



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Facultad de Ciencias

Agropecuarias y Recursos Naturales

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de
Amaranthus sp, tras Diferentes Métodos de Secado”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA**

AUTORA:

Herrera Soto Betty Gabriela

TUTOR:

PhD. Rafael Hernández Maqueda


LATACUNGA - ECUADOR

Marzo - 2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo Betty Gabriela Herrera Soto” declaro ser la autora del presente proyecto de investigación: “Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de *Amaranthus sp.*, tras Diferentes Métodos de Secado”, 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.



Betty Gabriela Herrera Soto

C.I. 172514794-4

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 Betty Gabriela Herrera Soto, identificada/o con C.C. N° 172514794-4, de estado civil soltera y con domicilio en La Estación, calle Vargas Torres y Pasaje de la Madre Latacunga, a 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.- 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 *Amaranthus sp*, tras Diferentes Métodos de Secado**” el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad Académica según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.- Octubre 2011 – Febrero 2017.

Aprobación HCA.- Agosto del 2016

Tutor.- Ing. Mg. Sc. Santiago Jiménez.

Tema: “**Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de *Amaranthus sp*, tras Diferentes Métodos de Secado**”

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 tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de Marzo del 2017.



.....
Betty Gabriela Herrera Soto

EL CEDENTE

.....
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO


AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

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

“Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de *Amaranthus sp.*, tras Diferentes Métodos de Secado”, de Betty Gabriela Herrera Soto, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe 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, Marzo 2017

Tutor:



.....
PhD. Rafael Hernández Maqueda

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, el o los postulantes: Betty Gabriela Herrera Soto, con el título de Proyecto de Investigación “Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de *Amaranthus sp.*, tras Diferentes Métodos de Secado”, 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, Marzo 2017

Para constancia firman:




Ing. Karina Marín Mg. Sc.

LECTOR 1



Ing. Santiago Jiménez Mg. Sc.

LECTOR 2



Ing. Francisco Chancusig Mg. Sc.

LECTOR 3

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi Dios, por haberme permitido culminar una meta más, a mi madre, a mi esposo, mi hija y familia que son el motor de mi vida y que fueron partícipes de este proyecto, agradecerles por el apoyo brindado durante toda mi Carrera Universitaria.

También quiero agradecer a mis docentes, a mi Tutor y lectores que formaron parte de este proceso porque sin ellos no hubiera sido posible culminar con éxito este proyecto.

Como no agradecer a mi Universidad por abrirme las puertas y haberme permitido formarme en ella, no ha sido sencillo el camino pero gracias al apoyo y al gran amor he logrado una meta más en mi vida.

BETTY GABRIELA HERRERA SOTO

DEDICATORIA

A mi madre Olga Herrera por el apoyo y el cariño brindado durante toda mi vida, a mi hermosa hija quien fue un pilar fundamental para alcanzar esta meta tan anhelada, a mi esposo Edison por su comprensión y dedicación durante esta etapa.

A mi familia porque cada uno de ellos aportaron con algo para llegar a ser una profesional y una persona de bien a todas y cada una de esas personas dedicar este presente Proyecto de Grado recordándoles que son mi razón de vivir.

BETTY GABRIELA HERRERA SOTO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de *Amaranthus sp*, tras Diferentes Métodos de Secado”

Autora: Betty Gabriela Herrera Soto

RESUMEN

La presente investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, tuvo como finalidad la Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de *Amaranthus sp*, tras Diferentes Métodos de Secado, teniendo como objetivos: evaluar el tiempo de secado, eficiencia energética y calidad de la semilla tras el secado a diferente intensidad de potencia, utilizando la tecnología microondas, en comparación con una temperatura fija en horno convencional y al aire libre, se realizó las curvas de secado, la viabilidad de la semilla y el desarrollo en campo de los distintos métodos empleados para evaluar el porcentaje de plantas germinadas.

La metodología que se realizó fue las curvas de secado de las dos tecnologías (microondas y horno eléctrico) lo que permitió determinar el tiempo necesario para que las semillas perdieran la humedad. con la utilización de microondas los tiempos disminuyeron con respecto al horno que se demoró más para alcanzar la humedad requerida, en laboratorio se hizo pruebas de germinación, la mejor tasa de germinación fue del testigo (secado al sol), en estas pruebas los tratamientos presentaron contaminación por hongos (*Fusarium*) que afectó el poder germinativo, las semillas tratadas con las tecnologías fueron llevadas al vivero, alcanzando un alto porcentaje de emergencia, a diferencia del testigo (secadas al sol) indicando una calidad óptima, las plántulas fueron llevadas a campo.

Se evaluó la altura de planta y supervivencia a los 15 y 30 días, para esta evaluación se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), realizando un sorteo para los tratamientos con 3 repeticiones, sembrando 30 plantas en cada tratamiento.

Los resultados de altura y supervivencia a los 15 y 30 días aplicando las dos tecnologías más el testigo, la que mejor se adaptó al campo fue el testigo semilla secada al sol, seguido del microondas y por último el horno eléctrico, el secado con microondas difiere de forma significativa de los métodos convencionales ahorrando tiempo y eficiencia energética.

Palabras claves: eficiencia energética, intensidad de potencia, viabilidad, vigor.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Title: "Assessment of the viability and quality of the seed of *Amaranthus sp.*, after different methods of drying"

ABSTRACT

The present research was carried out in the laboratories of the Faculty of Sciences Agricultural and Natural Resources of the Technical University of Cotopaxi, had as its purpose The purpose of the assessment of the viability and quality of the seed of *Amaranthus sp.*, after different methods of drying, taking as objectives: to evaluate the drying time, energy efficiency and quality of the seed after drying at different intensity levels of power, using the microwave technology, in comparison with a fixed temperature in conventional oven and outdoor is made the drying curves, the viability of the seed and the development in the field of the different methods used to evaluate the percentage of germinated plants.

The methodology that was made was the drying curves of the two technologies (microwave, electric oven) which allowed determining the time necessary for the seeds lose moisture. With the use of microwave the times decreased with respect to the oven that took longer to reach the humidity required in the laboratory was tested for germination, the best rate of germination was witness (drying in the sun), in these tests the treatments showed contamination by fungi (*Fusarium*) that affection the germination, seeds treated with technologies were taken to the nursery, reaching a high percentage of emergency, unlike the Witness (dried to the sun) indicating an optimum quality seedlings were taken to field.

Assessed the plant height and survival at 15 and 30 days for this evaluation was implemented a randomized complete block design (DBCA), performing a draw for the treatments with 3 replications, planting 30 plants in each treatment.

The results of height and survival at 15 and 30 days by applying the two technologies more the witness, which has best adapted to the field was the witness seed dried to the sun, followed by the microwave

and finally the electrical oven, Drying with microwave differs significantly from the conventional methods saving time and energy efficiency.

Key words: energy efficiency, intensity of power, viability, force.

INDICE GENERAL

Contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	vi
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
INDICE DE GRÁFICOS	8
INDICE DE CUADROS.....	9
INDICE DE ANEXOS.....	10
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	11
Título del Proyecto.....	11
Fecha de inicio	11
Fecha de finalización	11
Lugar de ejecución	11
Facultad que auspicia.....	11
Carrera que auspicia.....	11
Proyecto de investigación vinculado.....	11
Equipo de Trabajo	11
Área de Conocimiento	12
Línea de investigación	12
Sub líneas de investigación de la Carrera	12
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	13
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	15
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	16
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17

6. OBJETIVOS:	18
6.1 General	18
6.2 Específicos	18
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	21
8.1 Amaranthus sp.....	21
8.2 Taxonomía del amaranto.....	21
8.3 Fenología, Crecimiento y Desarrollo	22
8.4 Fases fenológicas del amaranto.....	22
8.5 Fase reproductiva	22
8.6 Métodos de selección	23
8.7 Valor Nutritivo del Grano	24
8.8 Composición	24
8.9 Secado de semillas	25
9. Contenido de humedad de la semilla.	25
9.1. Métodos de Secado	26
9.2 Secado al sol.....	26
9.3 Secado al aire libre	27
9.4 Secado Artificial.	27
9.5 Secado con aire natural	27
9.6 Calentamiento con energía microondas	27
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	34
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:.....	35
10.1 Modalidad básica de investigación	35
10.1.1 De Campo	35
10.1.2 De laboratorio	35
10.1.3 Bibliográfica Documental.....	35
10.2 Tipo de Investigación.....	35
10.2.1 Experimental	35
10.3. Metodología.....	35
10.3.1 Obtención de las curvas de secado:.....	35
10.3.1. Consumo energético	36

10.3.2. Pruebas de germinación.....	36
10.3.3. Supervivencia en campo.....	36
11. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	39
13. PRESUPUESTO.....	54
14. CONCLUSIONES.....	55
15. RECOMENDACIONES.....	56
16. BIBLIOGRAFÍA.....	57
17. ANEXOS.....	59

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)	38
Gráfico 2 Secado al Horno	39
Gráfico 3 Secado al Horno	40
Gráfico 4 Secado con microondas 20g	41
Gráfico 5 Secado con microondas 20g	41
Gráfico 6 Secado con microondas 40g	42
Gráfico 7 Secado con microondas 40g	42
Gráfico 8 Secado con microondas 80g	43
Gráfico 9 Secado con microondas 80g	44
Gráfico 10 Prueba de Tukey altura a los 30 días	51
Gráfico 11 Prueba de Tukey análisis de varianza de incremento	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	19
Cuadro 2 Composición nutricional	24
Cuadro 3 Clasificación de materiales de acuerdo con las ondas electromagnética	28
Cuadro 4 Ventajas del calentamiento con energía microondas	30
Cuadro 5 Pruebas de Germinación.....	44
Cuadro 6 Contaminación de las Semillas	46
Cuadro 7 Análisis de la Varianza Pruebas de Germinación	47
Cuadro 8 Prueba de Tukey al 0,05% para la germinación.....	48
Cuadro 9 Altura de la planta	49
Cuadro 10 Análisis de la Varianza de la altura de la planta	50
Cuadro 11 Prueba de Tukey altura a los 30 días.....	50
Cuadro 12 Análisis de varianza del incremento.....	52
Cuadro 13 Prueba de Tukey Análisis de varianza de incremento.....	52
Cuadro 14 Presupuesto.....	54

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Aval de Traducción	59
Anexo 2 Curriculum Vitae de los investigadores	60
Anexo 3 Tablas de análisis de las curvas de secado	67
Anexo 4 Datos de toma de alturas a los 15 y a los 30 días.	77
Anexo 5 Fotografías de las principales actividades realizadas en el proyecto	92

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Evaluación de la Viabilidad y Calidad de la Semilla de *Amaranthus* sp., tras Diferentes Métodos de Secado.

Fecha de inicio:

Abril 2016

Fecha de finalización:

Febrero 2017

Lugar de ejecución:

Parroquia Eloy Alfaro – Cantón Latacunga – Provincia Cotopaxi (Zona 3)

Facultad que auspicia

Facultad De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica.

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto: PhD. Rafael Hernández

Tutor: PhD. Rafael Hernández

Lector 1: Ing. Karina Marín Mg. Sc.

Lector 2: Ing. Santiago Jiménez Mg. Sc.

Lector 3: Ing. Francisco Chancusig Mg. Sc.

Coordinador del Proyecto

Nombre: Betty Gabriela Herrera Soto

Teléfonos: 0987952120

Correo electrónico: betty.herrera4@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura: agricultura, silvicultura y pesca.

Línea de investigación:

Línea 2: 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.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Producción Agrícola Sostenible.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

La presente investigación Evaluación de la viabilidad y calidad de la semilla de *Amaranthus* sp., tras diferentes métodos de secado, se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, está enfocada en disminuir los tiempos de secado de las semillas reemplazando los métodos convencionales por tecnologías. Debido a que es un proyecto de investigación enfocado en el sector agrario que busca nuevas tecnologías para el secado, reduciendo pérdidas de semilla y libre de patógenos, debido a que estas tecnologías tienen un gran potencial para contribuir al mejoramiento de la conservación y almacenamiento de la semilla.

Teniendo como objetivos la evaluación del tiempo de secado, eficiencia energética y calidad de la semilla tras el secado a diferente intensidad de potencia, utilizando la tecnología microondas, en comparación con una temperatura fija en horno convencional y al aire libre, se realizó las curvas de secado, la viabilidad de la semilla y el desarrollo en campo de los distintos métodos empleados para evaluar el porcentaje de plantas germinadas.

La metodología que se realizó fue las curvas de secado de las dos tecnologías (microondas y horno eléctrico) lo que permitió determinar el tiempo necesario para que las semillas perdieran la humedad. con la utilización de microondas los tiempos disminuyeron con respecto al horno que se demoró más para alcanzar la humedad requerida, en laboratorio se hizo pruebas de germinación, la mejor tasa de germinación fue del testigo (secado al sol), en estas pruebas los tratamientos presentaron contaminación por hongos (*Fusarium*) que afecto el poder germinativo, las semillas tratadas con las tecnologías fueron llevadas al vivero, alcanzando un alto porcentaje de emergencia, a diferencia del testigo (secadas al sol) indicando una calidad óptima, las plántulas fueron llevadas a campo.

Se evaluó la altura de planta y supervivencia a los 15 y 30 días, para esta evaluación se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), realizando un sorteo para los tratamientos con 3 repeticiones, sembrando 30 plantas en cada tratamiento.

Los resultados de altura y supervivencia a los 15 y 30 días aplicando las dos tecnologías más el testigo, la que mejor se adaptó al campo fue el testigo semilla secada al sol, seguido del microondas y por

último el horno eléctrico, el secado con microondas difiere de forma significativa de los métodos convencionales ahorrando tiempo y eficiencia energética.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo de investigación se justifica en razón de tiempos de secado convencionales que limitan las prontas siembras realizadas por los agricultores, además de ello la obtención de semilla de calidad con humedad óptima y libre de patógenos

Un aspecto que ha despertado un gran interés es la utilización de la energía microondas como eficiencia energética. El ahorro de energía que se logra en estos sistemas se debe, fundamentalmente, a las velocidades de secado más altas, la interacción directa de la energía con el disolvente, las temperaturas de secado más bajas y las menores pérdidas de calor que se producen en ellos. (Schiffmann, 2015). Otra de las ventajas que se le atribuye al uso de la energía de microondas es que con su utilización se puede disminuir el tiempo de secado para varios materiales dieléctricos, reduciendo de esta forma la incidencia de las imperfecciones de secado, en comparación con los métodos convencionales (Rattanadecho, 2016).

Las técnicas de secado de semillas y productos hortofrutícolas, basadas en la tecnología microondas, tienen un gran potencial para contribuir al mejoramiento de la conservación de semillas, la calidad de los productos vegetales deshidratados y mejorar la eficiencia energética del proceso de secado.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

La práctica del secado de semillas al aire supone una inversión de tiempo considerable por parte de los agricultores. Además, esta técnica conlleva un gran porcentaje de pérdida de la calidad de semillas por el ataque de plagas y enfermedades. Con los resultados de este proyecto se espera obtener una técnica eficiente de secado de semillas que reduzca los tiempos de secado sin perjuicio de la calidad de las mismas y que disminuya a su vez la posibilidad de ser afectadas por plagas, enfermedades y contaminaciones.

Los principales beneficiarios de este proyecto serán los agricultores de la zona 3, al estudiar especies típicas de la región sierra: en este caso amaranto. Sin embargo, si la técnica es efectiva, es fácilmente extrapolable a otros productos y regiones, por lo que teóricamente cualquier productor podría verse beneficiado con los resultados del proyecto.

Por otro lado, la originalidad del proyecto permite garantizar que, como resultado del mismo, se publicará 1 artículo en revistas de alcance internacional (indexadas en las bases de datos SCOPUS y/o WoS). Por último, en el contexto de la Universidad Técnica de Cotopaxi, este proyecto es pionero, debido a su carácter multidisciplinar al integrar personal docente, investigador y estudiante de la carrera Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las prácticas convencionales de secado realizadas por los agricultores (aire libre) conllevan una problemática de pérdida de calidad de las semillas por factores abióticos y sus cambios bruscos como temperatura, humedad y viento, otro factor de pérdida es la contaminación de la semilla por agentes patógenos en campo y almacenamiento, lo que ocasiona que el tiempo de secado sea más largo, durando varios días hasta semanas. Por esta razón se busca disminuir los tiempos de secado empleando diferentes tecnologías pero sin afectar el poder germinativo de la misma, lo que favorecería a los agricultores.

6. OBJETIVOS

6.1 General:

Evaluar el tiempo de secado, eficiencia energética y calidad de la semilla tras el secado a diferentes temperaturas utilizando la tecnología microondas en comparación con el horno y al aire libre.

6.2 Específicos:

1. Realizar las curvas de secado para los distintos métodos empleados.
2. Evaluar la viabilidad de las semillas.
3. Evaluar el desarrollo en campo de las plantas germinadas con los métodos y parámetros de secado más eficientes.

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

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
<p>1. Realizar las curvas de secado para los distintos métodos empleados.</p>	<p>1.1 Secado de semillas a diferentes temperaturas e intensidad de potencia. (w/gr). 1.2 Cálculo del consumo energético para cada técnica empleada ($E = w * t$).</p>	<p>1.1 Con la utilización de microondas los tiempos disminuyeron un 90% con respecto al horno que se demoró más para alcanzar el 6 y 8 % de humedad requerida. 1.2 El mejor tiempo de secado fue de 13 minutos para la intensidad de potencia de 0.5W/g (20 gramos a 10 W de potencia).</p>	<p>1.1 Gráficas que representan las curvas de secado. 1.2 Informe sobre los datos de energía.</p>
<p>2. Evaluar la viabilidad de las semillas.</p>	<p>2.1 Realizar estudios de germinación de la semilla secada con las distintas tecnologías y parámetros de</p>	<p>2.1 En las pruebas de germinación el promedio fue del 75.53%, la mejor tasa de germinación se dio con el secado al sol (85% de plantas germinadas). 2.2 Dentro de estas</p>	<p>2.1 Informe sobre el % de germinación de las semillas y análisis correspondientes.</p>

	evaluación.	pruebas los tratamientos presentaron contaminación por hongos siendo las pérdidas por debajo del 15%.	
3. Evaluar el desarrollo en campo de las plantas germinadas con los métodos y parámetros de secado más eficientes.	<p>3.1 Sembrar la semilla con las distintas tecnologías evaluadas.</p> <p>3.2 Determinar la sobrevivencia en campo y datos de altura al mes de la siembra.</p>	<p>3.1 Las semillas tratadas con las tecnologías alcanzan el 85% de emergencia, a diferencia del testigo (semilla secadas al sol) que alcanzan el 90% indicando calidad óptima</p> <p>3.2 A los 15 días en microondas un promedio de 2,13%, en horno un promedio de 2.05%, al sol un promedio de 2.32% de altura.</p> <p>A los 30 días en microondas un promedio de 3.12%, en horno un promedio de 3.10%, sol un promedio de 3.37%.</p>	<p>3.1 Interpretar datos de plantas germinadas mediante el programa Infostad.</p> <p>3.2 Informe sobre la altura de los distintos tratamientos a los 15 y 30 días.</p>

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 *Amaranthus* sp.

El amaranto es un cereal de cultivo anual, posee características agronómicas que le permiten adaptarse a condiciones ambientales adversas, donde otros cultivos no prosperan, tiene un mercado potencial importante en todo el mundo, es una planta C4, lo que representa una modalidad fotosintética de alta eficiencia en el aprovechamiento de la radiación solar, puede tolerar el ataque de insectos y sus semillas contienen proteínas con un alto valor nutritivo. (Hernández R., 1998)

8.2 Taxonomía del amaranto

- REINO Vegetal
- DIVISIÓN Fanerogama
- TIPO Embryophyta siphonogama
- SUBTIPO Angiosperma
- CLASE Dicotiledoneae
- SUBCLASE Archyclamidae
- ORDEN Centrospermales
- FAMILIA Amaranthaceae
- GENERO *Amaranthus*
- SECCION *Amaranthus*
- ESPECIES *caudatus*, *cruentus* e *hypochondriacus*

El género *Amaranthus* contiene más de 70 especies, de las cuales la mayoría son nativas de América y sólo 15 especies provienen de Europa, Asia, África y Australia.

El género *Amaranthus* tiene más de 60 especies, siendo las más importantes y conocidas las siguientes:

- *Amaranthus caudatus* L.
- *Amaranthus hypochondriacus* L.
- *Amaranthus cruentus* L.

- *Amaranthus hybridus* L.

8.3 Fenología, Crecimiento y Desarrollo

Pertencen al grupo de plantas que presentan el síndrome llamado "Carbono 4", una modalidad fotosintética de alta eficiencia en el aprovechamiento de la radiación solar y del dióxido de carbono presente en la atmósfera, que es poco habitual en plantas de la clase de las dicotiledóneas, en la que están comprendidos. El seguimiento del estado fenológico de los cultivos es una tarea muy importante para el agricultor, no sólo porque sirve de base para la programación de las futuras labores culturales, tales como el riego, aplicación de insecticidas, aporques, etc., sino también porque permite evaluar el crecimiento de los cultivos y sobre todo tener una idea sobre los posibles rendimientos de sus cultivos. (Chagaray, 2005)

8.4 Fases fenológicas del amaranto

Emergencia: Es la fase en la cual las plántulas emergen del suelo y muestran sus dos cotiledones extendidos y en el surco se observa por lo menos un 50% de población en este estado. Todas las hojas verdaderas sobre los cotiledones tienen un tamaño menor a 2 cm de largo. Este estado puede durar de 8 a 21 días dependiendo de las condiciones agroclimáticas.

Fase vegetativa: Estas se determinan contando el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidas por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado V 1 el segundo es V 2 y así sucesivamente. A medida que las hojas basales mueren, la cicatriz dejada en el tallo principal se utiliza para considerar el nudo que corresponda.

8.5 Fase reproductiva

Inicio de panoja: El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo. Este estado se observa entre 50 y 70 días después de siembra.

Panoja: La panoja tiene al menos 2 cm de largo.

Término de panoja: La panoja tiene al menos 5 cm de largo. Si la antesis ya ha comenzado cuando se ha alcanzado esta etapa, la planta debiera ser clasificada en la etapa siguiente.

Antesis: Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. Las flores hermafroditas, son las primeras en abrir y generalmente la antesis comienza desde el punto medio del eje central de la panoja hacia las ramificaciones laterales de esta misma. En esta etapa existe alta sensibilidad a las heladas y al stress hídrico. Este estado puede ser dividido en varios sub-estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado antesis.

Llenado de granos: La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja.

Grano lechoso: Las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso.

Grano pastoso: Las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.

Madurez fisiológica: Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panoja es el indicador más utilizado. En panojas verdes, éstas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café rojizo. Además las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña. En esta estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.

Madurez de cosecha: Las hojas senescentes caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que caiga una helada de otoño para que disminuya la humedad de la semilla. (Chagaray, 2005)

8.6 Métodos de selección

Los métodos de selección estarán en función del tipo de polinización y características de la flor; la polinización cruzada en el amaranto alcanza hasta el 10% en la mayoría de los cultivares, variando con los diferentes ambientes y dependiendo fundamentalmente de las especies y cultivares; en la generalidad de los casos los Estudio de factibilidad del cultivo del amaranto - 9 agricultores no distancian ni separan sus siembras, ocurriendo una libre polinización y autofecundación; sin embargo en siembras comerciales más avanzadas y semilleros se aíslan de otras poblaciones para obtener semilleros más puros y se eliminan las silvestres.

8.7 Valor Nutritivo del Grano

El alto potencial del amaranto como fuente alimenticia se basa en su alto contenido de proteína que varía entre 13-18%. Además esa proteína está compuesta por un buen balance de aminoácidos esenciales, principalmente lisina, aunque se ha informado que es deficiente en treonina. Debido a lo interesante de la composición de la proteína, varios investigadores han estudiado el contenido de fracciones proteínicas en el grano. (Bressani R, 1990)

Es un cultivo importante y prometedor como la mejor fuente de proteínas de origen vegetal que se puede obtener en condiciones de temporal, debido a que presenta mayores rendimientos que otros cultivos en circunstancias similares. (Becerra, 2000)

8.8 Composición

Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca).

CUADRO 2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Característica	Contenido
Proteína (g)	12 - 19
Carbohidratos (g)	71,8
Lípidos (g)	6,1 - 8,1
Fibra (g)	3,5 - 5,0
Cenizas (g)	3,0 - 3,3
Energía (kcal)	391
Calcio (mg)	130 - 164
Fósforo (mg)	530
Potasio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1,5

Fuente: (Peralta E., 2008)

8.9 Secado de semillas

El secado es un proceso de vaporización donde el aire que pasa a través de la masa de las semillas tiene dos funciones:

- Es la fuente de calor para evaporar el agua del grano
- Sirve además como vehículo para transportar el agua evaporada fuera de la masa de semillas.

El aire transfiere el calor al interior de la semilla donde se produce la evaporación a su vez la semilla transfiere el agua evaporada a la corriente de aire para depositarla fuera del ambiente de secado. (Dávila S., 1988)

Los métodos convencionales de calentamiento dependen del lento proceso de transferencia de calor, desde la superficie del material a calentar a su interior. Este proceso es controlado por la diferencia de temperatura existente entre la temperatura de la superficie externa del material (de mayor temperatura) y la temperatura en su interior (de más baja temperatura).

9. Contenido de humedad de la semilla

La semilla se puede considerar como una estructura compuesta por sustancias complejas tales como carbohidratos, proteínas y aceites, con algo de agua, la cantidad de agua puede ser aumentada o extraída.

Si una semilla se coloca en agua, la absorberá, incrementando así su contenido de humedad, si se extrae del agua la semilla se secará de este modo el agua se evaporará y el contenido de humedad disminuirá. (Stubsgaard, 2012)

De acuerdo con las reglas del ISTA, el contenido de humedad se expresa como el peso del agua contenida como un porcentaje del peso total de la semilla antes del secado (porcentaje del peso húmedo).

FIGURA 1. CONTENIDO DE HUMEDAD

$$\% \text{ Humedad de la semilla} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la muestra antes del secado}} \times 100$$

Fuente: (Dávila S., 1988)

En la figura 1 se observa el peso del agua es la diferencia de peso entre la semilla húmeda y la materia seca.

9.1. Métodos de Secado

Existen diversos métodos para reducir el contenido de humedad de las semillas.

Unos se adaptan mejor a las necesidades específicas ya sean económicas o técnicas.

- Secado natural
- Secado en el campo

El secado en el campo es el método más utilizado cuando no se tienen recursos. Algunos agricultores consideran que es más económico dejar secar las semillas en el campo, pero es necesario tener en cuenta que en la producción de semilla las mayores pérdidas ocurren durante su almacenamiento en el campo debido a:

- Pérdidas de calidad fisiológica
- Mayor susceptibilidad a enfermedades
- Incremento de infestaciones de insectos
- Pérdida total de la semilla por: lluvia, granizo y vientos fuertes.

9.2 Secado al sol

El cosechar la semilla y secarla en patios en los que se esparce en capas delgadas de más o menos 10 cm, y se expone al sol y al aire, es una práctica muy antigua que puede resultar económica cuando se secan pequeños volúmenes de semilla los cuales pueden cubrirse y manejarse oportunamente en caso de presentarse condiciones ambientales adversas. (Dávila S., 1988).

9.3 Secado al aire libre

Se utiliza depósitos abiertos al viento para que este en forma natural a través de las semillas y elimine la humedad. El grosor de la masa de la semilla no debe ser mayor de 1.20m para que logre pasarse el aire libremente.

El tiempo de secado es muy prolongado, dependiendo de la intensidad y velocidad del viento y de la humedad relativa (HR) ambiental. (Dávila S., 1988)

9.4 Secado Artificial

Es aquel en el cual se cambian artificialmente las características del aire en contacto con las semillas, ya sea su temperatura, humedad o velocidad.

9.5 Secado con aire natural

En este método, el aire es forzado por medios artificiales a pasar a través de las semillas. El aire inducido tendrá la temperatura y HR del ambiente. Este método requiere poca supervisión y solo se requiere energía para el ventilador.

9.6 Calentamiento con energía microondas

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.

Por otra parte, es muy importante saber que la radiación microondas no es una forma de calor, sino que es una forma de energía que se manifiesta en forma de calor a través de su interacción con los materiales. Para la conversión de esta forma de energía existen varios mecanismos (Schiffmann, 2015)

Las propiedades que determinan si un material se puede calentar con éxito mediante energía microondas son sus propiedades dieléctricas, tales como: la constante dieléctrica relativa (ϵ'), tangente de pérdida o factor de disipación ($\tan \delta$) y el factor de pérdida (ϵ'') (Schiffmann, 2015)

El calentamiento y secado con energía microondas difiere de forma significativa de los métodos convencionales con los que tradicionalmente se realizan estos procesos. Además, es muy importante tener presente que todos los materiales no se pueden calentar rápidamente mediante energía microondas, debido a que ellos interactúan de diferente forma con los campos electromagnéticos. En este sentido, los materiales, de acuerdo a la forma en que interactúan con los campos electromagnéticos, se clasifican en cuatro grupos: conductores, aislantes, absorbentes y compuestos magnéticos (Schiffmann, 2015).

CUADRO 3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE ACUERDO A SU INTERACCIÓN CON LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Tipo de material	Interacción con las ondas electromagnéticas
Conductores	Son materiales con electrones libres, como los metales, que reflejan las ondas electromagnéticas. Se utilizan para contener y dirigir las ondas electromagnéticas en los aplicadores y guías de onda.
Aislantes	Son materiales que no conducen la energía eléctrica, tales como el vidrio, la cerámica, y el aire. Actúan como aislantes, que reflejan y absorben las ondas electromagnéticas en una proporción muy poco significativa y principalmente las transmiten (son transparentes a las ondas electromagnéticas). Son útiles para soportar o contener los materiales que se van a calentar y pueden tomar la forma de cintas transportadoras, bandejas de soporte, platos, etc.
Absorbentes	Son materiales que absorben la energía electromagnética y la convierten en calor. Por ejemplo el agua, aceites, la madera y otros materiales que contienen humedad
Compuestos	Son materiales, tales como ferritas, que interactúan con el componente magnético de la onda electromagnética y debido a ello

magnéticos	se calientan. Se utilizan como blindaje o dispositivos que impiden la fuga de energía electromagnética.
------------	---

Fuente: (Schiffmann, 2015)

En el cuadro 3 se muestran las características generales de cada uno de ellos. Como se puede observar en ella, en el grupo de materiales absorbentes se encuentran los materiales que absorben la radiación microondas; a estos materiales se les denomina materiales dieléctricos, por ello, al calentamiento con energía microondas también se le conoce como calentamiento dieléctrico.

Los métodos convencionales de calentamiento dependen del lento proceso de transferencia de calor, desde la superficie del material a calentar a su interior. Este proceso es controlado por la diferencia de temperatura existente entre la temperatura de la superficie externa del material (de mayor temperatura) y la temperatura en su interior (de más baja temperatura).

Por el contrario, el calentamiento con energía microondas es un calentamiento volumétrico, en el que el campo electromagnético interactúa con el material como un todo. El calentamiento se produce casi instantáneamente y puede ser muy rápido, aunque necesariamente no tiene que serlo.

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 u horas lo que podría tardar minutos, horas o días, con los métodos de calentamiento convencional.

CUADRO 4. VENTAJAS DEL CALENTAMIENTO CON ENERGÍA MICROONDAS

Ventajas	Debido a
Mayor velocidad de calentamiento y menores tiempo de procesamiento	Al calentamiento volumétrico y a la interacción directa del campo electromagnético interactúa con el material a calentar.
Calentamiento uniforme del material	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.
Mayor eficiencia energética	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
Mejor, más rápido, preciso y eficiente control del calentamiento	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.
Menor requerimiento de espacio	Que las velocidades de calentamiento son más altas
Calentamiento selectivo	Que el campo electromagnético generalmente interactúa con el disolvente y no con el sustrato. Por ello, el agua (humedad) contenida en el material es la que se calienta y se elimina, mientras que el sustrato se calienta

	principalmente por conducción.
Se puede mejorar la calidad de los productos	Que no se producen altas temperaturas en la superficie de los productos a calentar, evitándose el recalentamiento de la superficie y el de endurecimiento del producto, que son comunes con los métodos convencionales de calentamiento. Esto puede contribuir a un menor rechazo de los productos.
Se pueden obtener efectos químicos y físicos favorables	Que muchas reacciones químicas y físicas se favorecen por el calor generado por este método beneficiando los procesos de secado, fusión, desnaturalización de las proteínas, la gelatinización del almidón, etc.

Fuente: (Schiffmann, 2015)

En el cuadro 4 se resumen las ventajas que presenta el calentamiento mediante energía microondas con respecto a los métodos convencionales de calentamiento.

Secado de semillas con energía microondas

La conservación de semillas

La importancia de la conservación de semillas radica en la posibilidad de disponer de este recurso en el tiempo.

En el contexto de Ecuador, las semillas son parte fundamental del patrimonio natural y su manejo está muy vinculado a los conocimientos y prácticas de pueblos y comunidades, que durante siglos han permitido el uso y preservación de distintas especies vegetales de interés agrícola.

Tradicionalmente, para el secado de semillas se ha empleado la técnica de secado natural al sol que presenta serias limitaciones debido a las inclemencias del tiempo y a la posibilidad de ser afectadas por distintas plagas y enfermedades.

Para evitar estos inconvenientes, se han desarrollado distintos métodos artificiales de secado, como la convección por aire caliente, ampliamente discutido en (Barrozo, 2014), o recientemente la técnica de microondas que, permiten un mayor control de las variables que afectan al proceso de conservación y como se mencionó anteriormente permiten un mayor ahorro en términos de tiempo y una mayor eficiencia energética.

Efecto del secado de semillas con energía microondas

Si bien existe una proliferación de trabajos sobre el secado en microondas de material vegetal, en lo que respecta al secado de semillas con propósito de conservación, los estudios se reducen considerablemente.

En los distintos estudios realizados se observa que el secado de semillas asistido por microondas reduce considerablemente el tiempo de secado con respecto a otras técnicas. (Choudhary, 2013).

A su vez, en todos los trabajos analizados, el aumento de la potencia supone un aumento de la velocidad de secado y, en consecuencia una reducción del tiempo de secado.

Sin embargo, una cuestión importante dado el tipo de material sobre el que se trabaja, es que la mayoría de los estudios se centran en la cinética de secado, sin establecer criterios de calidad que pudieran contrastar cómo puede afectar el empleo de esta técnica a las características fisiológicas de la semilla.

Dada la importancia de discutir estos aspectos, tratamos en profundidad los principales resultados respecto a la viabilidad de semillas y las características físico-químicas tras el proceso de secado con microondas:

Para establecer la viabilidad de una semilla se realizan ensayos basados en su capacidad de germinación tras el proceso de secado. Para este tipo de ensayos, se cultivan las semillas en placas Petri sobre un papel de filtro humedecido en agua destilada. Posteriormente se incuban a temperatura controlada. La emergencia de la radícula es el criterio empleado para determinar el éxito de la germinación. Los resultados se expresan en porcentaje de semillas germinadas.

Secado de semillas con Horno

La humedad de la semilla es un factor de preocupación constante a partir de la fase de maduración. Por consiguiente, es necesario contar con métodos prácticos para estimar el contenido de humedad en campo.

Los métodos más utilizados para medir el contenido de humedad de las semillas son el horno y los probadores electrónicos. El horno es un método estandarizado y confiable, los probadores electrónicos son prácticos y algunos son portátiles y permiten estimar la humedad de la semilla en el campo. (Burbano, 1991).

Sin embargo, si no se dispone de estos equipos, el contenido de humedad de las semillas se puede estimar con otros métodos. El método del aceite caliente permite obtener resultados confiables y no es costoso. La práctica consiste en colocar una muestra de 100 g de semilla durante 5 min en aceite caliente (a una temperatura de 180°C, hasta que el aceite comience a humear). A esta temperatura, el agua contenida en la semilla sumergida se evapora; el peso perdido (en gramos) indica directamente el porcentaje de humedad de la semilla.

En varios trabajos de investigación se ha demostrado que la utilización de la estufa de circulación forzada de aire es satisfactoria como método para obtener el valor de materia seca (Narasimhalu, 1982). Por su lentitud en el proceso de secado, da lugar a la continuidad del proceso de respiración enzimática en los tejidos vegetales y posible volatilización de ácidos orgánicos y amonio con la consecuente alteración de su composición química (Higgins, 1986). Por otro lado, para el secado convencional de los forrajes, la estufa requerida no es de presencia común en los establecimientos agropecuarios (Petruzzi, 2005).

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Es factible reducir los tiempos de secado, aumentar la eficiencia energética con la técnica microondas?

¿Afectará a la calidad de la semilla y de la planta en general, la aplicación de la técnica microondas en el proceso de secado?

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1 Modalidad básica de investigación

10.1.1 De Campo

La investigación es de campo, ya que se realizó la siembra después del proceso de germinación, en el cual se tomaron distintos datos.

10.1.2 De laboratorio

La investigación recae en la fase de laboratorio ya que permite utilizar herramientas y métodos para realizar las curvas de secado y las pruebas de germinación.

10.1.3 Bibliográfica Documental

Igualmente este estudio tendrá inherencia con material bibliográfico y documental que servirá de base para el contexto del marco teórico y los resultados obtenidos.

10.2 Tipo de Investigación

10.2.1 Experimental

La investigación es de tipo experimental porque consiste, en determinar la humedad adecuada de la semilla utilizando intensidad de potencia, en microondas y en horno convencional.

10.3. Metodología.

10.3.1 Obtención de las curvas de secado

Al no contar con la tecnología con control de temperatura, se utilizó una intensidad de potencia que es igual a W/gr y con tres cantidades distintas de semilla.

Primero se realizó la cosecha del amaranto partiendo de una humedad del 18.6%.

Se realizó el secado de la semilla con las dos tecnologías, en microondas se utilizó 10 W de potencia, 0,5 W/g que es igual a 20g de semilla, 0,25 W/g que es igual a 40g de semilla 0,125 W/g que es igual a 80g de semillas, las cuales se secaron hasta alcanzar un 6 y 8 % de humedad requerida tomando el peso de la semilla a distintos minutos.

Con la utilización de microondas los tiempos disminuyeron en un 90% con respecto al horno que se demoró más para alcanzar el 6 y 8 % de humedad requerida

En horno se utilizó 0,25 W/g que es igual a 40g de semilla a 55 °C, hasta alcanzar un 6 y 8% de humedad requerida realizando dos ensayos tomando el peso de la semilla a distintos minutos.

Con los resultados se hicieron las curvas de secado de las dos tecnologías para determinar el tiempo más eficiente de secado de la semilla con respecto a la humedad.

Tras el secado las semillas se conservaron en fundas de aluminio en frío, para su posterior análisis en laboratorio y campo.

10.3.1. Consumo energético

Para el cálculo del consumo energético se multiplicó la Potencia (W) x el tiempo (Min) para comprobar diferencias entre horno y microondas.

10.3.2. Pruebas de germinación

Las pruebas de germinación se las realizó en laboratorio en cajas Petri esterilizando todos los materiales con las semillas previamente secadas, se pusieron 60 semillas a germinar de cada tratamiento el promedio fue del 75.53%, la mejor tasa de germinación se dio con el secado al sol (85% de plantas germinadas). Dentro de las pruebas de germinación los tratamientos presentaron contaminación por hongos siendo las pérdidas por debajo del 15%.

10.3.3. Supervivencia en campo

En vivero se determinó el porcentaje de emergencia con las diferentes tecnologías más los testigos, donde se utilizó 60 semillas empleando un sustrato convencional para cada tratamiento las cuales

alcanzaron un 85% de emergencia, a diferencia del testigo (semilla secadas al sol) que alcanzan el 90% indicando calidad óptima.

Las plántulas fueron llevadas a campo donde se midió altura de planta a los 15 y 30 días, para esta evaluación en campo se implementó un diseño de bloques completamente al azar realizando un sorteo para los tratamientos con 3 repeticiones, realizando dos surcos cada uno con 15 plantas sembrando 30 en cada tratamiento.

11. DISEÑO EXPERIMENTAL

GRÁFICO 1 DISEÑO DE BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR (DBCA)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	R E P E T I C I O N I
T0	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
MW 20	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
MW 40	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
MW 80	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
HORNO	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	R E P E T I C I O N II
MW 20	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
MW 40	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
MW 80	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
HORNO	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
T0	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	R E P E T I C I O N III
HORNO	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
T0	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
MW 20	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
MW 40	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
MW 80	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	

Fuente (Herrera, 2017)

Se realizó un diseño de bloques completamente al azar, al momento de sembrar se realizó un sorteo, para cada tratamiento se prepararon dos surcos. Cada surco con 15 plantas de amaranto en total 30 plantas por cada tratamiento de las cuales se tomaron los datos respectivos de altura.

12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. Elaboración de las curvas de secado

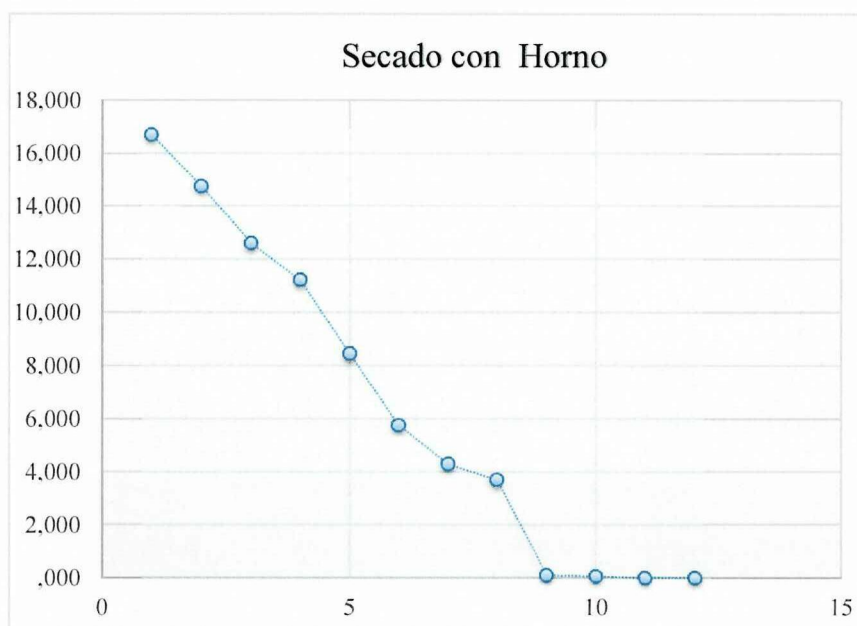
A partir de las curvas de secado de cada ensayo utilizando las dos tecnologías se determinó el tiempo de secado necesario, para que la humedad de las semillas esté entre el 6-8%.

Las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10 reflejan la pérdida de humedad (eje Y) frente al tiempo (minutos).

1. Secado al Horno

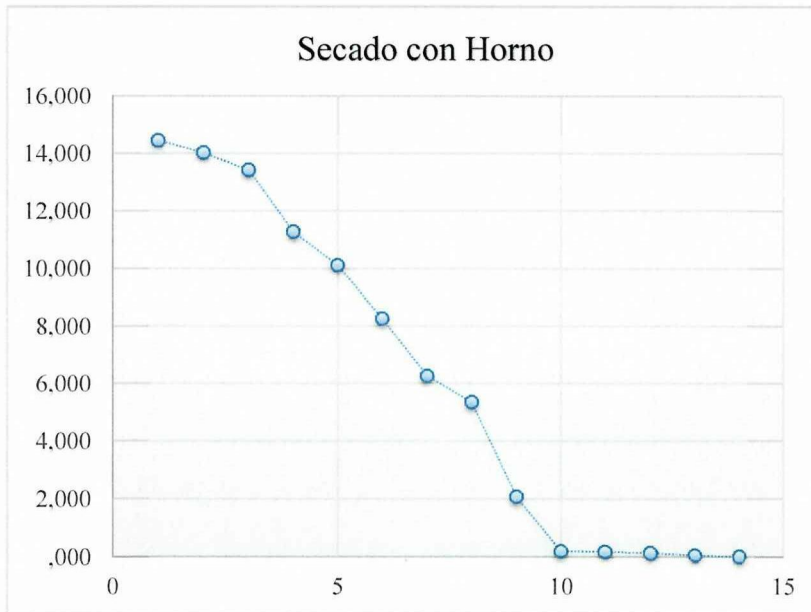
Se realizó 2 ensayos de cada tratamiento, utilizando 40g (0,25 W/g) de semilla a 55°C.

GRÁFICO 2. SECADO AL HORNO



Fuente (Herrera, 2017)

GRÁFICO 3. SECADO AL HORNO



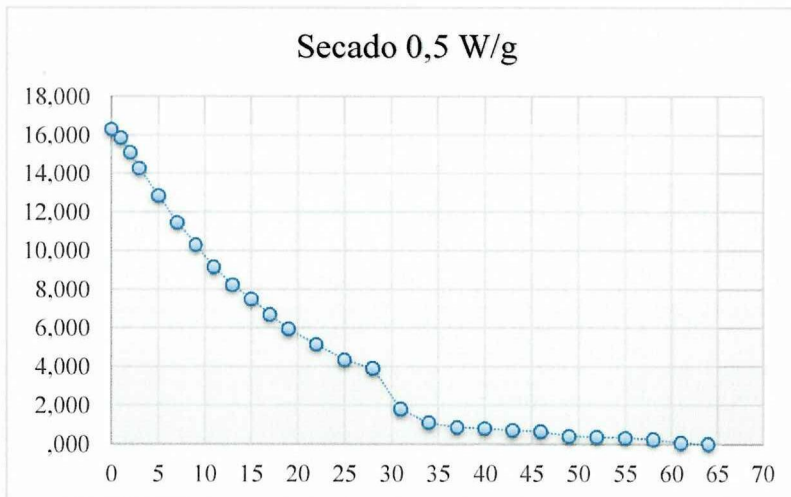
Fuente (Herrera, 2017)

En el gráfico 2 y 3 se puede observar que para el secado al horno se necesitaron 6 horas para alcanzar una humedad entre el 6 y 8%. Se considera que esta tecnología requiere de más tiempo pero igual es eficaz para el proceso de secado. Esto se asemeja a (Crespo, 2002).

2. Secado con microondas

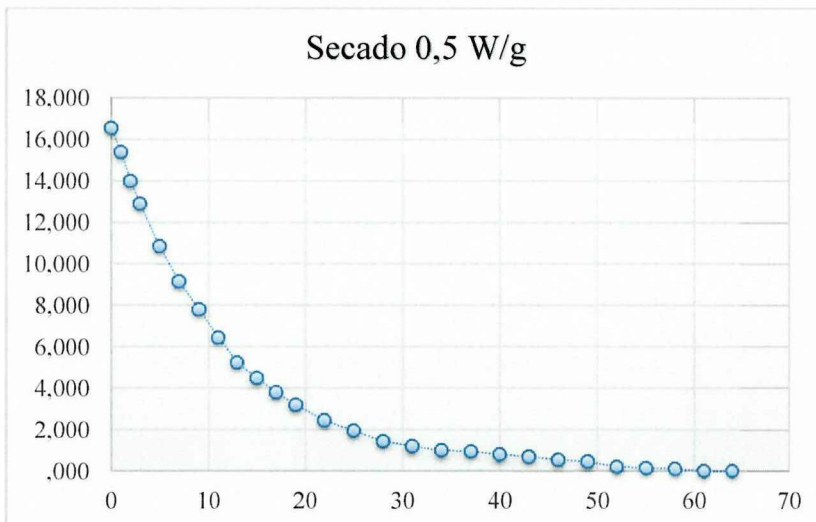
Se realizó 3 ensayos de cada tratamiento, utilizando 20g (0,5 W/g), 40g (0,25 W/g), y 80g (0,125 W/g) de semillas a 10 W de potencia, las cuales se secaron hasta alcanzar un 6 y 8 % de humedad requerida.

GRÁFICO 4. SECADO CON MICROONDAS 20 GRAMOS



Fuente (Herrera, 2017)

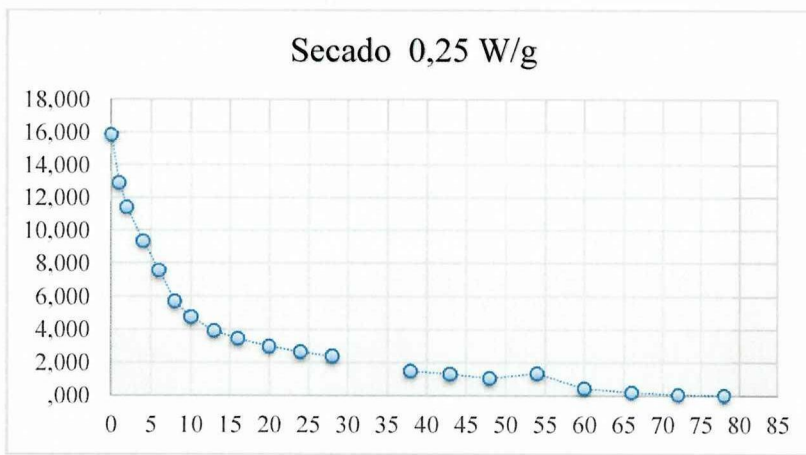
GRÁFICO 5. SECADO CON MICROONDAS 20 GRAMOS



Fuente (Herrera, 2017)

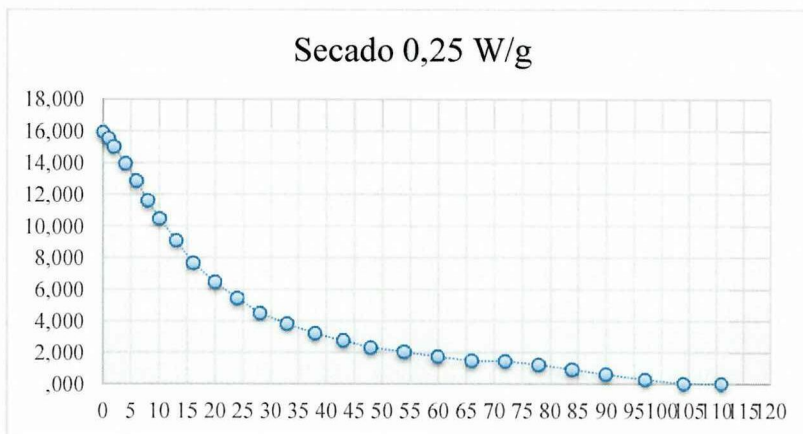
En el gráfico 4 y 5 se puede observar que el tiempo necesario que se requiere para alcanzar la humedad deseada entre el 6 y el 8%, con 20g (0.5W/g) de amanto a 10 W de potencia es de 13 minutos, debido a pequeñas cantidades de semilla. Además al aumento de potencia que incrementa la velocidad de secado y en consecuencia una reducción en el tiempo de secado con la tecnología microondas.

GRÁFICO 6. SECADO CON MICROONDAS 40 GRAMOS



Fuente (Herrera, 2017)

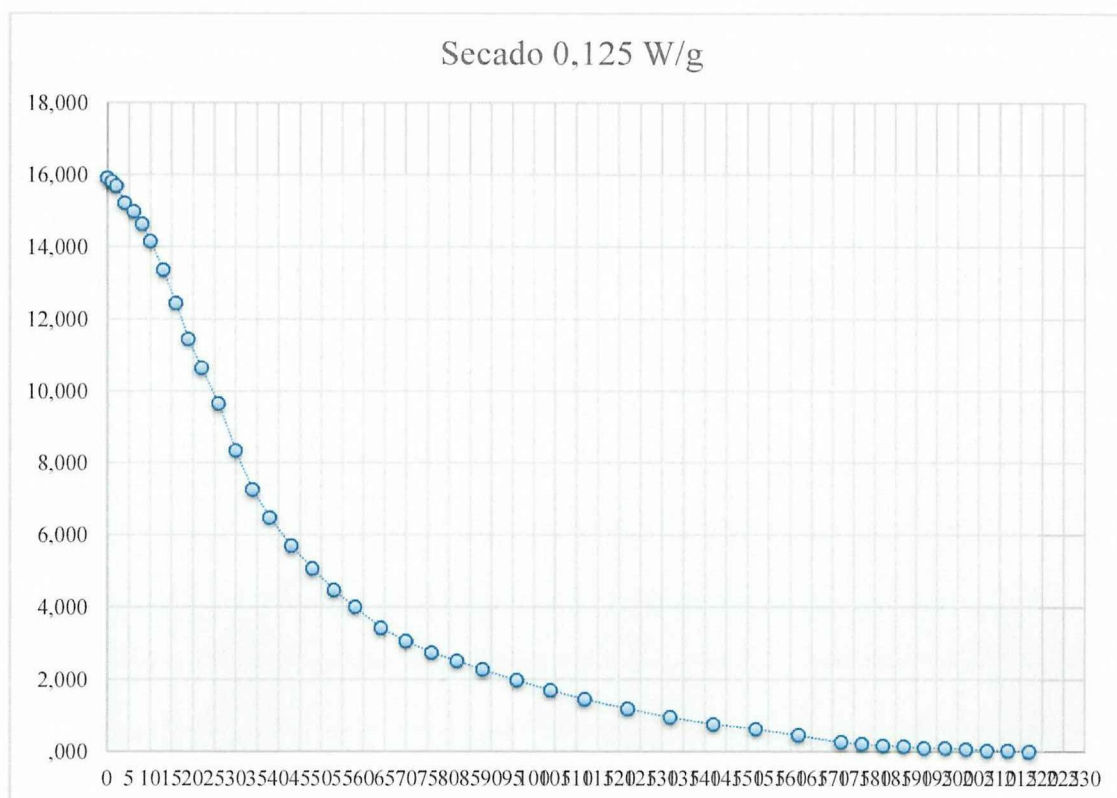
GRÁFICO 7. SECADO CON MICROONDAS 40 GRAMOS



Fuente (Herrera, 2017)

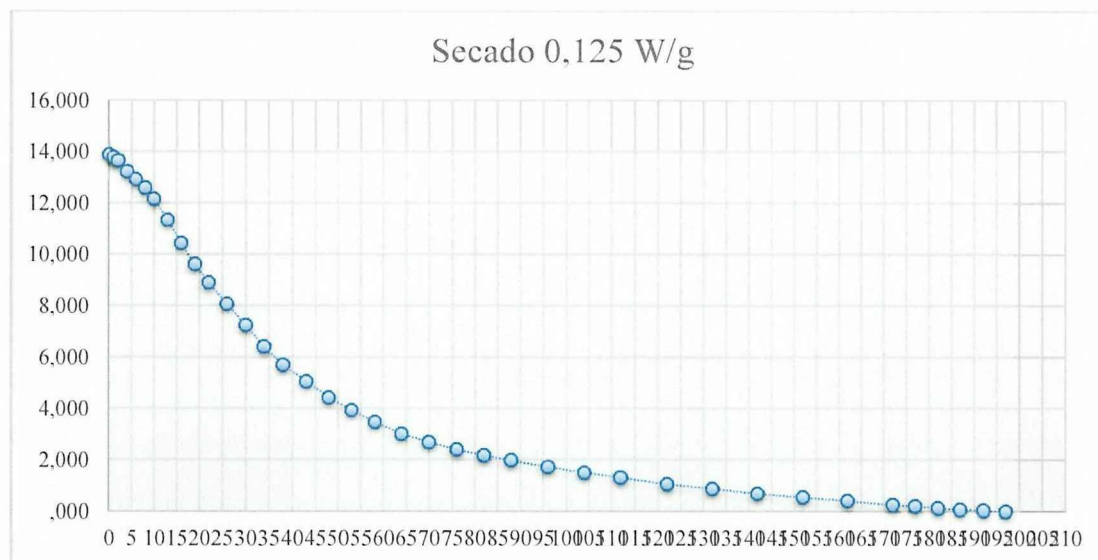
En el gráfico 6 y 7 se puede observar que el tiempo necesario que se requiere para alcanzar la humedad deseada entre el 6 y el 8%, con 40g (0.25W/g) de amanto a 10 W de potencia es de 16 minutos. En este proceso de secado no se presentaron problemas de carbonización de la semilla lo cual indica que resiste a la acción del microondas (Crespo, 2002)

GRÁFICO 8. SECADO CON MICROONDAS 80 GRAMOS



Fuente (Herrera, 2017)

GRÁFICO 9. SECADO CON MICROONDAS 80 GRAMOS



Fuente: (Herrera, 2017)

En el gráfico 8 y 9 se puede observar que el tiempo necesario que se requiere para alcanzar la humedad deseada entre el 6 y el 8%, con 80g (0.125W/g) de amanto a 10 W de potencia es de 30 minutos.

Una de las ventajas del horno microondas es que reduce significativamente el tiempo de secado de los tratamientos, debido a ello, es posible lograr en segundos, minutos u horas. (Crespo, 2002)

3. Cálculo del consumo energético

Microondas 10W de potencia

- $10W \times 13 \text{ min} = 130W/\text{min}$
- $10W \times 16 \text{ min} = 160W/\text{min}$
- $10W \times 30 \text{ min} = 300W/\text{min}$

Horno 110W de potencia

- $110W \times 360\text{min} = 39.600W/\text{min}$

3. Pruebas de germinación

Las pruebas de germinación que se realizaron en cajas Petri secadas en Microondas fueron las siguientes:

CUADRO 5. PRUEBAS DE GERMINACIÓN

Tratamientos		Ensayos	Nº Germinadas	Porcentaje
Microondas	0,125 W/g	1	52	86%
	0,125 W/g	2	48	80%
	0,125 W/g	3	40	66%
	0,25 W/g	1	50	83%
	0,25 W/g	2	41	68%
	0,25 W/g	3	38	63%
	0,5 W/g	1	36	60%
	0,5 W/g	2	42	70%
	0,5 W/g	3	49	81%
Horno	0,25 W/g	1	42	70%
	0,25 W/g	2	52	86%
	0,25 W/g	3	39	65%
Testigo	T0	1	55	91%
	T0	2	50	83%
	T0	3	49	81%

Fuente (Herrera, 2017)

En el cuadro 5 se puede observar los resultados de germinación a los 8 días con 60 semillas puestas a germinar de cada tratamiento empleando las dos tecnologías y el testigo, donde se observa que el porcentaje de germinación del 75.53%.

En los dos métodos de secado hubo contaminación por un hongo (*Fusarium*), de todos los tratamientos puestos a germinar debido al exceso de humedad.

CUADRO 6. CONTAMINACIÓN DE LA SEMILLA

Tratamientos		Ensayos	N° Contaminadas	Porcentaje
Microondas	0,125 W/g	1	3	5%
	0,125 W/g	2	5	8%
	0,125 W/g	3	7	11%
	0,25 W/g	1	6	10%
	0,25 W/g	2	7	11%
	0,25 W/g	3	3	5%
	0,5 W/g	1	5	8%
	0,5 W/g	2	2	3%
	0,5 W/g	3	4	6%
Horno	0,25 W/g	1	2	3%
	0,25 W/g	2	1	1%
	0,25 W/g	3	3	5%
Testigo	T0	1	0	0%
	T0	2	2	3%
	T0	3	3	5%

Fuente (Herrera, 2017)

En el cuadro 6 se puede observar la contaminación de las semillas puestas a germinar empleando las dos tecnologías y el testigo, donde se observa que el porcentaje de contaminación está por debajo del 15%.

CUADRO 7. ANÁLISIS DE LA VARIANZA PRUEBAS DE GERMINACIÓN

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	Significación
Modelo	174,93	4	43,73	1,31	0,332	ns
Tratamientos	126,4	2	63,2	1,89	0,2016	ns
Ensayos	48,53	2	24,27	0,72	0,5082	ns
Error	334,8	10	33,48			
Total	509,73	14				
cv			12,71			
Promedio			75,53			

Fuente (Herrera, 2017)

En el cuadro 7 se presenta los resultados del análisis de varianza para la germinación donde podemos observar que para los tratamientos no hay significación estadística lo cual quiere decir que hubo homogeneidad en el experimento. Lo que indica que aplicando estas dos tecnologías (microondas y horno) no afecta la viabilidad de la semilla, ni sus propiedades físico-químicas durante el secado.

Como se puede comprobar con los resultados los distintos tipos de tratamiento empleados no afectan a la germinación de la semilla.

El coeficiente de variación de la tasa de germinación es de 12,71, con un promedio de 75,53% eso quiere decir que no hay significación estadística, debido a que las semillas secadas con las tecnologías no pierden su poder germinativo para ninguno de los tratamientos lo cual indica que es un método viable ahorrando tiempo y eficiencia energética.

CUADRO 8. PRUEBA DE TUKEY AL 0,05% PARA LA GERMINACIÓN

Tratamientos	Medias	Rango	
Microondas	44	9	A
Horno	44,33	3	A
Testigo	51,33	3	A

Fuente: (Herrera, 2017)

En el cuadro 8 todas presentan un rango A. En el microondas con una media de 44 plantas germinadas (sobre 60), en el horno la media es de 44,33 y en el testigo la media es de 51,33, eso quiere decir que no hay significación para las tecnologías y el testigo.

No se encuentran diferencias significativas entre las tasas de germinación, sin embargo se observa un ligero descenso de la tasa de germinación con las distintas tecnologías empleadas en comparación con el secado al sol.

10 Supervivencia en campo

CUADRO 9. ALTURA DE LA PLANTA

Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
Altura15d	Testigo	84	2,3214	,69699	,07605	2,1702	2,4727	1,00	4,50
	Horno	81	2,0556	,54199	,06022	1,9357	2,1754	1,00	3,50
	MW 0,125	74	2,0811	,63043	,07329	1,9350	2,2271	1,00	3,50
	MW 0,25	74	2,2230	,76812	,08929	2,0450	2,4009	1,00	4,00
	MW 0,5	75	2,0867	,52872	,06105	1,9650	2,2083	1,00	3,00
	Total	388	2,1559	,64463	,03273	2,0916	2,2203	1,00	4,50
Altura30d	Testigo	84	3,3750	,75600	,08249	3,2109	3,5391	1,50	5,00
	Horno	81	3,1049	,55179	,06131	2,9829	3,2269	2,00	5,00
	MW 0,125	74	3,1554	,67705	,07871	2,9985	3,3123	2,00	4,50
	MW 0,25	74	3,1824	,62797	,07300	3,0369	3,3279	2,00	5,00
	MW 0,5	75	3,0467	,61608	,07114	2,9049	3,1884	2,00	4,50
	Total	388	3,1765	,65721	,03336	3,1109	3,2421	1,50	5,00
Incremento	Testigo	84	1,0536	,52076	,05682	,9406	1,1666	,50	2,50
	Horno	81	1,0494	,40004	,04445	,9609	1,1378	,50	2,00
	MW 0,125	74	1,0743	,42750	,04970	,9753	1,1734	,50	2,00
	MW 0,25	74	,9595	,40338	,04689	,8660	1,0529	,50	2,50
	MW 0,5	75	,9600	,39215	,04528	,8698	1,0502	,50	2,00
	Total	388	1,0206	,43383	,02202	,9773	1,0639	,50	2,50

En el cuadro 9 se pueden observar algunos datos descriptivos del ensayo realizado. N representa el número total de plantas que sobrevivieron a los 15 y 30 días de los diferentes tratamientos evaluados.

CUADRO 10. ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA ALTURA DE LA PLANTA

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	Significación
Modelo	9,76	6	1,63	3,94	0,0008	**
Repetición	4,73	2	2,37	5,73	0,0035	*
Tratamientos	5,19	4	1,3	3,14	0,0147	*
Error	157,4	381	0,41			
Total	167,16	387				
CV			20,23			
Promedio 30 Días			3,17			

Fuente: (Herrera, 2017)

En el cuadro 10 se puede observar los resultados del análisis de varianza de la altura de la planta a los 30 días donde hay significación estadística entre repeticiones y tratamientos con un coeficiente de variación a los 30 días de 20,23, con un promedio de 3,17 de altura.

CUADRO 11. PRUEBA DE TUKEY ALTURA A LOS 30 DÍAS

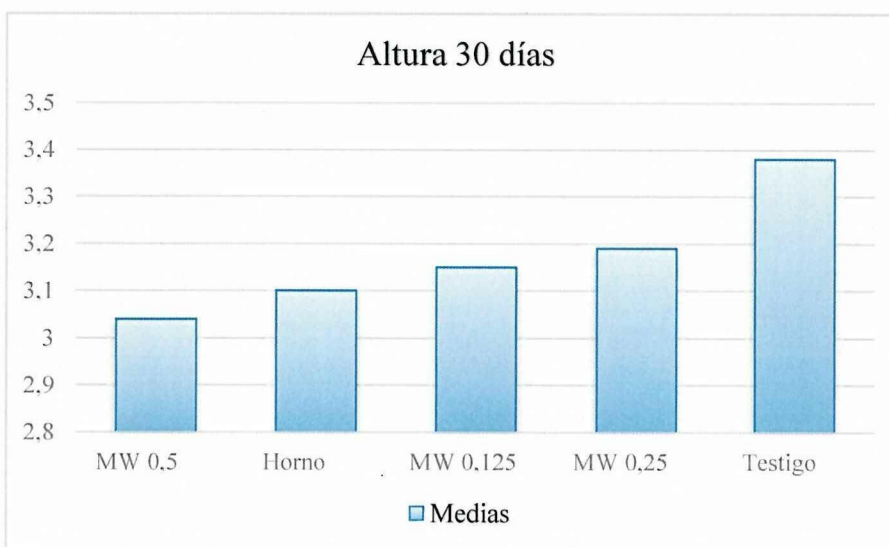
Tratamientos	Medias	n		
MW 0,5	3,04	77	A	
Horno	3,1	82	A	B
MW 0,125	3,15	74	A	B
MW 0,25	3,19	79	A	B
Testigo	3,38	76		B

Fuente: (Herrera, 2017)

En el cuadro 11 se puede observar que presenta una alta significación para MW 0,5 que posee un rango A con una media de 3,04, mientras tanto para el horno y MW 0,125, MW 0,25 estos poseen un rango combinado de A-B, con una media de 3,1-3,15-3,19, y por ultimo está el testigo que posee un rango B y con una media de 3,38, que refleja significancia estadística para cada uno de las tecnologías.

La prueba de Tukey para la altura a los 30 días muestra que hay diferencias significativas entre la altura del testigo y la altura de las plantas secadas a una intensidad de potencia de 0,5W/g. Sin embargo sería recomendable tomar nuevas mediciones conforme avance el ciclo de cultivo para comprobar si esas diferencias se incrementan o por el contrario se mantienen igual.

GRÁFICO 10. PRUEBA DE TUKEY ALTURA A LOS 30 DÍAS



Fuente (Herrera, 2017)

En el gráfico 10 podemos observar que si bien el promedio de altura fue mayor en el testigo (secado el sol) que alcanzaron un promedio de 3.37% de altura, sólo existen diferencias significativas entre el testigo y el secado en microondas.

CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL INCREMENTO

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	Significación
Modelo	1,81	6	0,3	1,62	0,14	ns
Repetición	0,89	2	0,44	2,38	0,0935	ns
tratamientos	0,92	4	0,23	1,23	0,296	ns
Error	71,02	381	0,19			
Total	72,84	387				
CV			42			
Promedio Incremento			1,02			

Fuente (Herrera, 2017)

En el cuadro 12 se observa que no hay diferencias significativas del incremento de altura medido entre los 15 y los 30 días para ningún tratamiento.

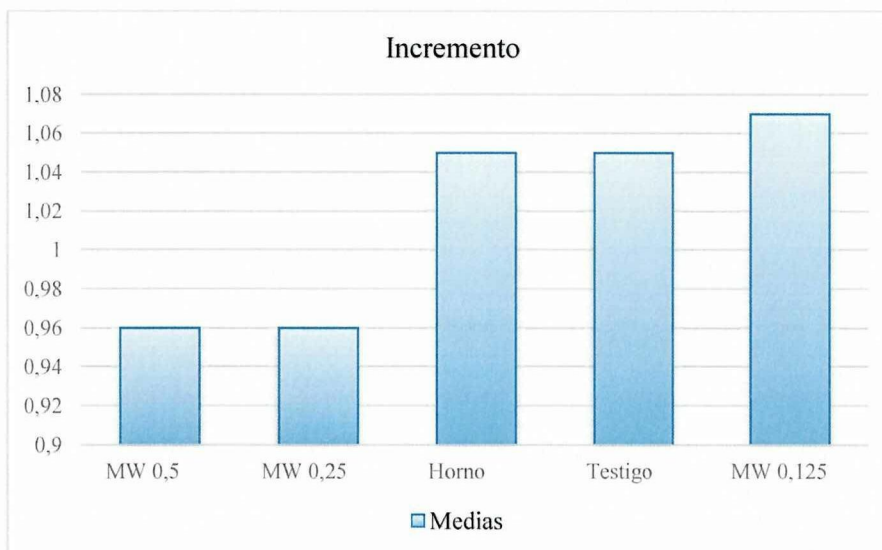
CUADRO 13. PRUEBA DE TUKEY ANÁLISIS DE VARIANZA DE INCREMENTO

Tratamientos	Medias	n	
MW 0,5	0,96	77	A
MW 0,25	0,96	79	A
Horno	1,05	82	A
Testigo	1,05	76	A
MW 0,125	1,07	74	A

Fuente (Herrera, 2017)

En el cuadro 13 se observa que no presenta significación estadística para ninguna de las tecnologías, un incremento significativo puede ocurrir cuando las temperaturas de secado exceden los 60°C por un tiempo mayor a las 24 h.

GRÁFICO 11. PRUEBA DE TUKEY ANÁLISIS DE VARIANZA DE INCREMENTO



Fuente (Herrera, 2017)

En el gráfico 11 podemos observar que en varios tratamientos como el horno y testigo hubo un incremento con respecto a la altura en los 30 días, pero el mayor incremento hubo en las de microondas 80g (MW 0.125), por lo que se recomienda utilizar esta tecnología porque los resultados no afectan el desarrollo de la planta. Sin embargo esas diferencias no presentan significación estadística.

13. PRESUPUESTO

CUADRO 14. PRESUPUESTO

Material	Unidades	Costo Unitario	Costo Total
Caja Petri de Plástico 94 x 16 mm. Pack x 20 und	5	6,15	30,75
Rollo Papel absorbente	3	3	9
Pinzas	5	20	100
Agua destilada	4	1.25	5
Sustrato germinación 1 k	1	45	45
Semilleros	10	3.50	35
Bandeja corcho blanco con 104 alveolos	2	35	70
Fundas resistentes a la humedad para conservar las semillas	1	1	35.90
Material Bibliográfico y fotocopias. Libreta de campo	1	1	5.00
SUBTOTAL			335,65
Desplazamientos estudiantes/investigadores campo	1	20	20
SUBTOTAL			20

TOTAL	VALOR
(Materiales + Otros)	355,65

Fuente: (Herrera, 2017)

14. CONCLUSIONES

La tecnología microondas reduce en un 90% el tiempo de secado respecto a la tecnología de secado en horno convencional.

El tiempo de secado más corto y en consecuencia la tecnología de menor consumo energético fue para la intensidad con 20g semillas (0.5W/g), con una duración de 13 min para alcanzar una humedad del 6-8%.

Respecto a la calidad de la semilla se observa que al emplear las tecnologías (horno eléctrico y microondas) se disminuye levemente la tasa de germinación, sin embargo no existen diferencias estadísticas entre los distintos métodos empleados. Se obtuvo un promedio del 75.53% de semillas germinadas.

En bandejas bajo vivero el porcentaje de germinación fue alto (por encima del 85% para todos los tratamientos). El número de plantas que sobrevivieron a los 15 días disminuyó debido principalmente a varios factores, entre ellos el más importante fue el factor abiótico (lluvia torrencial 60 mm), lo que provocó que algunas plantas no sobrevivieran.

Respecto a la altura de la planta, en general no se observan diferencias entre los distintos tratamientos, a excepción del testigo que obtuvo un porcentaje de 2,84% de altura con respecto del secado en microondas con 20g de semilla (0,5W/g).

Los datos muestran que en general las distintas tecnologías empleadas para el secado no afectan ni a la germinación ni a la supervivencia en campo, por lo que la tecnología microondas podría ser una alternativa interesante para el secado de semillas.

Es necesario evaluar más características físico-químicas o variables agromorfológicas para comprobar con mayor solidez si la tecnología microondas no afecta a la calidad de las semillas.

15. RECOMENDACIONES

Analizar más parámetros agromorfológicos para comprobar que las distintas tecnologías empleadas no afectan al cultivo.

Realizar estudios fisico-químicos (proteínas, ácidos nucleicos) para comprobar que la irradiación microondas no ha afectado a las plantas en este nivel.

Se recomienda esterilizar en laboratorio los materiales y la semilla para tener mejores resultados en las pruebas de germinación.

Explorar otras intensidades de potencia en microondas y en horno realizando más ensayos para comprobar si afecta la calidad de la semilla.

Para optimizar la tecnología microondas es necesario emplear un controlador de temperatura para evitar los distintos picos térmicos que pueden afectar a la calidad de la semilla.

16. BIBLIOGRAFÍA

- Barrozo, M. A. (2014). Air-Drying of Seeds: A Review. *Drying Technology* 32., 1127-1141.
- Becerra, R. (2000). El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. *Biodiversitas*, 30: 1-6.
- Bressani R, G. V. (1990). Protein fractions in Amaranth grain and their chemical characterization. 1205-1209.
- Burbano, E. (1991). Métodos prácticos para la evaluación de germinación de la semillas. *CIAT*, 59-66.
- Chagaray, A. (2005). Estudio de Factibilidad del Cultivo. *Estudio de Factibilidad del Cultivo*, 1-27.
- Choudhary, R. a. (2013). "Microwave drying kinetics and quality characteristics of corn." *International Journal of Agricultura and Biological Engineering.*, 90-99.
- Crespo, R. (2002). Uso del horno microondas para la obtención del valor de materia seca en especies forrajeras. *Tesis Ingeniero Agrónomo*, 212-216.
- Crespo, R. (2002). Uso del horno microondas para la obtención del valor de materia seca en especies forrajeras. *Tesis Ingeniero Agrónomo*, 213-215.
- Dávila S., P. S. (1988). Beneficio de las semillas. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, 1-170.
- Hernández R., H. G. (1998). Potencial del Amaranto. *Amaranto Historia y promesa*, 1, 1-529.
- Herrera, B. (Marzo de 2017).
- Higgins, T. a. (1986). Microwave drying of alfalfa compared to field-and oven-drying: Effects on forage quality. 16:1-6.
- Narasimhalu, P. H. (1982). Rapid determination of dry matter in grass silage of *Lolium* sp. using a microwave oven. 62:233-235.
- Peralta E., V. E. (2008). *El ataco, sangorache o amaranto negro (Amaranthus hybridus L.) en Ecuador*. Quito- Ecuador: Publicacion Miscelánea N° 143.
- Petruzzi, H. N. (12 de Noviembre de 2005). Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas. 8-11.
- Rattanadecho, P. a. (2016). El secado por microondas asistida. *Tecnologías de Secado*, 1-38.

Schiffmann, R. F. (2015). Microondas y secado dielectrico. *Manual de secado industrial*, 283-301.

Stubsgaard, F. P. (2012). Humedad de las semillas y principios de secado. 1-37.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

17. 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 el señor Egresado de la Carrera de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **HERRERA SOTO BETTY GABRIELA**, cuyo título versa, **“EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD Y CALIDAD DE LA SEMILLA DE AMARANTHUS SP, TRAS DIFERENTES MÉTODOS DE SECADO”**, 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, Marzo de 2017

Atentamente,


Lic. MSc. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS
C.C: 050261735-0

Anexo 2. Curriculum Vitae de los Investigadores

CURRICULUM VITAE

Apellidos: Hernández Maqueda

Nombre: Rafael

Sexo: varón

DNI: 51943829-P

Fecha de nacimiento: 23 Septiembre 1978

Dirección: Calle Andrés F. Córdova y José M. Urbina

Ciudad: Latacunga (Ecuador)

TLF: 0998692761

E-MAIL: rhmaqueda@gmail.com; rafael.hernandez@utc.edu.ec



Campos de especialización

Biodiversidad (Botánica, Micología), Medio Ambiente, Agricultura Ecológica, Biología molecular (Análisis de ADN)

Sectores

Educación, Investigación, Tercer Sector

1.-Actividad académica

2007.-DOCTOR EN BIOLOGIA EVOLUTIVA Y BIODIVERSIDAD por la Universidad Autónoma de Madrid con la calificación de “Sobresaliente Cum Laude”, con la defensa de la tesis: Incongruencia entre señal morfológica y molecular. Hacia una nueva propuesta sistemática del complejo Grimmiaceae/Ptychomitriaceae. (Musci).

2001.-LICENCIATURA en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid

2.-Formación complementaria

2011.-Titulo de educador ambiental, por la Sociedad Española de Educación Ambiental.

2004.-Certificado de aptitud pedagógica (CAP) por la Universidad Complutense de Madrid

3.-Cursos de formación

Cursos relacionados con la educación

2010.- Diseño Web y Herramientas de Internet aplicadas a la docencia. Universidad Camilo José Cela. (110 horas)

2010.- El uso de power Point en el aula. Universidad Camilo José Cela. (110 horas)

2001.- Curso de **educación ambiental** con la asociación GREFA (120 horas)

Cursos relacionados con el área de medio ambiente

2014.- Bases para la adaptación al cambio climático y global. Fund. Patrimonio Natural, Biodiversidad y Cambio Global (28 horas).

2012.- Curso de Agricultura ecológica. SEAE. (32 horas)

2009.- Técnico en auditorías ambientales. Análisis de riesgos. MSL Formación (355 horas)

2008.- Taller de técnicas básicas de SIG para estudios de biodiversidad. GBIF-EDIT (16 horas)

2004.- Etnobotánica UAM (20 horas)

2002.- Conservación de especies vegetales amenazadas. UAM (20 horas)

2002.- Pensamiento evolucionista del Siglo XX (20 horas)

2002.- La dispersión en plantas y animales. Mecanismos y consecuencias (20 horas)

Otros

2011.- Curso de manipulador de alimentos

2002.- Carnet de conducir, tipo B.

4.-Experiencia profesional

2014-Actualidad. Docente e investigador de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2012-2014.

Coordinador de proyectos. Asociación Retama Almería.

Elaboración de proyectos que fomenten la dinamización social a través de un enfoque medioambiental.

Proyecto Grupo de consumo Retama. Creación de canales cortos de comercialización para productos procedentes de agricultura ecológica.

Proyecto Huertos Urbanos. Recuperación de espacios para el fomento de la agricultura ecológica, creando espacios compartidos de conocimientos, autoabastecimiento y ocio.

2011-2012. (Nov-Ene)

DOCENTE **a tiempo completo** del taller de empleo “Abla Ecológica II” financiado por Fondos Sociales Europeos y cuya entidad promotora es el Ayuntamiento de Abla (Almería), cuyo objetivo fue fomentar proyectos de economía “verde” en áreas naturales.

2010-2011.

DOCENTE **a tiempo completo** del taller de empleo “Agricultura ecológica y productor de setas en la Alta Alpujarra Almeriense” financiado por Fondos Sociales Europeos y cuya entidad promotora es la Excm. Diputación de Almería, cuyo objetivo fue fomentar proyectos de economía “verde” en áreas rurales.

2009-2010.

Monitor. Proyecto de Educación Ambiental en el CEIP Escuelas Aguirre.

2009.

Monitor del proyecto de educación ambiental (Huerto Escolar) en el CEIP Ciudad de Roma (Madrid),

2009 (Marzo-Abril).

Investigador subvencionado con fondos de la Unión Europea (Synthesis) para trabajar en un proyecto de investigación en la Universidad de Leiden (Holanda) y cuya temática es el “conocimiento de la biodiversidad de un amplio grupo de briófitos de importancia ecológica por su papel como bioindicadores ambientales”

2007-2008.

Investigador postdoctoral Contratado. “Estrategias de conservación para los abedulares del Parque Nacional de Cabañeros”. Análisis comparativo por medio de datos de microsatélites, morfológicos de distintas poblaciones de la especie *Betula Pendula*. L.

2006-2007.

Profesor Universitario en la Universidad SEK (Segovia) para alumnos de 3º de Biología, impartiendo la asignatura de Biología Evolutiva.

2002-2006.

Investigador predoctoral en el Real Jardín Botánico de Madrid. Durante esos años trabajé en proyectos relacionados con taxonomía y sistemática. Identificación de especies a nivel morfológico y por medio de estudios de ADN con el empleo de marcadores moleculares.

5.-Lenguas habladas

ESPAÑOL (nativo)

INGLES. Nivel INTERMEDIO-ALTO

Diploma FCE (First Certificate in English a través de ESOL_Cambridge). NIVEL **B2** Internacional.

Cuyo perfeccionamiento se realizó principalmente durante las estancias en centros extranjeros que detallo a continuación:

1 al 31 de Agosto del 2004.-

University of Connecticut, Storrs, (USA),

13 Septiembre al 9 Octubre del 2004, 23 Abril al 20 Mayo de 2005.-

Technical University of Dresden (Institute for Botany, Alemania),

8 Marzo - 4 Abril del 2009.-

University of Leiden (National Herbarium Museum, Holanda).

6.-Otros méritos

Publicaciones y congresos.

Durante el periodo 2002 hasta la actualidad he publicado **6 artículos científicos*** en revistas de prestigio internacional y 1 libro dentro del área de la biodiversidad, 3 más están terminados y en fase de evaluación por los editores correspondientes. Se detallan a continuación:

Hernández-Maqueda, R., Quandt, D., Werner, O. and Muñoz, J.. "Chloroplast data reveals two conflicting hypotheses for the position of *Campylostelium* and *Grimmia pitardii* (Bryophyta)" *TAXON*: 56(1). 2007. 89-94

Hernández-Maqueda, R., Quandt, D., Werner, O. and Muñoz, J.. "Phylogeny and classification of the Grimmiaceae/Ptychomitriaceae complex (Bryophyta)" *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46. 2008: 863-877.

Juana María González-Mancebo, Belén Albertos, Anna Barrón, Katia Cezón, Rosa María Cros, Isabel Draper, Belén Estébanez, Ricardo Garilleti, Tomas Hallingbäck, **Rafael Hernández Maqueda**, Francisco Lara; Ana Losada-Lima, Rubén G. Mateo, Vicente Mazimpaka, Jesús Muñoz, Rafael Medina, Nagore G. Medina, Jairo Patiño, Felisa Puche, Susana Rams, Rosa María Ros & Elena Ruiz. "Bryophytes collected by the Spanish bryological society during a field trip at La Gomera". *Bol. Soc. Esp. Briol.* 30/31: 43-51 (2007)

Hernández-Maqueda, R., Quandt, D., Werner, O. and Muñoz, J.. "Testing reticulation and adaptive convergence in the Grimmiaceae". *TAXON* 57(2). 2008. 1-12.

Michael Stech^{1*}, Stuart F. McDaniel², **Rafael Hernández-Maqueda**³, Rosa M. Ros⁴, Olaf Werner⁴, Jesús Muñoz^{3,5} and Dietmar Quandt⁵. "Phylogeny of haplolepidous mosses – challenges and perspectives". *Journal of Bryology* 34:3 173-186 (2012).

Carlos Torres – Miño, M.A. Slugina., M. A. Filyushin.y. **Rafael Hernández - Maqueda**. "Variabilidad genética del espaciador intergénico psbA-trnH en *Amaranthus L.* (Amaranthaceae)". *UTCiencia* 2(2). (2015)

Ángel J. Aguirre y **Rafael Hernández-Maqueda (eds)**. "Formación en la diversidad. Aportes conceptuales para estudios multidisciplinares. Universidad Técnica de Cotopaxi. In press.

También he participado en distintos congresos de ámbito internacional como ponente.

Contribuciones en congresos:

2016: I Conferencia Científica Internacional. UTC-La Maná (Ecuador)

2007. Computational phylogenetics and molecular systematic. Moscú (Rusia)

2006. Botany. California State University-Chico, (USA)

2005. XX Reunión de la Sociedad Española de Briología. San Sebastián de la Gomera (España)

2003. XIV Simposio Nacional de Botánica Criptogámica. Murcia (España)

2003. Moss2003. Missouri Botanical Garden. (USA)

Participación en proyectos de cooperación internacional:

2001.- TRABAJO VOLUNTARIO en el proyecto de “desarrollo sostenible de la costa de Chiapas (Mexico)”. INSTITUTO de HISTORIA NATURAL Y ECOLOGIA (MEXICO)
160 horas

2004.- Conocimiento de la biodiversidad presente en la región del Atlas “Marruecos” financiado por la AECI (Agencia Española de Cooperación Internacional)

Participación en proyectos de educación ambiental:

Vicepresidente de la asociación Andaluza para la Sostenibilidad Ecológica y Social (Retama). (Consultar <http://retama.atwebpages.com>, Facebook asociación retama Almería)
En esta asociación, se pretende llevar a cabo proyectos en la órbita de la investigación, divulgación y sensibilización de aspectos ambientales. Están proyectados varios cursos: Biodiversidad en zonas agrícolas y forestales, Restauración ecológica y Diversidad Micológica, que dan fe del trabajo de la asociación. Dentro de este proceso he participado a su vez, como conferenciante en varios cursos


Conocimiento del entorno informático

Aparte de trabajar de manera cotidiana en el entorno de Windows, para llevar a cabo los distintos trabajos realizados he aprendido a utilizar distintos softwares:

Relacionados con la elaboración de textos: Word, Crimson Editor, UltraEdit-32,

Relacionados con el diseño gráfico: Adobe Photosop 6.0, Adobe Illustrator,

También con la difusión de información (presentaciones). Power Point., y el manejo de la misma (Internet Explorer, Mozilla Firefox) He manejado a su vez softwares específicos relacionados con la temática de la biodiversidad (BioEdit, Arlequin, MStool, PAUP), y de la modelización (ArcGIS, gvSIG), y por supuesto la difusión en redes sociales (gestión de correo electrónico, facebook, twitter, linkedln, etc.)



FIRMA

FICHA SIITH

HOJA DE VIDA



DATOS PERSONALES

NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL
ECUATORIANA	172514794-4			BETTY GABRIELA	HERRERA SOTO	06/11/1990		SOLTERA

TELÉFONOS

DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANETE

TELÉFONO DOMICILIO	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	Nº	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA
	0987952120				LA ESTACIÓN	COTOPAXI	LATACUNGA	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
		betty.gabriela4@utc.edu.ec	gabyflaquita1990@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		TÉCNICO HUMANÍSTICO EXPERIMENTAL "QUITO"	BACHILLER QUÍMICO BIÓLOGO		QUÍMICA BIOLOGÍA	6	AÑOS	ECUADOR
TERCER NIVEL		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	INGENIERO AGRÓNOMO		AGRICULTURA	10	SEMESTRTEs	ECUADOR

TRAYECTORIA LABORAL RELACIONADA AL PUESTO

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

ACTIVIDADES ESCENCIALES

FIRMA

Anexo 3. Tablas de análisis de las curvas de secado

Ensayo 1 Horno a 55°C

- Cantidad de semilla: 40 gramos
- Peso inicial: 40
- Peso final: 33.32
- Tiempo: (9H 16min)
- Porcentaje de humedad: 16,70

TIEMPO	PESO	PÉRDIDA DE PESO	PÉRDIDA DE HUMEDAD	% HUMEDAD
0	40	0	0	16,70
30,00	39,22	0,78	1,95	14,75
60,00	38,36	1,64	4,1	12,60
90,00	37,81	2,19	5,475	11,23
130,00	36,7	3,3	8,25	8,45
190,00	35,62	4,38	10,95	5,75
250,00	35,04	4,96	12,4	4,30
310,00	34,8	5,2	13	3,70
370,00	33,36	6,64	16,6	0,10
430,00	33,34	6,66	16,65	0,05
490,00	33,32	6,68	16,7	0,00
550,00	33,32	6,68	16,7	0,00

Ensayo 2 Horno a 55°C

- Cantidad de semilla: 40 gramos
- Peso inicial: 40
- Peso final: 34,22
- Tiempo: (11H 50 min)
- Porcentaje de humedad: 14,45

TIEMPO	PESO	PÉRDIDA DE PESO	PÉRDIDA DE HUMEDAD	% HUMEDAD
0	40	0	0	14,45
30,00	39,83	0,17	0,425	14,03
60,00	39,59	0,41	1,025	13,43
90,00	38,73	1,27	3,175	11,28
150,00	38,27	1,73	4,325	10,13
210,00	37,52	2,48	6,2	8,25
270,00	36,73	3,27	8,175	6,27
330,00	36,36	3,64	9,1	5,35
390,00	35,05	4,95	12,375	2,07
450,00	34,3	5,7	14,25	0,20
510,00	34,29	5,71	14,275	0,17
570,00	34,27	5,73	14,325	0,13
630,00	34,24	5,76	14,4	0,05
690,00	34,22	5,78	14,45	0,00

Ensayo 1 Microondas 20 gramos a 10W de potencia

- Peso inicial: 23,16 semilla + papel
- Peso final: 19,9 semilla + papel
- Tiempo: 1 hora 7 minutos
- Porcentaje de humedad: 16,30%

REPETICIÓN 1	TIEMPO	PESO	PÉRDIDA DE PESO	PÉRDIDA DE HUMEDAD	% HUMEDAD
0	0	23,16	0	0	16,30
1	1,00	23,07	0,09	0,45	15,85
1	2,00	22,92	0,24	1,2	15,10
1	3,00	22,75	0,41	2,05	14,25
2	5,00	22,47	0,69	3,45	12,85
2	7,00	22,19	0,97	4,85	11,45
2	9,00	21,96	1,2	6	10,30
2	11,00	21,73	1,43	7,15	9,15
2	13,00	21,55	1,61	8,05	8,25
2	15,00	21,4	1,76	8,8	7,50
2	17,00	21,24	1,92	9,6	6,70
2	19,00	21,09	2,07	10,35	5,95
3	22,00	20,93	2,23	11,15	5,15
3	25,00	20,77	2,39	11,95	4,35
3	28,00	20,68	2,48	12,4	3,90
3	31,00	20,26	2,9	14,5	1,80
3	34,00	20,12	3,04	15,2	1,10
3	37,00	20,07	3,09	15,45	0,85
3	40,00	20,06	3,1	15,5	0,80
3	43,00	20,04	3,12	15,6	0,70
3	46,00	20,03	3,13	15,65	0,65
3	49,00	19,98	3,18	15,9	0,40
3	52,00	19,97	3,19	15,95	0,35

3	55,00	19,96	3,2	16	0,30
3	58,00	19,95	3,21	16,05	0,25
3	61,00	19,91	3,25	16,25	0,05
3	64,00	19,9	3,26	16,3	0,00
3	67,00	19,9	3,26	16,3	0,00

Ensayo 2 Microondas 20 gramos a 10W de potencia

- Peso inicial: 23,04 semilla + papel
- Peso final: 19,73 semilla + papel
- Tiempo: 1 hora 4 minutos
- Porcentaje de humedad: 16,55

REPETICIÓN	TIEMPO	PESO	PÉRDIDA DE PESO	PÉRDIDA DE HUMEDAD	% HUMEDAD
2	0	23,04	0	0	16,55
1	1,00	22,81	0,23	1,15	15,40
1	2,00	22,53	0,51	2,55	14,00
1	3,00	22,31	0,73	3,65	12,90
2	5,00	21,9	1,14	5,7	10,85
2	7,00	21,56	1,48	7,4	9,15
2	9,00	21,29	1,75	8,75	7,80
2	11,00	21,02	2,02	10,1	6,45
2	13,00	20,78	2,26	11,3	5,25
2	15,00	20,63	2,41	12,05	4,50
2	17,00	20,49	2,55	12,75	3,80
2	19,00	20,37	2,67	13,35	3,20
3	22,00	20,22	2,82	14,1	2,45
3	25,00	20,12	2,92	14,6	1,95
3	28,00	20,02	3,02	15,1	1,45
3	31,00	19,97	3,07	15,35	1,20
3	34,00	19,93	3,11	15,55	1,00

3	37,00	19,92	3,12	15,6	0,95
3	40,00	19,89	3,15	15,75	0,80
3	43,00	19,87	3,17	15,85	0,70
3	46,00	19,84	3,2	16	0,55
3	49,00	19,82	3,22	16,1	0,45
3	52,00	19,77	3,27	16,35	0,20
3	55,00	19,76	3,28	16,4	0,15
3	58,00	19,75	3,29	16,45	0,10
3	61,00	19,73	3,31	16,55	0,00
3	64,00	19,73	3,31	16,55	0,00

Ensayo 1 Microondas 40 gramos a 10W de potencia

- Peso inicial: 43,16 semilla + papel
- Peso final: 36,82 semilla + papel
- Tiempo: 1 hora 18 minutos
- Porcentaje de humedad: 15,85

REPETICIÓN 1	TIEMPO MINUTOS	PESO	PÉRDIDA DE PESO	PÉRDIDA DE HUMEDAD	% HUMEDAD
0	0	43,16	0	0	15,85
1	1,00	41,98	1,18	2,95	12,90
1	2,00	41,39	1,77	4,425	11,43
2	4,00	40,56	2,6	6,5	9,35
2	6,00	39,84	3,32	8,3	7,55
2	8,00	39,1	4,06	10,15	5,70
2	10,00	38,72	4,44	11,1	4,75
3	13,00	38,39	4,77	11,925	3,93
3	16,00	38,2	4,96	12,4	3,45
4	20,00	38,02	5,14	12,85	3,00
4	24,00	37,88	5,28	13,2	2,65

4	28,00	37,78	5,38	13,45	2,40
5	33,00	34,56	8,6	21,5	2,20
5	38,00	37,42	5,74	14,35	1,50
5	43,00	37,34	5,82	14,55	1,30
5	48,00	37,24	5,92	14,8	1,05
6	54,00	37,36	5,8	14,5	1,35
6	60,00	36,99	6,17	15,425	0,43
6	66,00	36,9	6,26	15,65	0,20
6	72,00	36,84	6,32	15,8	0,05
6	78,00	36,82	6,34	15,85	0,00

Ensayo 2 Microondas 40 gramos a 10W de potencia

- Peso inicial: 43,19 semilla + papel
- Peso final: 36,83 semilla + papel
- Tiempo: 1 hora 51 minutos
- Porcentaje de humedad: 15,90

REPETICIÓN	TIEMPO	PESO	PÉRDIDA DE PESO	PÉRDIDA DE HUMEDAD	% HUMEDAD
2	0	43,19	0	0	15,90
1	1,00	43,04	0,15	0,375	15,53
1	2,00	42,84	0,35	0,875	15,03
2	4,00	42,42	0,77	1,925	13,98
2	6,00	41,97	1,22	3,05	12,85
2	8,00	41,47	1,72	4,3	11,60
2	10,00	41,03	2,16	5,4	10,50
3	13,00	40,46	2,73	6,825	9,08
3	16,00	39,9	3,29	8,225	7,68
4	20,00	39,41	3,78	9,45	6,45
4	24,00	39	4,19	10,475	5,43
4	28,00	38,63	4,56	11,4	4,50

5	33,00	38,36	4,83	12,075	3,83
5	38,00	38,11	5,08	12,7	3,20
5	43,00	37,93	5,26	13,15	2,75
5	48,00	37,76	5,43	13,575	2,33
6	54,00	37,64	5,55	13,875	2,03
6	60,00	37,52	5,67	14,175	1,73
6	66,00	37,42	5,77	14,425	1,48
6	72,00	37,41	5,78	14,45	1,45
6	78,00	37,32	5,87	14,675	1,23
6	84,00	37,2	5,99	14,975	0,93
6	90,00	37,08	6,11	15,275	0,63
7	97,00	36,94	6,25	15,625	0,28
7	104,00	36,84	6,35	15,875	0,03
7	111,00	36,83	6,36	15,9	0,00

Ensayo 1 Microondas 80 gramos a 10W de potencia

- Peso inicial: 83,05 semilla + papel
- Peso final: 70,33 semilla + papel
- Tiempo: 3 horas 37 minutos
- Porcentaje de humedad: 15,90

REPETICIÓN	TIEMPO	PESO	PÉRDIDA DE PESO	PÉRDIDA DE HUMEDAD	% HUMEDAD
0	0	83,05	0	0	15,90
1	1,00	82,97	0,08	0,1	15,80
1	2,00	82,88	0,17	0,2125	15,69
2	4,00	82,5	0,55	0,6875	15,21
2	6,00	82,31	0,74	0,925	14,98
2	8,00	82,03	1,02	1,275	14,63
2	10,00	81,65	1,4	1,75	14,15

3	13,00	81,01	2,04	2,55	13,35
3	16,00	80,29	2,76	3,45	12,45
3	19,00	79,49	3,56	4,45	11,45
3	22,00	78,85	4,2	5,25	10,65
4	26,00	78,05	5	6,25	9,65
4	30,00	77,01	6,04	7,55	8,35
4	34,00	76,13	6,92	8,65	7,25
4	38,00	75,51	7,54	9,425	6,48
5	43,00	74,88	8,17	10,2125	5,69
5	48,00	74,38	8,67	10,8375	5,06
5	53,00	73,9	9,15	11,4375	4,46
5	58,00	73,54	9,51	11,8875	4,01
6	64,00	73,07	9,98	12,475	3,43
6	70,00	72,78	10,27	12,8375	3,06
6	76,00	72,53	10,52	13,15	2,75
6	82,00	72,34	10,71	13,3875	2,51
6	88,00	72,15	10,9	13,625	2,28
8	96,00	71,91	11,14	13,925	1,98
8	104,00	71,69	11,36	14,2	1,70
8	112,00	71,49	11,56	14,45	1,45
10	122,00	71,28	11,77	14,7125	1,19
10	132,00	71,09	11,96	14,95	0,95
10	142,00	70,94	12,11	15,1375	0,76
10	152,00	70,83	12,22	15,275	0,63
10	162,00	70,69	12,36	15,45	0,45
10	172,00	70,53	12,52	15,65	0,25
5	177,00	70,49	12,56	15,7	0,20
5	182,00	70,45	12,6	15,75	0,15
5	187,00	70,44	12,61	15,7625	0,14
5	192,00	70,4	12,65	15,8125	0,09
5	197,00	70,41	12,64	15,8	0,10

5	202,00	70,38	12,67	15,8375	0,06
5	207,00	70,35	12,7	15,875	0,02
5	212,00	70,35	12,7	15,875	0,02
5	217,00	70,33	12,72	15,9	0,00

Ensayo 2 Microondas 80 gramos a 10W de potencia

- Peso inicial: 83,1 semilla + papel
- Peso final: 72 semillas + papel
- Tiempo: 3 horas 22 minutos
- Porcentaje de humedad: 13,88

REPETICIÓN 2	TIEMPO	PESO	PÉRDIDA DE PESO	PÉRDIDA DE HUMEDAD	% HUMEDAD
0	0	83,1	0	0	13,88
1	1,00	83,02	0,08	0,1	13,78
1	2,00	82,91	0,19	0,2375	13,64
2	4,00	82,57	0,53	0,6625	13,22
2	6,00	82,33	0,77	0,9625	12,92
2	8,00	82,06	1,04	1,3	12,58
2	10,00	81,72	1,38	1,725	12,16
3	13,00	81,07	2,03	2,5375	11,34
3	16,00	80,34	2,76	3,45	10,43
3	19,00	79,69	3,41	4,2625	9,62
3	22,00	79,11	3,99	4,9875	8,89
4	26,00	78,45	4,65	5,8125	8,07
4	30,00	77,79	5,31	6,6375	7,24
4	34,00	77,13	5,97	7,4625	6,42
4	38,00	76,55	6,55	8,1875	5,69
5	43,00	76,04	7,06	8,825	5,06
5	48,00	75,54	7,56	9,45	4,43

5	53,00	75,15	7,95	9,9375	3,94
5	58,00	74,78	8,32	10,4	3,48
6	64,00	74,41	8,69	10,8625	3,02
6	70,00	74,15	8,95	11,1875	2,69
6	76,00	73,92	9,18	11,475	2,41
6	82,00	73,73	9,37	11,7125	2,17
6	88,00	73,58	9,52	11,9	1,98
8	96,00	73,38	9,72	12,15	1,73
8	104,00	73,2	9,9	12,375	1,51
8	112,00	73,04	10,06	12,575	1,31
10	122,00	72,84	10,26	12,825	1,06
10	132,00	72,7	10,4	13	0,88
10	142,00	72,54	10,56	13,2	0,68
10	152,00	72,43	10,67	13,3375	0,54
10	162,00	72,32	10,78	13,475	0,41
10	172,00	72,19	10,91	13,6375	0,24
5	177,00	72,15	10,95	13,6875	0,19
5	182,00	72,1	11	13,75	0,13
5	187,00	72,05	11,05	13,8125	0,07
5	192,00	72,02	11,08	13,85	0,03
5	197,00	72	11,1	13,86	0,00

Anexo 4. Datos de toma de alturas a los 15 y a los 30 días

Tratamiento	CodTrtamiento	Repetición	Altura15 días	Altura 30 días
Testigo	1	1	1,5	2
Testigo	1	1	2	3
Testigo	1	1	2,5	3.5
Testigo	1	1	3,5	4.5
Testigo	1	1	2,5	3
Testigo	1	1	3	4
Testigo	1	1	2	3
Testigo	1	1	2,5	3
Testigo	1	1	3,5	4
Testigo	1	1	2,5	3.5
Testigo	1	1	2,5	4
Testigo	1	1	4	4.5
Testigo	1	1	1	
Testigo	1	1	3	4.5
Testigo	1	1	2,5	4.5
Testigo	1	1	3	3.5
Testigo	1	1	3,5	4
Testigo	1	1	2	4
Testigo	1	1	2	4
Testigo	1	1	1	3
Testigo	1	1	2	
Testigo	1	1	2	3
Testigo	1	1	2	3
Testigo	1	1	2,5	3
Testigo	1	1	3	4
Testigo	1	1	2	3.5

Testigo	1	1	3,5	4.5
Testigo	1	1	3	4
Testigo	1	1	2,5	5
Testigo	1	1	2	4
Testigo	1	2	3	3.5
Testigo	1	2	3	4
Testigo	1	2	2	3
Testigo	1	2	2	2.5
Testigo	1	2	1,5	3
Testigo	1	2	2	3
Testigo	1	2	2	2.5
Testigo	1	2	1	1.5
Testigo	1	2	2,5	3
Testigo	1	2	1	
Testigo	1	2	3	3.5
Testigo	1	2	2,5	3.5
Testigo	1	2	2	3
Testigo	1	2	2,5	3.5
Testigo	1	2	1	2
Testigo	1	2	1,5	3
Testigo	1	2	1	2.5
Testigo	1	2	1,5	2.5
Testigo	1	2	2	3
Testigo	1	2	1,5	3
Testigo	1	2	3	4
Testigo	1	2	1	
Testigo	1	2	2,5	3
Testigo	1	2	1,5	2.5
Testigo	1	2	1	3
Testigo	1	2	2	2.5
Testigo	1	2	2	3.5

Testigo	1	2	4,5	5
Testigo	1	2	2	4.5
Testigo	1	2	3	3.5
Testigo	1	3	2	2.5
Testigo	1	3	2	3
Testigo	1	3	1,5	2.5
Testigo	1	3	1,5	3
Testigo	1	3	2	3.5
Testigo	1	3	2,5	3
Testigo	1	3	3	4
Testigo	1	3	2	2.5
Testigo	1	3	3	4.5
Testigo	1	3	2,5	4
Testigo	1	3	1,5	2
Testigo	1	3	2,5	3.5
Testigo	1	3	3	4.5
Testigo	1	3	2,5	3
Testigo	1	3	1,5	
Testigo	1	3	2,5	3.5
Testigo	1	3	2	3.5
Testigo	1	3	2,5	3
Testigo	1	3	3	5
Testigo	1	3	3	4.5
Testigo	1	3	2,5	3
Testigo	1	3	2	3
Testigo	1	3	1,5	2.5
Testigo	1	3	1	
Testigo	1	3	3	3.5
Testigo	1	3	3	4.5
Testigo	1	3	2	3
Testigo	1	3	2	2.5

Testigo	1	3	2,5	3
Testigo	1	3	1,5	3
Horno	2	1	1,5	2
Horno	2	1		
Horno	2	1	2	3
Horno	2	1	2	3.5
Horno	2	1	1,5	3
Horno	2	1	1,5	2.5
Horno	2	1	2	3
Horno	2	1	2,5	4
Horno	2	1	2,5	3
Horno	2	1	2	2.5
Horno	2	1		
Horno	2	1	2	3
Horno	2	1	3,5	4
Horno	2	1	2,5	3
Horno	2	1	3	5
Horno	2	1	3	3.5
Horno	2	1	3,5	4
Horno	2	1	2,5	3
Horno	2	1	2	3
Horno	2	1	2,5	3.5
Horno	2	1	2	3
Horno	2	1	3	4
Horno	2	1	3	3.5
Horno	2	1	1	2.5
Horno	2	1	2	3
Horno	2	1	2	4
Horno	2	1	1	2.5
Horno	2	1	1	2.5
Horno	2	1	2	3

Horno	2	1	2	3
Horno	2	2	1,5	3
Horno	2	2	3	4
Horno	2	2	2,5	3
Horno	2	2	2	3
Horno	2	2	1,5	2.5
Horno	2	2	2,5	3.5
Horno	2	2	2	3.5
Horno	2	2	1,5	2
Horno	2	2		
Horno	2	2	2	3
Horno	2	2	2	3.5
Horno	2	2		
Horno	2	2	2	3
Horno	2	2	1	2.5
Horno	2	2	2	2.5
Horno	2	2		
Horno	2	2	2	2.5
Horno	2	2	2,5	3.5
Horno	2	2	2	3.5
Horno	2	2	2	3
Horno	2	2	1,5	2.5
Horno	2	2	1,5	2.5
Horno	2	2	2	3.5
Horno	2	2	2,5	3
Horno	2	2	2	3.5
Horno	2	2	2,5	4
Horno	2	2	2,5	3
Horno	2	2	2,5	3.5
Horno	2	2	2	3.5
Horno	2	2	2	3

Horno	2	3	2	3
Horno	2	3	2	3.5
Horno	2	3	2,5	3.5
Horno	2	3	3	4.5
Horno	2	3	2	3
Horno	2	3	2	3.5
Horno	2	3	2,5	3
Horno	2	3	2,5	3.5
Horno	2	3		
Horno	2	3	1,5	2.5
Horno	2	3	2	2.5
Horno	2	3	1	2.5
Horno	2	3		
Horno	2	3	2	3
Horno	2	3	1,5	2.5
Horno	2	3	1,5	2.5
Horno	2	3	2	3.5
Horno	2	3	2,5	3
Horno	2	3	2	3.5
Horno	2	3	2,5	3
Horno	2	3	1,5	2.5
Horno	2	3		
Horno	2	3	2	3.5
Horno	2	3	1,5	2.5
Horno	2	3	2	3
Horno	2	3	1,5	3
Horno	2	3	2	2.5
Horno	2	3	1,5	3
Horno	2	3		
Horno	2	3	1,5	2.5
MW 0,125	3	1		

MW 0,125	3	1	2	3
MW 0,125	3	1		
MW 0,125	3	1	3	4.5
MW 0,125	3	1	2,5	4.5
MW 0,125	3	1	2	3
MW 0,125	3	1	1,5	3
MW 0,125	3	1	1	3
MW 0,125	3	1	2	3.5
MW 0,125	3	1	2,5	3
MW 0,125	3	1	3	4.5
MW 0,125	3	1	2	3
MW 0,125	3	1	1,5	3
MW 0,125	3	1	1	2.5
MW 0,125	3	1		
MW 0,125	3	1	2,5	3.5
MW 0,125	3	1	1,5	2.5
MW 0,125	3	1	1,5	3
MW 0,125	3	1		
MW 0,125	3	1	2	3
MW 0,125	3	1	3	3.5
MW 0,125	3	1	2	3.5
MW 0,125	3	1	2	3
MW 0,125	3	1	2,5	4
MW 0,125	3	1	2	3.5
MW 0,125	3	1	2	3.5
MW 0,125	3	1	1,5	2.5
MW 0,125	3	1	1,5	2
MW 0,125	3	1		
MW 0,125	3	1	2	3.5
MW 0,125	3	2	3,5	4.5
MW 0,125	3	2	3,5	4

MW 0,125	3	2		
MW 0,125	3	2	2,5	3
MW 0,125	3	2	2,5	3.5
MW 0,125	3	2	2	3.5
MW 0,125	3	2	2	3
MW 0,125	3	2	2	2.5
MW 0,125	3	2	3,5	4
MW 0,125	3	2	3	4.5
MW 0,125	3	2	2,5	3.5
MW 0,125	3	2	2	2.5
MW 0,125	3	2	2,5	3.5
MW 0,125	3	2		
MW 0,125	3	2	3	4.5
MW 0,125	3	2	1	
MW 0,125	3	2	2	3
MW 0,125	3	2	1,5	3
MW 0,125	3	2		
MW 0,125	3	2	3	3.5
MW 0,125	3	2		
MW 0,125	3	2	2,5	3
MW 0,125	3	2	2	3.5
MW 0,125	3	2	2,5	3
MW 0,125	3	2	2	2.5
MW 0,125	3	2	2,5	4
MW 0,125	3	2		
MW 0,125	3	2	1,5	2.5
MW 0,125	3	2	1,5	3
MW 0,125	3	2	1,5	2
MW 0,125	3	3	1,5	3
MW 0,125	3	3	2	2.5
MW 0,125	3	3	2,5	3.5

MW 0,125	3	3	1	2.5
MW 0,125	3	3	2	3
MW 0,125	3	3	3	4
MW 0,125	3	3	3,5	4.5
MW 0,125	3	3	2	3
MW 0,125	3	3	2	3.5
MW 0,125	3	3		
MW 0,125	3	3	1	3
MW 0,125	3	3	1,5	2
MW 0,125	3	3		
MW 0,125	3	3	1,5	2.5
MW 0,125	3	3		
MW 0,125	3	3	1,5	3
MW 0,125	3	3	3	3.5
MW 0,125	3	3	2	3
MW 0,125	3	3	1,5	2.5
MW 0,125	3	3	1,5	2
MW 0,125	3	3	2,5	4
MW 0,125	3	3	1,5	2
MW 0,125	3	3		
MW 0,125	3	3	1,5	2.5
MW 0,125	3	3	1,5	2.5
MW 0,125	3	3	2	3
MW 0,125	3	3		
MW 0,125	3	3	2	3
MW 0,125	3	3	1,5	2
MW 0,125	3	3	1,5	2.5
MW 0,25	4	1		
MW 0,25	4	1	2	3
MW 0,25	4	1	3	4
MW 0,25	4	1		

MW 0,25	4	1	1,5	
MW 0,25	4	1	2	2.5
MW 0,25	4	1	1	3.5
MW 0,25	4	1	1	2
MW 0,25	4	1	3	3.5
MW 0,25	4	1	4	5
MW 0,25	4	1	1	2.5
MW 0,25	4	1	2	2.5
MW 0,25	4	1	1,5	3
MW 0,25	4	1	4	4.5
MW 0,25	4	1		
MW 0,25	4	1		
MW 0,25	4	1	2,5	3
MW 0,25	4	1	3	4
MW 0,25	4	1	2,5	3
MW 0,25	4	1	2,5	3.5
MW 0,25	4	1	4	4.5
MW 0,25	4	1	1,5	2.5
MW 0,25	4	1		
MW 0,25	4	1	3,5	4
MW 0,25	4	1	2,5	3.5
MW 0,25	4	1	1	3
MW 0,25	4	1		
MW 0,25	4	1	2	3.5
MW 0,25	4	1	1	2
MW 0,25	4	1	1	2.5
MW 0,25	4	2	2,5	3
MW 0,25	4	2		
MW 0,25	4	2	3	4
MW 0,25	4	2	2	2.5
MW 0,25	4	2	3	3.5

MW 0,25	4	2	3	3.5
MW 0,25	4	2	1	2.5
MW 0,25	4	2		
MW 0,25	4	2	1,5	2,5
MW 0,25	4	2	3,5	4
MW 0,25	4	2	2,5	3.5
MW 0,25	4	2	2	3
MW 0,25	4	2	2	3
MW 0,25	4	2	3	3.5
MW 0,25	4	2	2	3
MW 0,25	4	2	1	2.5
MW 0,25	4	2	2	3.5
MW 0,25	4	2	3	4.5
MW 0,25	4	2	3	3.5
MW 0,25	4	2	1,5	3
MW 0,25	4	2	2	3
MW 0,25	4	2	1,5	2.5
MW 0,25	4	2	2,5	3.5
MW 0,25	4	2	2,5	3
MW 0,25	4	2		
MW 0,25	4	2	2	3
MW 0,25	4	2	2	3
MW 0,25	4	2	2,5	3.5
MW 0,25	4	2	2	3
MW 0,25	4	2		
MW 0,25	4	3	2	3
MW 0,25	4	3	2,5	3
MW 0,25	4	3	2,5	3.5
MW 0,25	4	3	1	2.5
MW 0,25	4	3	1,5	2.5
MW 0,25	4	3	2,5	3.5

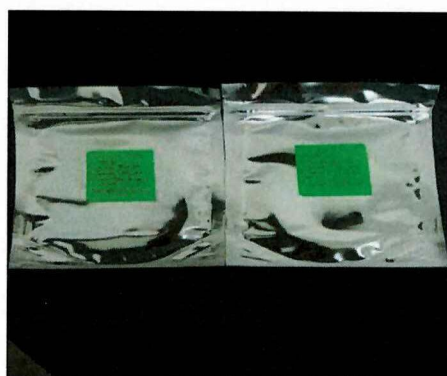
MW 0,25	4	3	3	4
MW 0,25	4	3	2	3
MW 0,25	4	3		
MW 0,25	4	3	1	2
MW 0,25	4	3	2	3
MW 0,25	4	3	2	3.5
MW 0,25	4	3	2,5	3
MW 0,25	4	3	3	4
MW 0,25	4	3		
MW 0,25	4	3		
MW 0,25	4	3	2	3.5
MW 0,25	4	3	2,5	3.5
MW 0,25	4	3	3	4
MW 0,25	4	3	2	2.5
MW 0,25	4	3		
MW 0,25	4	3	2	2.5
MW 0,25	4	3	3,5	4
MW 0,25	4	3	1,5	2.5
MW 0,25	4	3	2,5	3
MW 0,25	4	3	2	3
MW 0,25	4	3	1,5	2.5
MW 0,25	4	3		
MW 0,25	4	3	2,5	3
MW 0,25	4	3	2	3
MW 0.5	5	1	1,5	3.5
MW 0.5	5	1	2	3.5
MW 0.5	5	1		
MW 0.5	5	1	2	2.5
MW 0.5	5	1	2	3.5
MW 0.5	5	1	2,5	3
MW 0.5	5	1	2	3

MW 0.5	5	1	2	3
MW 0.5	5	1	3	4
MW 0.5	5	1	1	3
MW 0.5	5	1	1,5	3
MW 0.5	5	1		
MW 0.5	5	1	2,5	3
MW 0.5	5	1	3	3.5
MW 0.5	5	1	2	2.5
MW 0.5	5	1		
MW 0.5	5	1	2	3
MW 0.5	5	1	1,5	2
MW 0.5	5	1	3	4
MW 0.5	5	1	2	2.5
MW 0.5	5	1	2,5	3
MW 0.5	5	1	3	4
MW 0.5	5	1	3	4
MW 0.5	5	1	2	3
MW 0.5	5	1	2	2.5
MW 0.5	5	1	1,5	2.5
MW 0.5	5	1	3	4
MW 0.5	5	1	2	3.5
MW 0.5	5	1	2,5	4
MW 0.5	5	1	2	3
MW 0.5	5	2	2	
MW 0.5	5	2		
MW 0.5	5	2	2	3
MW 0.5	5	2	2	2.5
MW 0.5	5	2	2,5	3.5
MW 0.5	5	2	1	2
MW 0.5	5	2	2	3
MW 0.5	5	2	1	2

MW 0.5	5	2	1,5	2
MW 0.5	5	2	1,5	3
MW 0.5	5	2		
MW 0.5	5	2	1	
MW 0.5	5	2	2,5	3.5
MW 0.5	5	2	1,5	2.5
MW 0.5	5	2	3	4.5
MW 0.5	5	2	2	3
MW 0.5	5	2	2	2.5
MW 0.5	5	2	1,5	2.5
MW 0.5	5	2	1,5	2.5
MW 0.5	5	2	2,5	3
MW 0.5	5	2	1	
MW 0.5	5	2	1	2.5
MW 0.5	5	2	3	4.5
MW 0.5	5	2	2	2.5
MW 0.5	5	2	1,5	3
MW 0.5	5	2	2	3.5
MW 0.5	5	2	2,5	3
MW 0.5	5	2		
MW 0.5	5	2	2	3
MW 0.5	5	2	3	4
MW 0.5	5	3	1,5	2.5
MW 0.5	5	3	2	3
MW 0.5	5	3	2,5	3
MW 0.5	5	3	2	3.5
MW 0.5	5	3		
MW 0.5	5	3	2,5	3.5
MW 0.5	5	3	2	3
MW 0.5	5	3	1	
MW 0.5	5	3	2	2.5

MW 0.5	5	3	2,5	3.5
MW 0.5	5	3	2,5	3
MW 0.5	5	3	1,5	2
MW 0.5	5	3	1	
MW 0.5	5	3	2	2.5
MW 0.5	5	3	2	3
MW 0.5	5	3		
MW 0.5	5	3	2	3
MW 0.5	5	3	2,5	3.5
MW 0.5	5	3	1,5	2.5
MW 0.5	5	3	2,5	3.5
MW 0.5	5	3		
MW 0.5	5	3	2	3
MW 0.5	5	3	2	3.5
MW 0.5	5	3	1,5	2
MW 0.5	5	3	2	2.5
MW 0.5	5	3	2	2.5
MW 0.5	5	3	2,5	3.5
MW 0.5	5	3	3	4.5
MW 0.5	5	3		
MW 0.5	5	3	2	2.5

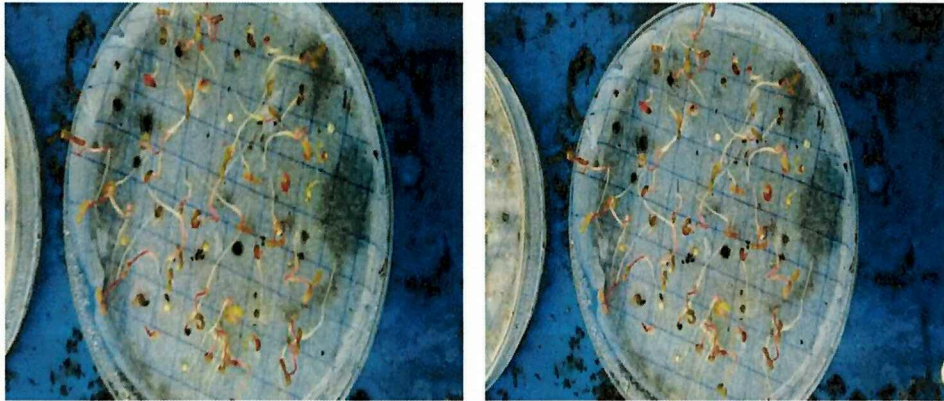
Anexo 5. Fotografías de las principales actividades realizadas en el proyecto



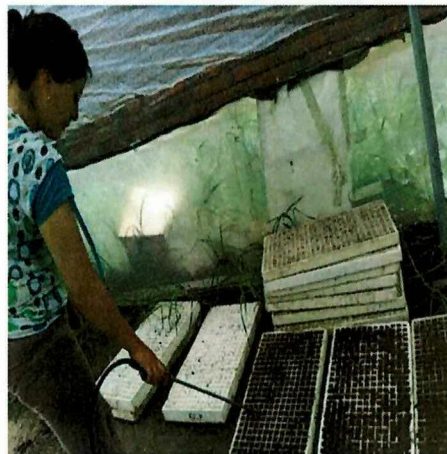
Secado de la semilla de amaranto



Germinación en cajas Petri de las semillas secadas



Resultados de germinación en laboratorio



Proceso de emergencia en vivero



Plantas desarrolladas en vivero





Toma de datos