, 6(1), 10.
- Harada, J. (1997). Seed maturation and control of germination. In: Cellular and molecular biology of plant seed development (Larkins, B & Vasil, L). *Kluwer Academic Publishers*, 545.

- Hinojosa, C., & Tigasi, J. (2017). Evaluación de proceso de secado en semillas de interés agrícola en la provincia de Cotopaxi mediante tecnología microondas. (F. d. aplicadas, Ed.) *Universidad Técnica de Cotopaxi*.
- INEC. (2011). *Datos Estadísticos Agropecuarios*. Recuperado el 10 de Febrero de 2017, de [http://www.inec.gob.ec/espac\\_publicaciones/espac-2011/INFORME\\_EJECUTIVO%202011.pdf](http://www.inec.gob.ec/espac_publicaciones/espac-2011/INFORME_EJECUTIVO%202011.pdf)
- INIAP. (s.f.). *Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador*. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de <http://www.crystal-chemical.com/maiz.htm#SUELO1>
- Irastorza, M. (1991). *Control de calidad en el campo, beneficio y almacenamiento de semillas*. Cali: CIAT. Recuperado el 11 de Noviembre de 2016, de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/SB117.C65\\_Control\\_de\\_Calidad\\_en\\_el\\_Campo,\\_Beneficio\\_y\\_Almacenamiento\\_de\\_Semillas\\_1991..pdf#page=5](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB117.C65_Control_de_Calidad_en_el_Campo,_Beneficio_y_Almacenamiento_de_Semillas_1991..pdf#page=5)
- Jara, L. (1997). *Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales*. Dinamarca: CATIE. Recuperado el 19 de Noviembre de 2016, de [https://books.google.com.ec/books?id=B25tzQrGMpMC&pg=PA15&lpg=PA15&dq=secado+de+semillas&source=bl&ots=C10hYAesIK&sig=\\_aMsvlMOgs0yd1MD\\_pYwBpE2IUA&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=secado%20de%20semillas&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=B25tzQrGMpMC&pg=PA15&lpg=PA15&dq=secado+de+semillas&source=bl&ots=C10hYAesIK&sig=_aMsvlMOgs0yd1MD_pYwBpE2IUA&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=secado%20de%20semillas&f=false)
- Manickavasagan, A., & Jayas, D. (2007). la germinación de los granos de trigo desigual calentamiento por microondas en un horno secador industrial Canadian Biosystems Engineering. *49*, 23-27.
- Méndez, G., Solarza, J., Velásquez del Valle, M., Gómez, N., Paredes, & L., B. (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Revista Agrociencia*, *39*(3), 267–274.
- Meneghello, G. (2014). Calidad de las semillas: Humedad y Temperatura . *Seednews*, *XVIII*(6). Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de [http://www.seednews.inf.br/\\_html/site\\_es/content/reportagem\\_capa/imprimir.php?id=217](http://www.seednews.inf.br/_html/site_es/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=217)

- Mérola, R., & Díaz, S. (2012). *Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir en semillas de plantas forrajeras*. Montevideo: Universidad de la Empresa. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/inhibir-dormancia-semillas-plantas-forrajeras/inhibir-dormancia-semillas-plantas-forrajeras.pdf>
- Moreno, Á., Hernández, R., & Ballesteros, I. (2017). Secado industrial con energía microondas. En Á. Menéndez, & Á. Moreno, *Aplicaciones industriales del calentamiento con energía microondas* (pág. 336). Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Moreno, E. (1996). *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*. México D.F: UNAM. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books/about/An%C3%A1lisis\\_f%C3%ADsico\\_y\\_biolo%C3%B3gico\\_de\\_semill.html?id=uAVIAAAAYAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/An%C3%A1lisis_f%C3%ADsico_y_biolo%C3%B3gico_de_semill.html?id=uAVIAAAAYAAJ&redir_esc=y)
- Mujumdar, A. (2014). *Handbook of Industrial Drying* ,. Boca Raton: CRC Press.
- Nascimento, W., Ascimento, W., Freitas, R., & Croda, M. (2008). *Conservação de Sementes de Hortaliças na Agricultura Familiar*. Brasília: Embrapa Hortaliças.
- Navarro, M. (2003). Desempeño fisiológico de las semillas de árboles leguminosos de uso múltiple en el trópico. *Pastos y forrajes*, 2(1), 16.
- Ohlsson, T., & Bengtsoon, N. (2001). Microwave technology and foods. *Advances in Food and Nutrition Research, Academic Press*, 43, 65-140.
- Organero, A., & Gimeno, M. (2004). *Jardibotanic*. Recuperado el 17 de 11 de 2016, de Conceptos básicos de la botánica: <http://www.jardibotanic.org/fotos/pdf/pub37CONCEPTOS%20BASICOS.pdf>
- Osborn, T., Napolitano, G., & Fajardo, J. (2011). *Semillas en emergencia. Manual Técnico*. Roma: FAO.
- Osepchuk, J. (1984). "A History of Microwave Heating Applications ". *Microwave Theory and Techniques*, 32(9), 1200-1224.

- Pérez, C., Livera, A. H., Santos, G. G., Carballo, A., Vásquez, T. R., & Gómez, M. d. (Septiembre-Diciembre de 2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México*, 3(1), 341-352.
- Puzzi, D. (1984). *Manual de Almacenamiento de Granos, depósitos y silos*. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur.
- Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., & Ghosh, K. (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. *Bioversity International*(8). Obtenido de [http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx\\_news/Manual\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_semillas\\_en\\_bancos\\_de\\_germoplasma\\_1261\\_01.pdf](http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Manual_para_el_manejo_de_semillas_en_bancos_de_germoplasma_1261_01.pdf)
- Rattanadecho, P., & Makul, n. (2016). *Microwave-Assisted Drying: A Review of the State-of-the-Art*. Drying technology .
- Reay, D. (1986). *Fluid Bed Drying, Gas fluidization tec*. Inglaterra.
- Rosseti, S. (2014). *Análisis de factores que afectan la germinación de semillas de Panicum coloratum*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/analisis-factores-germinacion-panicum.pdf>
- Salinas, A., Yoldjian, A., Craviotto, R., & Bisaro, V. (2003). Pruebas de vigor y calidad fisiologica de las semillas de soya. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(2), 371-379. Recuperado el 17 de noviembre de 2016, de Pruebas de vigor y calidad fisiologica de las semillas de soya: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v36n2/a22v36n2.pdf>
- Schiffmann, R. F. (2015). Microwave and Dielectric Drying. Handbook of Industrial Drying, Fourth Edition. A. S. Mujumdar. Boca Raton, FL, CRC Press 283-301.
- Suárez, D., & Melgarejo, L. (2010). *Biología y germinación de las semillas*. Cali: Universidad Nacional de Colombia.

- Suquilanda, M. (1995). *Producción orgánica de cultivos andinos (Manual Técnico)*. Quito: UNOCANC,MAGAP,FAO,. Obtenido de [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf)
- Teichert, S., & Amaral, F. (Marzo-Abril de 2008). *Seednews*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2016, de Secado de alta Velocidad: [http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed122/artigocapa122\\_esp.shtml](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed122/artigocapa122_esp.shtml)
- Thompson, & Foster. (1963). *Stress cracks and breakage in artificially dried corn*. (K. Issues, Productor) Recuperado el 10 de noviembre de 2016, de U.S Grains: <http://www.grains.org/key-issues/corn-export-cargo-quality-report/1-stress-cracks>
- Victoria, J., Bonilla, C., & Sánchez, M. (2007). Morfoanatomía y efecto del secado en la germinación de semillas de caléndula y eneldo. *Acta Agronómica Colombia*, 56(2), 61-68. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28122007000200002&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122007000200002&lng=en&tlng=en)
- Villela, F., Peske, S., & Avelar, S. ( 2012). Avances en el secado de semillas – uso del aire deshumificado por refrigeración. *Seednews*, 16(4). Recuperado el 19 de Noviembre de 2016, de Avances en el secado de semillas – uso del aire deshumificado por refrigeración: [http://www.seednews.inf.br/\\_html/site\\_es/content/reportagem\\_capa/imprimir.php?id=134](http://www.seednews.inf.br/_html/site_es/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=134)
- Warchalewski, J., & Gralik, J. (2011). “Changes in microwave-treated wheat grain properties”, In: *Advances in Induction and Microwave Heating of Mineral and Organic Materials*. 22, 503–530.
- White, P., & L.Johnson. (2003). *Corn chemistry and technology*. Recuperado el 10 de noviembre de 2016, de <http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-0-285-9037-1>
- Yuste, C. (2012). *Colectores solares de aire para el secado de maíz*. Madrid.

**16. ANEXOS****Anexo 1. Aval de traducción****CENTRO DE IDIOMAS*****AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **PILA CANDO DAYSI AMPARO**, cuyo título versa, **“EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD Y CALIDAD DE LA SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays, L*), TRAS DIFERENTES MÉTODOS DE SECADO EN SALACHE – LATACUNGA – COTOPAXI 2017”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, agosto del 2017

Atentamente,

Lic. MSc. Marcelo Pacheco Pruna

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**

C.C.050261735-0

## Anexo 2. Curriculum Vitae de los investigadores



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

Unidad de Administración de Talento Humano



SIITH  
Sistema Informático  
Integrado de Talento  
Humano

FICHA SIITH								
HOJA DE VIDA								
DATOS PERSONALES								
NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ESPAÑOLA	175714810-9	AAH836535		RAFAEL	HERNANDEZ MAQUED	23/09/1978		Soltero
DISCAPACIDAD	N° CARNÉ CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	MODALIDAD DE INGRESO	FECHA DEL PRIMER INGRESO AL SECTOR PÚBLICO	FECHA DE INGRESO A LA INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO AL PUESTO	GENERO	TIPO DE SANGRE
			Contrato servicios ocasionales		01/10/2014	08/10/20	Masculino	A+
MODALIDAD DE INGRESO LA			FECHA INICIO	FECHA FIN	N° CARGO	UNIDAD		
CONTRATO SERVICIOS OCASIONALES			08/10/2014	30/09/2015	UTC-CSP-CAR	Docencia e In CAREN		
TELÉFONOS			DIRECCIÓN					
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO O CELULA	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
	998692761	Jaime Roldós	Isidro Ayora	sin número	El Carmen	Cotopaxi	Latacunga	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL				AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA				
TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENSIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA		
		rafael.hernandez@utc.edu.ec	rhmaqueda@gmail.com	BLANCO		SI		
CONTACTO DE EMERGENCIA				DECLARACIÓN JURAMENTADA DE BIENES				
TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO	NOMBRES	APELLIDOS	No. DE NOTARIA	LUGAR DE NOTARIA		FECHA	
2810780	998757463	Héctor Arnulfo	Jimenez Collantes	PRIMERA	CANTON PUJILI		06/10/2014	
INFORMACIÓN BANCARIA			DATOS DEL CÓNYUGE O CONVIVIENTE					
NÚMERO DE CUENTA	TIPO DE CUENTA	INSTITUCIÓN FINANCIERA	APELLIDOS	NOMBRES	No. DE CÉDULA	TIPO DE RELACIÓN	TRABAJO	
4006168171	CORRIENTE	Banco de Fomento						
INFORMACIÓN DE HIJOS					FAMILIARES CON DISCAPACIDAD			
No. DE CÉDULA	FECHA DE NACIMIENTO	NOMBRES	APELLIDOS	NIVEL DE INSTRUCCIÓN	PARENTESCO	N° CARNÉ CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	
FORMACIÓN ACADÉMICA								

NIVEL DE INSTRUCCIÓN	No. DE REGISTRO (SENESCYT)	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	ÁREA DE CONOCIMIENTO	PERIODOS APROBADOS	TIPO DE PERIODO	PAÍS
4TO NIVEL - DOCTORA	7196R-14-19294	Universidad Autónoma de Madrid/Departamento de Biología	DOCTOR (Ph.D.) (Biología Evolutiva y Biodiversidad)		Biología Evolutiva y Biodiversidad			España
<b>EVENTOS DE CAPACITACIÓN</b>								
TIP O	NOMBRE DEL EVENTO (TEMA)	EMPRESA / INSTITUCIÓN QUE ORGANIZA EL EVENTO	DURACIÓN HORAS	TIPO DE CERTIFICADO	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	PAÍS	
CONGRESO	XIV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo	Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo	40	APROBACIÓN	05-nov-14	07-nov-14	Ecuador	
CURSO	Bases para la adaptación al cambio climático y	Fundación Patrimonio	28	APROBACIÓN	31/03/2014	05/04/2014	España	
CURSO	Introducción a la Agroecología Práctica	Sociedad Española de	32	APROBACIÓN	11/07/2012	15/07/2012	España	
CURSO	Diseño Web y Herramientas de Internet Aplicadas	Universidad Camilo José	110	APROBACIÓN	01/10/2010	20/12/2010	España	
CURSO	Taller de técnicas básicas de SIG para estudios de	GBIF-EDIT	16	APROBACIÓN	01/06/2008	04/06/2008	España	
SIMPOSIO	Computational Phylogenetics and molecular	Universidad de Moscú	24	APROBACIÓN	16/11/2007	19/11/2007	Rusia	
SIMPOSIO	Botany, 2006	California State	40	APROBACIÓN	28/06/2006	02-jul-06	USA	
VISITA	Estancia de investigación	University of Leiden	240 horas	APROBACIÓN	08/03/2009	04/04/2009	Holanda	
VISITA	Estancia de investigación	Technical University of	240 horas	APROBACIÓN	23/04/2005	20/05/2005	Alemania	
VISITA	Estancia de investigación	University of Connecticut	240 horas	APROBACIÓN	01/08/2004	31/08/2004	USA	
<b>TRAYECTORIA LABORAL</b>								
NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN	UNIDAD ADMINISTRATIVA (DEPARTAMENTO / ÁREA / DIRECCIÓN)	DENOMINACIÓN DEL PUESTO	TIPO DE INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO	FECHA DE SALIDA	MOTIVO DE SALIDA		
Asoc. And. Sostenibilidad Ecológica	Investigación	Coordinador de proyectos	PRIVADA	01/05/2012	30/09/2014	VISTO BUENO POR PARTE DEL TRABAJADOR		
Diputación Provincial de Almería	Empleo	Docente a tiempo completo	PÚBLICA OTRA	02/11/2010	31/10/2011	VISTO BUENO POR PARTE DEL TRABAJADOR		
Heliconia Sociedad Cooperativa		Monitor de tiempo libre	PRIVADA	01/09/2009	01/10/2010	VISTO BUENO POR PARTE DEL TRABAJADOR		
Universidad de Castilla la Mancha	Departamento de Biología	Investigador postdoctoral	PÚBLICA OTRA	01/09/2007	01/04/2008	VISTO BUENO POR PARTE DEL TRABAJADOR		
Universidad SEK	Departamento de Biología	Docente a tiempo parcial	PRIVADA	01/09/2006	01/03/2007	VISTO BUENO POR PARTE DEL TRABAJADOR		
Real Jardín Botánico de Madrid	Departamento de Micología	Investigador predoctoral	PÚBLICA OTRA	01/06/2002	30/06/2006	VISTO BUENO POR PARTE DEL TRABAJADOR		
<b>MISIÓN DEL PUESTO</b>								
Fomentar, promover la investigación científica, así como asesorar en este propósito.								
<b>ACTIVIDADES ESCENCIALES</b>								
Impartir clases teórico-prácticas, seminarios, talleres, diseño y elaboración de libros, material didáctico, realizar actividades de gestión y o planificación académica de conformidad a lo establecido en el distributivo académico.								

---

**FIRMA**





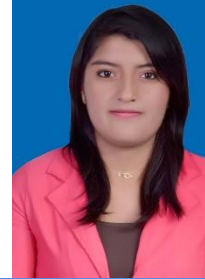
Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

Unidad de Administración de Talento Humano



**SIITH**  
Sistema Informático  
Integrado de Talento  
Humano

## HOJA DE VIDA



### DATOS PERSONALES

NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ECUATORIANO	050423596-1			DAYSI AMPARO	PILA CANDO	29/10/1993		SOLTERO

### TELÉFONOS

### DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANENTE

TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
	0984774268	EL CALVARIO			BARRIO LA CALERA	COTOPAXI	LATAACUNGA	ELOY ALFARO

### INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

### AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA

TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENSIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA	ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA	ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA
		daysi.pila1@utc.edu.ec	daysi_938@hotmail.com	MESTIZO		

### FORMACIÓN ACADÉMICA

NIVEL DE INSTRUCCIÓN	No. DE REGISTRO (SENESCYT)	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	ÁREA DE CONOCIMIENTO	PERIODOS APROBADOS	TIPO DE PERIODO	PAIS
SEGUNDO NIVEL		UNIDAD EDUCATIVA VICTORIA VÁSCONÉZ CUVI	BACHILLER QUÍMICO BIÓLOGO		CIENCIAS QUÍMICAS BIOLÓGICAS	6	AÑOS	ECUADOR
TERCER NIVEL		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	INGENIERA AGRÓNOMA		AGRICULTURA	10	SEMESTRES	ECUADOR

\_\_\_\_\_  
FIRMA

**Anexo 3.**Tablas de promedio general de los ensayos para análisis de las curvas de secado

**Ensayo1. Horno Microondas 70W**

<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>	<b>PERDIDA DE HUMEDAD</b>	<b>% HUMEDAD</b>
<b>0</b>	100.00	0.00	0.00	20.83
<b>2.00</b>	99.83	0.17	0.17	20.66
<b>4.00</b>	99.66	0.34	0.34	20.49
<b>6.00</b>	99.45	0.55	0.55	20.28
<b>8.00</b>	99.23	0.77	0.77	20.06
<b>10.00</b>	98.97	1.03	1.03	19.80
<b>12.00</b>	98.69	1.31	1.31	19.52
<b>14.00</b>	98.41	1.59	1.59	19.24
<b>16.00</b>	98.14	1.86	1.86	18.97
<b>18.00</b>	97.85	2.15	2.15	18.68
<b>20.00</b>	97.55	2.45	2.45	18.38
<b>22.00</b>	97.16	2.84	2.84	17.99
<b>24.00</b>	96.71	3.29	3.29	17.54
<b>26.00</b>	96.41	3.59	3.59	17.24
<b>28.00</b>	95.99	4.01	4.01	16.82
<b>30.00</b>	95.74	4.26	4.26	16.57
<b>32.00</b>	95.50	4.50	4.50	16.33
<b>34.00</b>	95.18	4.82	4.82	16.01
<b>36.00</b>	94.84	5.16	5.16	15.67
<b>38.00</b>	94.50	5.50	5.50	15.33
<b>40.00</b>	94.11	5.89	5.89	14.94
<b>42.00</b>	93.84	6.16	6.16	14.67
<b>44.00</b>	93.54	6.46	6.46	14.37
<b>46.00</b>	93.15	6.85	6.85	13.98
<b>48.00</b>	92.85	7.15	7.15	13.68
<b>50.00</b>	92.58	7.42	7.42	13.41
<b>52.00</b>	92.30	7.70	7.70	13.13
<b>54.00</b>	92.08	7.92	7.92	12.91
<b>56.00</b>	91.74	8.26	8.26	12.57
<b>58.00</b>	91.28	8.72	8.72	12.11
<b>60.00</b>	90.96	9.04	9.04	11.79
<b>62.00</b>	90.62	9.38	9.38	11.45
<b>64.00</b>	90.35	9.65	9.65	11.18
<b>66.00</b>	90.09	9.91	9.91	10.92
<b>68.00</b>	89.84	10.16	10.16	10.67
<b>70.00</b>	89.53	10.47	10.47	10.36
<b>72.00</b>	89.20	10.80	10.80	10.03

<b>74.00</b>	88.89	11.11	11.11	9.72
<b>76.00</b>	88.68	11.32	11.32	9.51
<b>78.00</b>	88.41	11.59	11.59	9.24
<b>80.00</b>	88.21	11.79	11.79	9.04
<b>82.00</b>	87.93	12.07	12.07	8.76
<b>84.00</b>	87.70	12.30	12.30	8.53
<b>86.00</b>	87.43	12.57	12.57	8.26
<b>88.00</b>	87.14	12.86	12.86	7.97
<b>90.00</b>	86.89	13.11	13.11	7.72
<b>92.00</b>	86.61	13.39	13.39	7.44
<b>94.00</b>	86.28	13.72	13.72	7.11
<b>96.00</b>	86.01	13.99	13.99	6.84
<b>98.00</b>	85.76	14.24	14.24	6.59
<b>100.00</b>	85.47	14.53	14.53	6.30
<b>102.00</b>	85.22	14.78	14.78	6.05
<b>104.00</b>	84.96	15.04	15.04	5.79
<b>106.00</b>	84.63	15.37	15.37	5.46
<b>108.00</b>	84.37	15.63	15.63	5.20
<b>110.00</b>	84.10	15.90	15.90	4.93
<b>112.00</b>	83.76	16.24	16.24	4.59
<b>114.00</b>	83.51	16.49	16.49	4.34
<b>116.00</b>	83.25	16.75	16.75	4.08
<b>118.00</b>	83.10	16.90	16.90	3.93
<b>120.00</b>	82.91	17.09	17.09	3.74
<b>122.00</b>	82.69	17.31	17.31	3.52
<b>124.00</b>	82.51	17.49	17.49	3.34
<b>126.00</b>	82.37	17.63	17.63	3.20
<b>128.00</b>	82.18	17.82	17.82	3.01
<b>130.00</b>	82.04	17.96	17.96	2.87
<b>132.00</b>	81.87	18.13	18.13	2.70
<b>134.00</b>	81.66	18.34	18.34	2.49
<b>136.00</b>	81.49	18.51	18.51	2.32
<b>138.00</b>	81.35	18.65	18.65	2.18
<b>140.00</b>	81.11	18.89	18.89	1.94
<b>142.00</b>	80.89	19.11	19.11	1.72
<b>144.00</b>	80.77	19.23	19.23	1.60
<b>146.00</b>	80.58	19.42	19.42	1.41
<b>148.00</b>	80.44	19.56	19.56	1.27
<b>150.00</b>	80.28	19.72	19.72	1.11
<b>152.00</b>	80.14	19.86	19.86	0.97
<b>154.00</b>	80.02	19.98	19.98	0.85
<b>156.00</b>	79.87	20.13	20.13	0.70
<b>158.00</b>	79.79	20.21	20.21	0.62
<b>160.00</b>	79.68	20.32	20.32	0.51

<b>162.00</b>	79.54	20.46	20.46	0.37
<b>164.00</b>	79.46	20.54	20.54	0.29
<b>166.00</b>	79.36	20.64	20.64	0.19
<b>168.00</b>	79.25	20.75	20.75	0.08
<b>170.00</b>	79.17	20.83	20.83	0.00

### Ensayo 2. Horno Microondas 140W

<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>	<b>PERDIDA DE HUMEDAD</b>	<b>% HUMEDAD</b>
<b>0</b>	100.00	0.00	0.00	19.31
<b>1.00</b>	99.86	0.14	0.14	19.17
<b>2.00</b>	99.48	0.52	0.52	18.79
<b>3.00</b>	98.95	1.05	1.05	18.26
<b>4.00</b>	98.34	1.66	1.66	17.65
<b>5.00</b>	97.64	2.36	2.36	16.95
<b>6.00</b>	97.07	2.93	2.93	16.38
<b>7.00</b>	96.57	3.43	3.43	15.88
<b>8.00</b>	95.94	4.06	4.06	15.25
<b>9.00</b>	95.25	4.75	4.75	14.56
<b>10.00</b>	94.49	5.51	5.51	13.80
<b>11.00</b>	93.80	6.20	6.20	13.11
<b>12.00</b>	92.97	7.03	7.03	12.28
<b>13.00</b>	92.41	7.59	7.59	11.72
<b>14.00</b>	91.65	8.35	8.35	10.96
<b>15.00</b>	91.07	8.93	8.93	10.38
<b>16.00</b>	90.30	9.70	9.70	9.61
<b>17.00</b>	89.53	10.47	10.47	8.84
<b>18.00</b>	89.04	10.96	10.96	8.35
<b>19.00</b>	88.52	11.48	11.48	7.83
<b>20.00</b>	88.03	11.97	11.97	7.34
<b>21.00</b>	87.60	12.40	12.40	6.91
<b>22.00</b>	87.19	12.81	12.81	6.50
<b>23.00</b>	86.90	13.10	13.10	6.21
<b>24.00</b>	86.55	13.45	13.45	5.86
<b>25.00</b>	86.29	13.71	13.71	5.60
<b>26.00</b>	85.99	14.01	14.01	5.30
<b>27.00</b>	85.71	14.29	14.29	5.02
<b>28.00</b>	85.49	14.51	14.51	4.80
<b>29.00</b>	85.27	14.73	14.73	4.58

<b>30.00</b>	85.02	14.98	14.98	4.33
<b>31.00</b>	84.90	15.10	15.10	4.21
<b>32.00</b>	84.70	15.30	15.30	4.01
<b>33.00</b>	84.55	15.45	15.45	3.86
<b>34.00</b>	84.34	15.66	15.66	3.65
<b>35.00</b>	84.11	15.89	15.89	3.42
<b>36.00</b>	83.89	16.11	16.11	3.20
<b>37.00</b>	83.70	16.30	16.30	3.01
<b>38.00</b>	83.57	16.43	16.43	2.88
<b>39.00</b>	83.50	16.50	16.50	2.81
<b>40.00</b>	83.30	16.70	16.70	2.61
<b>41.00</b>	83.20	16.80	16.80	2.51
<b>42.00</b>	83.08	16.92	16.92	2.39
<b>43.00</b>	82.99	17.01	17.01	2.30
<b>44.00</b>	82.82	17.18	17.18	2.13
<b>45.00</b>	82.69	17.31	17.31	2.00
<b>46.00</b>	82.55	17.45	17.45	1.86
<b>47.00</b>	82.43	17.57	17.57	1.74
<b>48.00</b>	82.26	17.74	17.74	1.57
<b>49.00</b>	82.08	17.92	17.92	1.39
<b>50.00</b>	81.87	18.13	18.13	1.18
<b>51.00</b>	81.80	18.20	18.20	1.11
<b>52.00</b>	81.59	18.41	18.41	0.90
<b>53.00</b>	81.44	18.56	18.56	0.75
<b>54.00</b>	81.20	18.80	18.80	0.51
<b>55.00</b>	81.06	18.94	18.94	0.37
<b>56.00</b>	80.98	19.02	19.02	0.29
<b>57.00</b>	80.90	19.10	19.10	0.21
<b>58.00</b>	80.79	19.21	19.21	0.10
<b>59.00</b>	80.73	19.27	19.27	0.04
<b>60.00</b>	80.69	19.31	19.31	0.00

**Ensayo 3. Horno Microondas 210W**

<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>	<b>PERDIDA DE HUMEDAD</b>	<b>% HUMEDAD</b>
0.0	100.00	0.00	0.00	19.99
0.5	99.67	0.33	0.33	19.66
1.0	99.52	0.48	0.48	19.51
1.5	99.36	0.64	0.64	19.35
2.0	99.14	0.86	0.86	19.13
2.5	98.87	1.13	1.13	18.86
3.0	98.52	1.48	1.48	18.51
3.5	98.15	1.85	1.85	18.14
4.0	97.70	2.30	2.30	17.69
4.5	97.26	2.74	2.74	17.25
5.0	96.75	3.25	3.25	16.74
5.5	96.20	3.80	3.80	16.19
6.0	95.55	4.45	4.45	15.54
6.5	95.07	4.93	4.93	15.06
7.0	94.62	5.38	5.38	14.61
7.5	94.01	5.99	5.99	14.00
8.0	93.30	6.70	6.70	13.29
8.5	92.90	7.10	7.10	12.89
9.0	92.41	7.59	7.59	12.40
9.5	91.98	8.02	8.02	11.97
10.0	91.39	8.61	8.61	11.38
10.5	91.00	9.00	9.00	10.99
11.0	90.61	9.39	9.39	10.60
11.5	90.18	9.82	9.82	10.17
12.0	89.64	10.36	10.36	9.63
12.5	89.08	10.92	10.92	9.07
13.0	88.49	11.51	11.51	8.48
13.5	88.04	11.96	11.96	8.03
14.0	87.56	12.44	12.44	7.55
14.5	87.26	12.74	12.74	7.25
15.0	86.80	13.20	13.20	6.79
15.5	86.51	13.49	13.49	6.50
16.0	86.25	13.75	13.75	6.24
16.5	86.03	13.97	13.97	6.02
17.0	85.77	14.23	14.23	5.76
17.5	85.50	14.50	14.50	5.49
18.0	85.21	14.79	14.79	5.20
18.5	84.96	15.04	15.04	4.95
19.0	84.79	15.21	15.21	4.78
19.5	84.57	15.43	15.43	4.56
20.0	84.32	15.68	15.68	4.31

20.5	84.21	15.79	15.79	4.20
21.0	84.05	15.95	15.95	4.04
21.5	83.89	16.11	16.11	3.88
22.0	83.69	16.31	16.31	3.68
22.5	83.58	16.42	16.42	3.57
23.0	83.40	16.60	16.60	3.39
23.5	83.26	16.74	16.74	3.25
24.0	83.11	16.89	16.89	3.10
24.5	83.00	17.00	17.00	2.99
25.0	82.86	17.14	17.14	2.85
25.5	82.76	17.24	17.24	2.75
26.0	82.65	17.35	17.35	2.64
26.5	82.56	17.44	17.44	2.55
27.0	82.42	17.58	17.58	2.41
27.5	82.33	17.67	17.67	2.32
28.0	82.25	17.75	17.75	2.24
28.5	82.18	17.82	17.82	2.17
29.0	82.10	17.90	17.90	2.09
29.5	82.00	18.00	18.00	1.99
30.0	81.94	18.06	18.06	1.93
30.5	81.81	18.19	18.19	1.80
31.0	81.76	18.24	18.24	1.75
31.5	81.67	18.33	18.33	1.66
32.0	81.61	18.39	18.39	1.60
32.5	81.57	18.43	18.43	1.56
33.0	81.49	18.51	18.51	1.48
33.5	81.41	18.59	18.59	1.40
34.0	81.36	18.64	18.64	1.35
34.5	81.30	18.70	18.70	1.29
35.0	81.26	18.74	18.74	1.25
35.5	81.18	18.82	18.82	1.17
36.0	81.13	18.87	18.87	1.12
36.5	81.07	18.93	18.93	1.06
37.0	81.01	18.99	18.99	1.00
37.5	80.92	19.08	19.08	0.91
38.0	80.88	19.12	19.12	0.87
38.5	80.81	19.19	19.19	0.80
39.0	80.74	19.26	19.26	0.73
39.5	80.68	19.32	19.32	0.67
40.0	80.61	19.39	19.39	0.60
40.5	80.54	19.46	19.46	0.53
41.0	80.51	19.49	19.49	0.50
41.5	80.49	19.51	19.51	0.48
42.0	80.44	19.56	19.56	0.43
42.5	80.41	19.59	19.59	0.40

43.0	80.38	19.62	19.62	0.37
43.5	80.35	19.65	19.65	0.34
44.0	80.33	19.67	19.67	0.32
44.5	80.29	19.71	19.71	0.28
45.0	80.27	19.73	19.73	0.26
45.5	80.24	19.76	19.76	0.23
46.0	80.22	19.78	19.78	0.21
46.5	80.19	19.81	19.81	0.18
47.0	80.16	19.84	19.84	0.15
47.5	80.13	19.87	19.87	0.12
48.0	80.11	19.89	19.89	0.10
48.5	80.09	19.91	19.91	0.08
49.0	80.08	19.92	19.92	0.07
49.5	80.04	19.96	19.96	0.03
50.0	80.01	19.99	19.99	0.00

**Ensayo 4.** Horno microondas con controlador de temperatura a 35°C

<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>	<b>PERDIDA DE HUMEDAD</b>	<b>% HUMEDAD</b>
0.00	100.03	0.00	0.00	15.70
1.0	97.07	2.96	2.96	12.74
2.0	94.90	5.13	5.13	10.57
3.0	93.08	6.95	6.95	8.74
4.0	91.27	8.76	8.76	6.94
5.0	89.38	10.65	10.65	5.05
6.0	88.48	11.55	11.55	4.14
7.0	87.25	12.78	12.78	2.92
8.0	86.67	13.36	13.36	2.34
9.0	85.67	14.36	14.36	1.33
10.0	84.71	15.32	15.32	0.38
10.3	84.49	15.54	15.54	0.16
10.6	84.33	15.70	15.70	0.00

**Ensayo 5.** Horno microondas con controlador de temperatura a 55°C



<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>	<b>PERDIDA DE HUMEDAD</b>	<b>% HUMEDAD</b>
<b>0.0</b>	100.02	0	0	17.75
<b>30</b>	97.36	2.66	2.66	15.09
<b>60</b>	94.82	5.21	5.21	12.54
<b>90</b>	92.33	7.69	7.69	10.06
<b>120</b>	90.51	9.52	9.52	8.23
<b>150</b>	89.10	10.93	10.93	6.82
<b>180</b>	87.13	12.90	12.90	4.85
<b>210</b>	85.15	14.87	14.87	2.88
<b>240</b>	83.57	16.45	16.45	1.29
<b>250</b>	82.64	17.38	17.38	0.36
<b>260</b>	82.28	17.75	17.75	0.00

**Ensayo 6.** Horno microondas con controlador de temperatura a 75°C

<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>	<b>PERDIDA DE HUMEDAD</b>	<b>% HUMEDAD</b>
<b>0</b>	100.08	0	0	20.97
<b>15</b>	97.51	2.57	2.57	18.40
<b>30</b>	93.96	6.12	6.12	14.85
<b>45</b>	88.70	11.38	11.38	9.58
<b>55</b>	84.78	15.30	15.30	5.67
<b>65</b>	82.41	17.67	17.67	3.30
<b>75</b>	81.24	18.84	18.84	2.13
<b>85</b>	79.93	20.15	20.15	0.82
<b>95</b>	79.41	20.67	20.67	0.30
<b>105</b>	79.11	20.97	20.97	0.00

**Ensayo 7. Horno convencional a 55°C**

<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PERDIDA DE PESO</b>	<b>PERDIDA DE HUMEDAD</b>	<b>% HUMEDAD</b>
<b>0</b>	100	0	0	33.88
<b>15.00</b>	99.97	0.03	0.03	33.85
<b>30.00</b>	99.65	0.35	0.35	33.53
<b>45.00</b>	99.29	0.71	0.71	33.17
<b>60.00</b>	98.8	1.2	1.2	32.68
<b>75.00</b>	98.07	1.93	1.93	31.95
<b>90.00</b>	97.71	2.29	2.29	31.59
<b>105.00</b>	97.32	2.68	2.68	31.20
<b>120.00</b>	96.89	3.11	3.11	30.77
<b>135.00</b>	96.46	3.54	3.54	30.34
<b>150.00</b>	96.04	3.96	3.96	29.92
<b>165.00</b>	95.64	4.36	4.36	29.52
<b>180.00</b>	95.07	4.93	4.93	28.95
<b>195.00</b>	94.6	5.4	5.4	28.48
<b>210.00</b>	94.07	5.93	5.93	27.95
<b>225.00</b>	93.59	6.41	6.41	27.47
<b>240.00</b>	93.16	6.84	6.84	27.04
<b>255.00</b>	92.68	7.32	7.32	26.56
<b>270.00</b>	92.14	7.86	7.86	26.02
<b>285.00</b>	91.7	8.3	8.3	25.58
<b>300.00</b>	91.23	8.77	8.77	25.11
<b>315.00</b>	90.8	9.2	9.2	24.68
<b>330.00</b>	90.38	9.62	9.62	24.26
<b>345.00</b>	89.87	10.13	10.13	23.75
<b>360.00</b>	89.39	10.61	10.61	23.27
<b>375.00</b>	89.1	10.9	10.9	22.98
<b>390.00</b>	88.73	11.27	11.27	22.61
<b>405.00</b>	88.3	11.7	11.7	22.18
<b>420.00</b>	87.92	12.08	12.08	21.80

<b>435.00</b>	87.45	12.55	12.55	21.33
<b>450.00</b>	87.01	12.99	12.99	20.89
<b>465.00</b>	86.54	13.46	13.46	20.42
<b>480.00</b>	86.07	13.93	13.93	19.95
<b>495.00</b>	85.64	14.36	14.36	19.52
<b>510.00</b>	85.22	14.78	14.78	19.10
<b>525.00</b>	84.8	15.2	15.2	18.68
<b>540.00</b>	84.4	15.6	15.6	18.28
<b>555.00</b>	83.98	16.02	16.02	17.86
<b>570.00</b>	83.58	16.42	16.42	17.46
<b>585.00</b>	83.06	16.94	16.94	16.94
<b>600.00</b>	82.9	17.1	17.1	16.78
<b>615.00</b>	82.57	17.43	17.43	16.45
<b>630.00</b>	82.23	17.77	17.77	16.11
<b>645.00</b>	81.96	18.04	18.04	15.84
<b>660.00</b>	81.64	18.36	18.36	15.52
<b>675.00</b>	81.17	18.83	18.83	15.05
<b>690.00</b>	80.96	19.04	19.04	14.84
<b>705.00</b>	80.69	19.31	19.31	14.57
<b>720.00</b>	80.26	19.74	19.74	14.14
<b>735.00</b>	80.03	19.97	19.97	13.91
<b>750.00</b>	79.8	20.2	20.2	13.68
<b>765.00</b>	79.57	20.43	20.43	13.45
<b>780.00</b>	79.34	20.66	20.66	13.22
<b>795.00</b>	79.11	20.89	20.89	12.99
<b>810.00</b>	78.88	21.12	21.12	12.76
<b>825.00</b>	78.65	21.35	21.35	12.53
<b>840.00</b>	78.42	21.58	21.58	12.30
<b>855.00</b>	78.19	21.81	21.81	12.07
<b>870.00</b>	77.96	22.04	22.04	11.84
<b>885.00</b>	77.73	22.27	22.27	11.61
<b>900.00</b>	77.5	22.5	22.5	11.38
<b>915.00</b>	77.27	22.73	22.73	11.15

<b>930.00</b>	77.04	22.96	22.96	10.92
<b>945.00</b>	76.81	23.19	23.19	10.69
<b>960.00</b>	76.58	23.42	23.42	10.46
<b>975.00</b>	76.35	23.65	23.65	10.23
<b>990.00</b>	76.12	23.88	23.88	10.00
<b>1005.00</b>	75.89	24.11	24.11	9.77
<b>1020.00</b>	75.66	24.34	24.34	9.54
<b>1035.00</b>	75.43	24.57	24.57	9.31
<b>1050.00</b>	75.2	24.8	24.8	9.08
<b>1065.00</b>	74.97	25.03	25.03	8.85
<b>1080.00</b>	74.74	25.26	25.26	8.62
<b>1095.00</b>	74.51	25.49	25.49	8.39
<b>1110.00</b>	74.28	25.72	25.72	8.16
<b>1125.00</b>	74.05	25.95	25.95	7.93
<b>1140.00</b>	73.82	26.18	26.18	7.70
<b>1155.00</b>	73.59	26.41	26.41	7.47
<b>1170.00</b>	73.36	26.64	26.64	7.24
<b>1185.00</b>	73.13	26.87	26.87	7.01
<b>1200.00</b>	72.9	27.1	27.1	6.78
<b>1215.00</b>	72.67	27.33	27.33	6.55
<b>1230.00</b>	72.44	27.56	27.56	6.32
<b>1245.00</b>	72.21	27.79	27.79	6.09
<b>1260.00</b>	71.98	28.02	28.02	5.86
<b>1275.00</b>	71.75	28.25	28.25	5.63
<b>1290.00</b>	71.52	28.48	28.48	5.40
<b>1305.00</b>	71.29	28.71	28.71	5.17
<b>1320.00</b>	71.06	28.94	28.94	4.94
<b>1335.00</b>	70.83	29.17	29.17	4.71
<b>1350.00</b>	70.6	29.4	29.4	4.48
<b>1365.00</b>	70.37	29.63	29.63	4.25
<b>1380.00</b>	70.14	29.86	29.86	4.02
<b>1395.00</b>	69.91	30.09	30.09	3.79
<b>1410.00</b>	69.89	30.11	30.11	3.77

<b>1425.00</b>	69.48	30.52	30.52	3.36
<b>1440.00</b>	69.34	30.66	30.66	3.22
<b>1455.00</b>	69.17	30.83	30.83	3.05
<b>1470.00</b>	68.95	31.05	31.05	2.83
<b>1485.00</b>	68.49	31.51	31.51	2.37
<b>1500.00</b>	68.09	31.91	31.91	1.97
<b>1515.00</b>	67.7	32.3	32.3	1.58
<b>1530.00</b>	67.55	32.45	32.45	1.43
<b>1545.00</b>	67.39	32.61	32.61	1.27
<b>1560.00</b>	67.27	32.73	32.73	1.15
<b>1575.00</b>	67.12	32.88	32.88	1.00
<b>1590.00</b>	66.95	33.05	33.05	0.83
<b>1605.00</b>	66.8	33.2	33.2	0.68
<b>1620.00</b>	66.71	33.29	33.29	0.59
<b>1635.00</b>	66.59	33.41	33.41	0.47
<b>1650.00</b>	66.48	33.52	33.52	0.36
<b>1665.00</b>	66.35	33.65	33.65	0.23
<b>1680.00</b>	66.25	33.75	33.75	0.13
<b>1695.00</b>	66.12	33.88	33.88	0.00
<b>1710.00</b>	66.12	33.88	33.88	0.00

**Ensayo 8.** Secado en el método tradicional (sol)

<b>TIEMPO</b>	<b>PESO</b>	<b>PÉRDIDA DE PESO</b>	<b>PERDIDA DE HUMEDAD</b>	<b>% HUMEDAD</b>
<b>0.00</b>	100.00	0	0	31.01
<b>24.00</b>	99.90	0.10	0.10	30.91
<b>48.00</b>	98.62	1.38	1.38	29.63
<b>72.00</b>	98.31	1.69	1.69	29.32
<b>96.00</b>	97.76	2.24	2.24	28.77
<b>120.00</b>	97.34	2.66	2.66	28.35
<b>144.00</b>	96.16	3.84	3.84	27.17
<b>168.00</b>	95.93	4.07	4.07	26.94
<b>192.00</b>	94.86	5.14	5.14	25.87
<b>216.00</b>	94.39	5.61	5.61	25.40
<b>240.00</b>	93.23	6.77	6.77	24.24

<b>264.00</b>	91.68	8.32	8.32	22.69
<b>288.00</b>	90.22	9.78	9.78	21.23
<b>312.00</b>	88.79	11.21	11.21	19.80
<b>336.00</b>	87.09	12.91	12.91	18.10
<b>360.00</b>	86.22	13.78	13.78	17.23
<b>384.00</b>	85.51	14.49	14.49	16.52
<b>408.00</b>	84.21	15.79	15.79	15.22
<b>432.00</b>	83.10	16.90	16.90	14.11
<b>456.00</b>	81.03	18.97	18.97	12.04
<b>480.00</b>	79.52	20.48	20.48	10.53
<b>504.00</b>	78.93	21.07	21.07	9.94
<b>528.00</b>	78.21	21.79	21.79	9.22
<b>552.00</b>	77.62	22.38	22.38	8.63
<b>576.00</b>	76.44	23.56	23.56	7.45
<b>600.00</b>	74.80	25.20	25.20	5.81
<b>624.00</b>	73.44	26.56	26.56	4.45
<b>648.00</b>	72.48	27.52	27.52	3.49
<b>672.00</b>	71.03	28.97	28.97	2.04
<b>696.00</b>	70.50	29.50	29.50	1.51
<b>720.00</b>	70.10	29.90	29.90	1.11
<b>744.00</b>	70.04	29.96	29.96	1.05
<b>768.00</b>	69.95	30.05	30.05	0.96
<b>792.00</b>	69.70	30.30	30.30	0.71
<b>816.00</b>	69.60	30.40	30.40	0.61
<b>840.00</b>	69.41	30.59	30.59	0.42
<b>864.00</b>	69.34	30.66	30.66	0.35
<b>888.00</b>	69.26	30.74	30.74	0.27
<b>912.00</b>	69.18	30.82	30.82	0.19
<b>936.00</b>	69.10	30.90	30.90	0.11
<b>960.00</b>	69.02	30.98	30.98	0.03
<b>984.00</b>	69.00	31.00	31.00	0.01
<b>1008.00</b>	68.99	31.01	31.01	0.00

**Anexo 4.**Datos de número de plantas, altura y número de hojas a los 30 días.

**Número de plantas, altura y número de hojas del hw a 70w**

**P1R1**

<b>REPETICIÓN</b>			
<b>N° DE SITIO/AGUJERO</b>	<b>N° DE PLANTA</b>	<b>ALTURA</b>	<b>N° HOJAS</b>
1	1	9	4
2	2	5	2
3	0	0	0
4	0	0	0
5	3	5.5	3
6	0	0	0
7	4	10	4
8	0	0	0
9	5	5	3
10	0	0	0
11	6	10	5
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	7	12	5
17	8	11	5
18	9	11	5
19	0	0	0
20	10	10	4
21	11	11	5
22	0	0	0
23	0	0	0
24	12	6	4
25	0	0	0
26	13	6	4
27	0	0	0
28	14	11	4
29	0	0	0
30	15	12	5
<b>P1R1</b>		8.97	4

## P1R2

<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
2	0	0	0
3	0	0	0
4	2	10	5
5	0	0	0
6	0	0	0
7	3	8	4
8	4	11	4
9	0	0	0
10	5	10	4
11	0	0	0
12	6	9	4
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	7	11	5
18	0	0	0
19	0	0	0
20	8	10	5
21	9	11	4
22	0	0	0
23	0	0	0
24	10	10	4
25	0	0	0
26	0	0	0
27	0	0	0
28	11	11	5
29	0	0	0
30	0	0	0
<b>P1R2</b>		9.91	5



**P1R3**

<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>3</b>
2	2	8	4
3	0	0	0
4	3	7	3
5	0	0	0
6	0	0	0
7	4	9	4
8	0	0	0
9	0	0	0
10	5	5.9	4
11	6	8	4
12	0	0	0
13	7	10	4
14	0	0	0
15	8	11	4
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	9	11.5	5
21	10	6.5	3
22	11	6	3
23	12	10	5
24	0	0	0
25	0	0	0
26	13	11	5
27	0	0	0
28	14	11	5
29	0	0	0
30	0	0	0
<b>P1R3</b>		8.7	4.0
<b>PROMEDIO POR TRATAMIENTO</b>		9.19	4

Número de plantas, altura y número de hojas del horno convencional a 55°C

H1R1

Nº DE SITIO/AGUJERO	Nº DE PLANTA	ALTURA	Nº HOJAS
1	1	13.4	4
2	2	13.9	5
3	3	10.8	5
4	4	15.2	6
5	5	16.9	5
6	6	12	5
7	7	13.4	5
8	8	14	5
9	9	12.5	4
10	10	10	5
11	11	13.3	5
12	12	13	4
13	13	11.4	4
14	14	12	5
15	15	11	5
16	16	9.9	4
17	17	13.6	5
18	18	10.2	4
19	19	13	5
20	20	13.5	5
21	21	12.4	5
22	22	9.5	4
23	23	11.2	5
24	24	9.6	4
25	25	8.9	4
26	26	12.3	5
27	27	11	5
28	28	10.3	4
29	29	9.7	4

	<b>30</b>	30	10.3	4
<b>H1R1</b>			11.89	5

**H1R2**

	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>10.3</b>	<b>4</b>
	2	2	10.6	4
	3	3	10	4
	4	4	8	4
	5	5	14.4	5
	6	6	10.6	4
	7	7	14.8	4
	8	8	9.9	4
	9	9	12.4	5
	10	10	10	4
	11	11	15.3	5
	12	12	9.5	4
	13	13	10.4	4
	14	14	8	4
	15	15	9.3	4
	16	16	10	4
	17	17	9.5	4
	18	18	10.7	4
	19	19	12.5	5
	20	20	12	5
	21	21	13.7	4
	22	22	9	4
	23	23	12.3	4
	24	24	8.4	5
	25	25	9.6	5
	26	26	11	4
	27	27	10	4
	28	28	11	4
	29	29	11.5	4
	30	30	15.4	5
<b>H1R2</b>			11.00	4

<b>H1R3</b>			
<b>1</b>	1	14.3	5
<b>2</b>	2	15.5	5
<b>3</b>	3	9	4
<b>4</b>	4	14	5
<b>5</b>	5	13.6	4
<b>6</b>	6	10	4
<b>7</b>	7	11.4	4
<b>8</b>	8	14.7	5
<b>9</b>	9	6	4
<b>10</b>	10	13.2	4
<b>11</b>	11	9.7	4
<b>12</b>	12	12	5
<b>13</b>	13	8.9	4
<b>14</b>	14	11.3	5
<b>15</b>	15	12	4
<b>16</b>	16	13.4	5
<b>17</b>	17	12	4
<b>18</b>	18	14.3	5
<b>19</b>	19	14.3	5
<b>20</b>	20	13	6
<b>21</b>	21	10	4
<b>22</b>	22	12	4
<b>23</b>	23	12	4
<b>24</b>	24	10.6	5
<b>25</b>	25	12.5	4
<b>26</b>	26	12.1	5
<b>27</b>	27	8.4	4
<b>28</b>	28	13.2	5
<b>29</b>	29	13.4	4
<b>30</b>	30	11.6	5
<b>H1R3</b>		11.95	5
<b>PROMEDIO POR TRATAMIENTO</b>		11.61	4

Número de plantas, altura y número de hojas del testigo

T1R1

N° DE SITIO/AGUJERO	N° DE PLANTA	ALTURA	N° HOJAS
1	1	12.3	5
2	2	8.4	3
3	3	12	5
4	4	9.9	4
5	0	0	0
6	5	13.4	5
7	6	11.4	5
8	7	10.3	5
9	0	0	0
10	8	9.5	4
11	9	11.4	4
12	10	11.7	5
13	11	16	5
14	12	10.3	5
15	13	11.4	5
16	14	8.5	4
17	15	15.7	5
18	16	9.4	5
19	17	13	5
20	0	0	0
21	18	13.6	5
22	19	8.4	4
23	20	9	5
24	21	9.8	5
25	22	14.3	5
26	23	13	5
27	24	10.4	4
28	25	11	4
29	26	7	4
30	27	10.3	5
<b>T1R1</b>		11.16	5

**T1R2**

<b>1</b>	<b>1</b>	<b>10.4</b>	<b>5</b>
2	2	10	4
3	3	9	5
4	4	10.9	4
5	5	8	4
6	6	9.5	4
7	7	12.4	5
8	8	11	5
9	9	10.5	4
10	10	11	5
11	11	11	4
12	12	9	4
13	13	9	4
14	14	7	4
15	15	10	4
16	16	8	4
17	17	6.1	4
18	18	10	4
19	19	10.2	4
20	20	10.5	4
21	21	9	4
22	22	13	4
23	23	10.6	4
24	0	0	0
25	24	10	5
26	25	12.5	5
27	26	10	4
28	27	8	4
29	28	10.9	4
30	29	8	4
<b>T1R2</b>		9.52	4.1

**T1R3**

<b>1</b>	<b>1</b>	<b>11.4</b>	<b>5</b>
2	2	12.8	5
3	3	10.7	5
4	4	11.6	5
5	5	10.8	4
6	6	12.2	4
7	7	9.8	4
8	8	8.3	4
9	9	10	4
10	10	8.6	4
11	11	11	4
12	12	10.2	4
13	13	13.3	5
14	14	11	4
15	15	8	4
16	16	10.9	4
17	17	10.3	4
18	18	9.4	4
19	19	11.3	4
20	20	13	4
21	21	13.2	4
22	22	9.1	4
23	23	11.1	4
24	24	9	4
25	25	11.7	5
26	26	14.6	5
27	27	11	5
28	28	11	4
29	29	9.8	4
30	30	9.6	4
<b>T1R3</b>		10.82	4.27
<b>PROMEDIO GENERAL TRATAMIENTO</b>		10.50	4

**Anexo 5.**Cuadros de análisis de varianzas y prueba de Tukey para los tratamientos

**Análisis de varianza para el número de plantas**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor
Modelo	2588.27	4	647.07	485.30	<0.0001
Tratamientos	2588.27	4	647.07	485.30	<0.0001
Error	13.33	10	1.33		
Total	2601.6	14			
CV		8.02			

**Prueba de Tukey para el número de plantas**

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E			
HW210	0.00	3	0.67	A		
HW140	0.00	3	0.67	A		
HW 70	13.33	3	0.67		B	C
TESTIGO	28.67	3	0.67			C
HORNO CONVENCIONAL	30.00	3	0.67			

**Análisis de varianza para la altura de planta**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor
Modelo	404.72	4	101.18	281.03	<0.0001
Tratamientos	404.72	4	101.18	281.03	<0.0001
Error	3.6	10	0.36		
Total	408.32	14			
CV		9.54			



### Prueba de Tukey para la altura de planta

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E			
HW210	0.00	3	0.35	A		
HW140	0.00	3	0.35	A		
HW 70	9.19	3	0.35		B	C
TESTIGO	10.65	3	0.35		B	C
HORNO CONVENCIONAL	11.61	3	0.35			

### Análisis de varianza para el número de hojas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor
Modelo	71.33	4	17.82	89.17	<0.0001
Tratamientos	71.33	4	17.82	89.17	<0.0001
Error	2.00	10	0.20		
Total	73.33	14			
CV		16.77			

### Prueba de Tukey para el número de hojas

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E			
HW210	0.00	3	0.26	A		
HW140	0.00	3	0.26	A		
HW 70	4.33	3	0.26			B
TESTIGO	4.33	3	0.26			B
HORNO CONVENCIONAL	4.67	3	0.26			B

Anexo 6. Fotografías de las principales actividades realizadas en el proyecto.



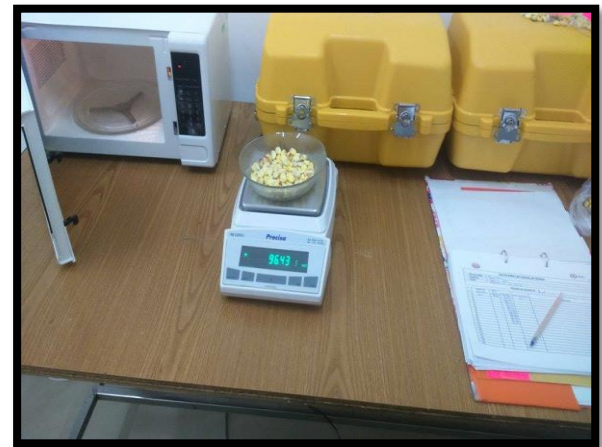
Obtención de la semilla



Obtención de la semilla



Peso de 100gr



Secado de las semillas en distintas potencias



Secado en el horno convencional a 55°C



Secado de las semillas en el sol



Obtención de las semillas a una humedad de 12 %



Semillas secas en fundas termo resistentes



Semillas secas en fundas termo resistentes



Semillas en cajas Petri para la germinación





Pruebas de germinación



Pruebas de germinación





Siembra en campo



Toma de datos