



**“EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA
GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE SEMILLAS DE
JAMAICA *Hibiscus Sabdariffa* L. A 100°C”**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

ESPECIALIDAD:

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

PRESENTA:

WENDY CONCEPCION PECH CAUICH

DIRECTOR: DR. FELIPE DE JESÚS GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

CO-DIRECTOR: DR. MARIO BEN-HUR CHUC ARMENDÁRIZ

CALKINI, CAMPECHE, MÉXICO

2025



**“EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA
GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE SEMILLAS DE
JAMAICA *Hisbicus Sabdariffa* L. A 100°C**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

ESPECIALIDAD:

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

PRESENTA:

WENDY CONCEPCION PECH CAUICH

DIRECTOR: DR. FELIPE DE JESÚS GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

CO-DIRECTOR: DR. MARIO BEN-HUR CHUC ARMENDÁRIZ

CALKINI, CAMPECHE, MÉXICO

2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní

Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní

Departamento de Administración y

Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche **06/03/2025**

P/03/25/599

INGENIERIA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

**C. WENDY CONCEPCIÓN PECH CAUICH 7311
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERIA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE.
PRESENTE**

Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director DR. FELIPE DE JESUS CONZALEZ RODRIGUEZ, y el co-director DR. MARIO BEN-HUR CHUC ARMENDARIZ, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: **"EFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO EN LA GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE SEMILLAS DE JAMAICA (HISBICUS SABDARIFFA L. A 100°C)".**

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría, Fortaleza de Nuestra Cultura®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ

"DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES"

CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO

Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24900 Tel. 996-8134870,
e-mail: se_dcalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

Agradezco la compañía de mi familia en especial de mi madre que en paz descanse a Argelia María Cauich Pool y de mi padre Ricardo Alonso Pech Canche por estar conmigo en todo momento, de igual forma a mis abuelos Eulalia Canche Coox por ayudarme con mis estudios a pesar de las carencias económicas busco la manera de cómo ayudarme y gracias a ella estoy por concluir en mis estudios, a mis amigos y maestros, le agradezco a Dios por mantenerme con vida para poder llegar al termino de mi etapa estudiantil a pesar de lo difícil que a sido no me rendido , en especial a una persona que a sido mi pilar y consejo durante este tiempo a Daniel de Jesús Sima May por siempre apoyarme y nunca dejarme sola solo quiero decir familia muchas gracias por ser el pilar y aconsejarme para tomar las mejores decisiones durante este tiempo, a pesar de que teníamos dificultades, a mi pequeño compañero que estuvo conmigo las noches y días difíciles mi lucas, a mis compañeros del grupo de Jamay queros, Dánae , Karen, Mayra, Julián y regina.

A Julián M. por siempre apoyarme y no dejarme sola, por sus conocimientos.

Parte importante de este trabajo es gracias a mis asesores al Dr. Felipe de Jesús González Rodríguez y Dr. Mario Ben-Hur Chuc Armendáriz que con esfuerzo, dedicación y atención lograron ser para mí una inspiración en la cual me enseñaron a que no hay dificultad más grande que el no querer hacerlo, gracias por apoyarme.

Son todo para mí, con todo el amor que les tengo este trabajo es un logro de ellos y mío.

DEDICATORIA

Antes que todo dedico este trabajo a mis abuelos y a dios , quien gracias a él lo puede todo, por darme la salud que me brindo durante este largo trayecto de mi vida, la sabiduría y el entendimiento para poder afrontar todas las adversidades que se presentaron día tras día en dicho proceso que no fueron nada fáciles.

Gracias a DIOS, por ser el guiador de mi camino, de igual forma esta tesis es dedicada a mis papas que sin su valioso apoyo no estaría en estos momentos de mi vida.

En especial a mis valiosos abuelos :Eulalia canche coox y Maximiliano Pech Uc, ya que fueron y serán una parte fundamental de mi vida, que durante estos 4 años y medio fueron testigos de todos los desvelos, esfuerzos en cada uno de los trabajos y proyectos que lleve a cabo en los cuales hubo momentos de tristeza y llantos, pero que sin duda alguna a sus consejos y apoyo logre salir adelante, no descarto los momentos de alegría y felicidad que sin duda alguna fueron increíbles al sentir esa satisfacción de poder culminar trabajos y proyectos que hicieron sacar todo mi potencial y dar lo mejor de mí, pero con mucho orgullo puedo decir que he logrado una meta, un sueño el poder culminar mis estudios gracias a Dios.

A mi mamá que ahora ya no está conmigo, pero sé que está orgullosa de mi dónde ella se encuentre le dedico mi tesis.

CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
GENERAL.....	5
ESPECÍFICOS.....	6
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.13 HIPÓTESIS	6
CAPITULO II.....	7
MARCO TEORICO	7
2.1 ORIGEN DE LA JAMAICA	7
2.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA Y TAXONÓMICA	7
2.3 HABITO DE CRECIMIENTO	7
2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA JAMAICA	8
2.5. HÁBITO DE CRECIMIENTO.....	9
2.6 CARACTERÍSTICAS DEL TALLO: COLOR.....	10
2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA HOJA: FORMAS	11
CARACTERÍSTICA DE LA FLOR: COLOR PRINCIPAL DE LOS PÉTALOS.....	12
2.8 CARACTERÍSTICA DE LA FLOR: COLOR DE LA BASE TERMINAL DEL ESTIGMA	13
2.9 CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO: LONGITUD DEL CÁLIZ Y FRUTO: DIÁMETRO DEL CÁLIZ.	13
2.9 CARACTERÍSTICA FRUTO: FORMA DE LA CÁPSULA	14
2.10 CARACTERÍSTICAS FRUTO: PIGMENTACIÓN ANTOCIÁNICA DE LA CÁPSULA.....	15
DESCRIPCIÓN FENOTÍPICA:	15
2.10 CARACTERÍSTICA SEMILLA: TAMAÑO.....	16
2.11 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES	16
CLIMA:	16
SUELO	16
LUZ SOLAR.....	16
ALTITUD.....	16
ESTACIONALIDAD.....	17
2.12 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA JAMAICA	17
2.13 CONCEPTO DE SEMILLA	18
2.14 CALIDAD DE SEMILLA	18

2.15 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE SEMILLAS.....	18
2.16 CAPACIDAD DE GERMINACIÓN.....	19
2.17 VIGOR	19
2.18 LATENCIA	20
2.19 TRABAJOS REALIZADOS CON SEMILLAS BAJO INMERSIÓN EN AGUA CALIENTE	20
CAPITULO III.....	21
METODOLOGIA.....	21
3.1 MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.2 MATERIAL VEGETAL.....	21
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	22
3.4 PREPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS.....	22
3.5 SIEMBRA	22
3.6 PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR EN EL INVERNADERO	22
3.7 PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR EN EL INVERNADERO	23
3.8 ANÁLISIS DE DATOS	23
3.9 RESULTADOS ESPERADOS	23
3.10 TRATAMIENTOS.....	24
CAPITULO IV	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y EFECTIVIDAD EN LA MEJORA DE LA GERMINACIÓN.....	25
MECANISMOS QUE LIMITAN LA EFECTIVIDAD DEL TRATAMIENTO TÉRMICO.....	26
LA RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LAS SEMILLAS DE <i>HIBISCUS SABDARIFFA</i> A LAS FLUCTUACIONES TÉRMICAS	26
DORMANCIA FÍSICA Y BIOQUÍMICA DE LA SEMILLA	26
ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA SEMINAL EN <i>HIBISCUS SABDARIFFA</i>.....	27
PROTEÍNAS DE CHOQUE TÉRMICO (HSPS) Y SU PAPEL EN LA TOLERANCIA TÉRMICA	27
IMPLICACIONES AGRONÓMICAS Y PERSPECTIVAS FUTURAS	27
CONCLUSIÓN	28
REFERENCIAS	29
ANEXOS.	35

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. DE LA TAXONOMÍA DE LA JAMAICA	7
CUADRO 2 TRATAMIENTOS CON SUS RESPECTIVOS GRADOS DE INMERSIÓN	24

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ERECTO	9
FIGURA (2) ERECTO A EXTENDIDO	9
FIGURA (3) EXTENDIDO	9
FIGURA (4) TALLO VERDE	10
FIGURA (5) TALLO ROSADO	10
FIGURA (6) TALLO ROJO	10
FIGURA (7) TALLO ROJO PURPURA.....	10
FIGURA (8) TALLO PURPURA	11
FIGURA (9) POCO LOBULADA	11
FIGURA (10) MUY LOBULADA	11
FIGURA (11) OVAL.....	11
FIGURA (12) CORDIFORME.....	12
FIGURA (13) BLANCO	12
FIGURA (14) BLANCO AMARILLENTO	12
FIGURA (15) ROSA.....	12
FIGURA (16) AMARILLO.....	13
FIGURA (17) ROJO	13
FIGURA (18) CERRADO	13
FIGURA (19) MEDIO	14
FIGURA (20) SEMIABIERTO.....	14
FIGURA (21) ABIERTO	14
FIGURA (22) REDONDA	14
FIGURA (23) OVOIDE.....	15
FIGURA (24) AUSENTE.....	15
FIGURA (25) MEDIO	15
FIGURA (26) MUY FUERTE.....	15
FIGURA (27) SEMILLA	16
FIGURA (28) RECOLECCIÓN DE LA JAMAICA	35
FIGURA(29)SECADO DE LAS SEMILLAS	35
FIGURA (30) RESULTADO DE GERMINACIÓN	35

CAPITULO I.

INTRODUCCION

La *Hibiscus sabdariffa* L., conocida comúnmente como Jamaica, es una planta herbácea de la familia Malvaceae, ampliamente cultivada por sus flores comestibles, que se utilizan en la preparación de bebidas refrescantes, suplementos alimenticios y productos farmacéuticos. Esta planta destaca no solo por su uso en la industria alimentaria, sino también por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antihipertensivas, las cuales han sido ampliamente documentadas en investigaciones científicas (Ojo et al., 2016). La flor de Jamaica es especialmente valiosa debido a la presencia de antocianinas, compuestos bioactivos que contribuyen a la prevención de enfermedades cardiovasculares y el fortalecimiento del sistema inmunológico (Apáez-Barrios et al., 2018). A pesar de estos beneficios, la viabilidad de las semillas y su capacidad para germinar de manera efectiva sigue siendo un factor determinante para una producción exitosa y sostenible de la planta (Onyegbado et al., 2017).

La germinación de las semillas de Jamaica, al igual que en otras especies, está influenciada por una serie de factores bióticos y abióticos, incluyendo temperatura, humedad y el tratamiento pre-germinativo de las semillas. Estos factores pueden interaccionar de maneras complejas para mejorar o inhibir el proceso de germinación, afectando el rendimiento y la calidad de las plántulas (Jama et al., 2019). Uno de los tratamientos más comunes para optimizar la germinación es el tratamiento térmico, que se ha demostrado que afecta la permeabilidad de la membrana celular y la actividad enzimática dentro de las semillas, factores esenciales para la germinación (García et al., 2023).

El tratamiento térmico, especialmente a temperaturas elevadas, tiene el potencial de inducir o inhibir la germinación dependiendo de la duración y la intensidad del calor aplicado. Mientras que los tratamientos térmicos suaves pueden ayudar a superar la dormancia de las semillas, los tratamientos extremos, como los realizados a temperaturas de 100°C, podrían resultar en un daño celular irreparable, lo que reduce la viabilidad de la semilla y la calidad de la plántula emergente (Zhang et al., 2020). La temperatura, un factor crucial en la

germinación de las semillas, influye en la descomposición de las reservas de almidón, proteínas y otros componentes bioquímicos necesarios para el inicio de la germinación (Fang et al., 2021).

En la *Hibiscus sabdariffa*, diversos estudios han documentado que la temperatura óptima para la germinación oscila entre 30°C y 35°C, donde las semillas muestran una mayor tasa de germinación y emergencia de plántulas (Agboola et al., 2017). Sin embargo, se ha observado que un tratamiento térmico a temperaturas más altas, como 100°C, puede tener efectos contradictorios. Algunos estudios reportan que el tratamiento térmico a altas temperaturas podría inducir un estrés térmico en las semillas, lo que podría reducir la tasa de germinación al afectar la estructura interna de las semillas (Idris et al., 2021). Por otro lado, tratamientos térmicos breves podrían favorecer la germinación al suavizar las paredes celulares o al activar procesos enzimáticos cruciales para el proceso de germinación (Ola et al., 2018). La clave está en determinar la duración y la temperatura precisas que maximizan la germinación sin comprometer la viabilidad de la semilla.

Existen pocos estudios centrados específicamente en el impacto del tratamiento térmico a 100°C en la germinación de las semillas de *Hibiscus sabdariffa*. No obstante, la investigación de este tratamiento es de gran importancia, especialmente para establecer protocolos de manejo de semillas que favorezcan un establecimiento eficiente de cultivos en condiciones controladas. Por ejemplo, en especies como *Ocimum basilicum* L. (albahaca), se ha demostrado que un tratamiento térmico a 70°C afecta negativamente tanto la germinación como el vigor de las plántulas, lo que subraya la necesidad de identificar el umbral térmico óptimo para cada especie (García et al., 2023).

El tratamiento térmico en semillas de *Hibiscus sabdariffa* no solo afecta la tasa de germinación, sino también la emergencia y el vigor de las plántulas. La emergencia es un proceso fundamental, ya que de ella depende la formación de una población homogénea de plantas que, si se establecen adecuadamente, garantizan un cultivo exitoso (López et al., 2020). Por lo tanto, el tratamiento térmico tiene el potencial de modificar los índices de emergencia, que son cruciales para el éxito de la producción agrícola. La comprensión detallada de los efectos del tratamiento térmico a 100°C sobre la germinación y la emergencia

es crucial para definir mejores prácticas agrícolas que optimicen el establecimiento y el rendimiento de cultivos de *Hibiscus sabdariffa*.

Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del tratamiento térmico a 100°C en la germinación y emergencia de las semillas de *Hibiscus sabdariffa*. A través de este análisis, se busca proporcionar información clave sobre las temperaturas de tratamiento ideales que podrían mejorar la eficiencia de la germinación y emergencia de las semillas, contribuyendo al desarrollo de técnicas de manejo más eficientes y sostenibles en la producción de esta planta. Los resultados obtenidos podrán ser utilizados para mejorar las prácticas agrícolas y fortalecer la producción de Jamaica en regiones con condiciones climáticas controladas o invernaderos.

1.1 Antecedentes

El tratamiento térmico es una técnica ampliamente utilizada para mejorar la germinación de semillas con cubiertas duras o que presentan algún tipo de dormancia, como las semillas de *Hibiscus sabdariffa* L. (roselle) Jamaica. Esta planta, nativa de África tropical y extendida en diversas regiones tropicales y subtropicales, es conocida por su importancia en la industria alimentaria y medicinal. Las semillas de Jamaica poseen una cubierta dura que dificulta la absorción de agua, lo que genera problemas de germinación. Ante esto, el tratamiento térmico se ha propuesto como una herramienta para superar este obstáculo (Baskin, C. C., & Baskin, J. M. 2001).

México es uno de los principales productores del cultivo de *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae), conocida popularmente como Jamaica, que se ha adaptado principalmente a las zonas tropicales y subtropicales del mundo. en México en una superficie aproximada de más de 18 000 ha, siendo los estados de Guerrero, Oaxaca, Nayarit, Michoacán, Campeche, Colima, Jalisco y Sinaloa los principales productores (INEGI, 2004). Por la creciente demanda la superficie para explotación en México varía según los años, en 2019 se han sembrado 39,927 ha distribuidas en los estados de Sinaloa, Jalisco, Zacatecas y Puebla, con una superficie de 6,996, 4,581, 4,244 y 4,124 ha, con un rendimiento agronómico promedio de 19.277 Meg/ha (SIAP, 2019).

La dormancia física es un fenómeno común en especies tropicales, en el que la cubierta de la semilla es impermeable al agua y al oxígeno, lo que impide el inicio de la germinación. Las semillas de *Hibiscus sabdariffa* exhiben esta característica, lo que dificulta su uso en programas de siembra y cultivo sin un tratamiento previo. El tratamiento térmico es uno de los métodos que puede emplearse para romper la dormancia en este tipo de semillas ficación térmica.

El uso de altas temperaturas durante un corto período de tiempo es una estrategia conocida como escarificación térmica, utilizada para debilitar o romper la cubierta de las semillas y facilitar la absorción de agua. Varios estudios han demostrado que la exposición de semillas a temperaturas elevadas puede mejorar su tasa de germinación. En el caso de *Hibiscus sabdariffa*, al igual que en otras plantas con semillas de cubierta dura, se ha sugerido que el tratamiento térmico podría ser efectivo para romper la dormancia (Bewley, J. D., & Black, M. 1994).

Diversas investigaciones han mostrado que el tratamiento térmico a temperaturas moderadas puede tener un efecto positivo en la germinación de semillas, pero cuando las temperaturas son muy elevadas, como 100°C, el tiempo de exposición es crucial. Exponer las semillas a 100°C por períodos prolongados puede dañar la estructura interna de la semilla, desnaturalizando proteínas y afectando su viabilidad. Sin embargo, si la exposición es breve, puede mejorar la permeabilidad de la cubierta y favorecer la germinación.

Los antecedentes sugieren que el tratamiento térmico podría ser una estrategia útil para mejorar la germinación de *Hibiscus sabdariffa*, siempre y cuando el tiempo y la intensidad del calor sean cuidadosamente controlados. Investigaciones específicas aún son necesarias para determinar el efecto óptimo de temperaturas elevadas en esta especie. (Azhar, M., & Nasreen, A. 2014).

1.2 Planteamiento del problema

El tratamiento térmico de semillas es una práctica muy conocida en el medio agronómico y como último recurso para romper la latencia fisiológica. Sin embargo, varias especies requieren el reconocimiento de una temperatura cuya duración es conocida como las horas frío; de hecho, algunas semillas presentan mecanismos excesivos antitérmicos. En muchas pruebas experimentales, las semillas fueron calentadas en agua previamente, luego remojadas

y secadas, y los resultados se analizaron colectivamente. Al ofrecer respuesta a la pregunta teórica de qué temperatura de tratamiento térmico optimiza la germinación y emergencia de las semillas de *H. sabdariffa*, se acudirá a concretar los tratamientos cuyos resultados condicionaron la realización del presente estudio. Sin embargo, uno de los principales retos en su propagación es la baja tasa de germinación, que suele deberse a características propias de las semillas. Estas limitaciones afectan la productividad y dificultan su cultivo en diversas regiones agrícolas.

Para mejorar la germinación, se han empleado diferentes métodos de pretratamiento, como la escarificación mecánica, química o térmica. En particular, el tratamiento térmico, que consiste en exponer las semillas a altas temperaturas durante períodos controlados, ha mostrado resultados prometedores en otras especies al favorecer la permeabilidad de la testa y activar procesos enzimáticos. Sin embargo, existe poca evidencia específica sobre los efectos de este tratamiento en semillas de *Hibiscus sabdariffa* L., especialmente cuando se aplican temperaturas extremas como 100°C.

Es necesario determinar si el tratamiento térmico a 100°C afecta positivamente la germinación y la emergencia de las semillas de esta especie, así como establecer las condiciones óptimas para maximizar la respuesta. Este conocimiento podría contribuir a mejorar las prácticas agrícolas y facilitar el cultivo de *Hibiscus sabdariffa* L., especialmente en regiones donde las condiciones ambientales adversas complican la propagación natural.

¿Qué porcentaje de germinación se obtendrá?

¿Tendrá algún efecto la inmersión de semillas en agua caliente a 100°C?

1.3 Objetivos

General

- Evaluar el efecto del tratamiento térmico a 100°C en la germinación y emergencia de semillas de *Hibiscus sabdariffa* L. con el fin de determinar la influencia de la

inmersión en agua caliente en el proceso germinativo y su impacto en el establecimiento inicial de las plántulas.

Específicos

- Analizar la tasa de emergencia de plántulas en semillas tratadas térmicamente a 100°C comparadas con un grupo control, para identificar diferencias significativas en la capacidad de emergencia tras el tratamiento.
- Determinar el porcentaje de germinación de la semilla de Jamaica sometida a inmersión en agua caliente a 100°C por 0, 2,4,8 y 10 segundos en laboratorio del ITESCAM.

1.4 Justificación

El cultivo de Jamaica es de gran relevancia agrícola debido a sus múltiples usos alimentarios, medicinales y comerciales. Sin embargo, la germinación de sus semillas presenta dificultades, tales como la baja tasa germinativa atribuida a la dureza del tegumento. Diversas técnicas de escarificación y pretratamientos térmicos han sido exploradas para superar esta barrera, mejorando la capacidad de germinación de las semillas.

El presente estudio se enfoca en investigar el efecto de la inmersión de las semillas de Jamaica en agua caliente a 100°C, un tratamiento térmico que podría favorecer la ruptura de la dormancia física inducida por la dureza de la cubierta de la semilla. Entender la relación entre el tratamiento térmico y los procesos de germinación y emergencia permitirá optimizar las prácticas de manejo agrícola de este cultivo, incrementando la eficiencia en la producción de plántulas y contribuyendo a un mejor rendimiento en campo. Además, los resultados podrán ser aplicados a otras semillas con características similares a la Jamaica.

1.13 Hipótesis

El tratamiento térmico de las semillas de *Hibiscus sabdariffa* L. a 100°C mejora su tasa de germinación y emergencia, en comparación con las semillas sin tratamiento térmico, al reducir la latencia y favorecer las condiciones iniciales para el desarrollo de plántulas.

CAPITULO II.

MARCO TEORICO

2.1 Origen de la Jamaica

La Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), también conocida como roselle, tiene su origen en el África tropical, especialmente en la región occidental del continente. Estudios sugieren que fue cultivada inicialmente en zonas del oeste de África, donde se utilizaba tradicionalmente en la elaboración de bebidas y como fuente de fibras. Desde África, la planta se dispersó hacia India y otras regiones del sudeste asiático, donde también adquirió importancia tanto por sus cálices comestibles como por sus aplicaciones medicinales y en la industria textil (Morton, 1987).

2.2 Clasificación botánica y Taxonómica

Cuadro 1. De la Taxonomía de la Jamaica

División	Magnoliphyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Suborden	Malvinas
Familia	Malvaceae
Subfamilia	Malvoideae
Género	Hibiscus
Especie	sabdariffa L.
Nombre común	Rosa Jamaica

2.3 Habito de crecimiento

La planta de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) presenta un hábito de crecimiento arbustivo. Se trata de una planta anual o perenne corta, que puede alcanzar alturas de 1.5 a 3 metros, dependiendo de las condiciones de cultivo y la variedad. Generalmente, tiene un crecimiento erguido con tallos ramificados, que en algunas variedades son de color rojizo. Las hojas son

alternas, profundamente lobuladas, y varían en forma, dependiendo de la etapa de crecimiento de la planta (Morton, 1987).

La planta tiene una raíz pivotante que permite una buena absorción de agua y nutrientes, lo que la hace adaptable a una variedad de suelos, aunque prefiere los suelos bien drenados y fértiles. Los cálices, que son la parte más valiosa de la planta, se desarrollan alrededor del fruto después de la floración y son los que se cosechan para uso alimentario, medicinal y cosmético (Duke, 1983).

2.4 Descripción botánica de la Jamaica

Es una planta que puede crecer entre 1.5 a 3 metros de altura, dependiendo de las condiciones del suelo, agua y el manejo agrícola. Su crecimiento es erguido y su forma es típicamente arbustiva (Morton, 1987).

Los tallos son cilíndricos y pueden presentar una coloración rojiza o verde, dependiendo de la variedad. Son ramificados y a menudo presentan un vello fino y suave (Duke, 1983).

Las hojas son alternas y tienen una forma variable según la etapa de crecimiento. Generalmente, las hojas más jóvenes son ovaladas o lanceoladas, mientras que las hojas maduras presentan de tres a cinco lóbulos profundos, con los márgenes dentados. El color de las hojas es verde oscuro (Bown, 1995).

Las flores son axilares y grandes, típicamente de 4 a 5 cm de diámetro. Son de color amarillo pálido con un centro de color púrpura oscuro o rojo. Estas flores tienen cinco pétalos y son muy vistosas. Florecen de manera aislada y su duración es corta, normalmente de un día (Morton, 1987).

El fruto es una cápsula dehiscentes que contiene varias semillas. Los frutos están rodeados por cálices carnosos, que son la parte comestible de la planta y se utilizan para preparar bebidas y otros productos alimentarios (Duke, 1983).

Los cálices son la parte más característica y valiosa de la planta. Son carnosos, rojos y se desarrollan alrededor del fruto tras la floración. Son ricos en ácidos orgánicos y antocianinas, lo que les da su color rojo brillante y sabor ligeramente ácido, ideal para la preparación de bebidas (Bown, 1995).

Las semillas son pequeñas, de color marrón oscuro, y se encuentran dentro de la cápsula del fruto. Son oleaginosas y, en algunos países, también se utilizan para la extracción de aceite (Morton, 1987).

2.5. HÁBITO DE CRECIMIENTO



Figura 1 Erecto

El hábito de crecimiento erecto en la planta de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) se refiere a la forma en que esta crece y desarrolla su estructura, caracterizándose por un crecimiento principalmente vertical, con un tallo principal que se extiende hacia arriba de manera recta y predominante sobre las ramas laterales. (Giusti, M. y Wrolstad, R. E.

2001. C) (Figura 1 Erecto)



**Figura (2)
Erecto A
Extendido**

El hábito de crecimiento erecto a extendido en la planta de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) describe una combinación de formas de crecimiento donde la planta presenta un tallo principal dominante y vertical (erecto), pero también desarrolla ramas laterales que se extienden horizontalmente o en ángulos amplios (extendido). Esta morfología es típica en ciertas variedades de Jamaica y está influenciada por factores

genéticos y ambientales. (Giusti, M. y Wrolstad, R. E. 2001. C) (Figura 2

Erecto A Extendido



**Figura (3)
Extendido**

El hábito de crecimiento erecto a extendido en la planta de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) describe una combinación de formas de crecimiento donde la planta presenta un tallo principal dominante y vertical (erecto), pero también desarrolla ramas laterales que se extienden

horizontalmente o en ángulos amplios (extendido). Esta morfología es típica en ciertas variedades de Jamaica y está influenciada por factores genéticos

y ambientales. (Giusti, M. y Wrolstad, R. E. 2001. C) (Figura 3

Extendido).

2.6 CARACTERISTICAS DEL TALLO: COLOR



El tallo verde es una estructura común en plantas jóvenes o en aquellas donde el tallo aún no ha lignificado. (Vaidya, K. R. 2000)(*Figura 4 Tallo Verde*)

Figura (4) Tallo Verde



El tono rosado puede deberse a la presencia de antocianinas, que son pigmentos solubles en agua y responsables de colores que van del rojo a la púrpura. (García, J. (2023)(*Figura 5 Tallo Rosado*).

Figura (5) Tallo Rosado.



El color rojo es causado principalmente por **antocianinas**, que son pigmentos naturales presentes en las células del tallo. (Abdullahi, M. (2021)(*Figura 6 Tallo Rojo*)

Figura (6) Tallo Rojo



La tonalidad rojo-púrpura es causada por una alta concentración de antocianinas, pigmentos que también se encuentran en flores, hojas y cálices de algunas plantas. (Fang et al., 2021). (*Figura (7) Tallo Rojo Purpura*).

Figura (7) Tallo Rojo Purpura



El tono púrpura se debe a la acumulación de antocianinas, pigmentos solubles en agua que se encuentran en las vacuolas de las células. (Agboola et al., 2017) (Figura 8 Tallo Purpura).

Figura (8) Tallo Purpura

2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA HOJA: FORMAS



**Figura (9)
Poco
Lobulada.**

El término poco lobulada en una hoja de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) hace referencia a una forma de hoja en la que los lóbulos o divisiones del limbo son poco pronunciados, con bordes suavemente curvados o apenas marcados. Esto contrasta con hojas profundamente lobuladas, donde los lóbulos son más evidentes y bien definidos. Vierling, E. (1996) (*Figura 9 poco Lobulada*).



**Figura
(10) Muy
Lobulada**

Las hojas muy lobuladas en la planta de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) presentan una morfología característica donde los lóbulos están profundamente marcados y bien definidos. Este tipo de hoja se encuentra en algunas variedades de Jamaica y está relacionado con factores genéticos y ambientales. Vierling, E. (1991) (*Figura 10 Muy Lobulada*)



Figura (11) Oval

Las hojas ovaladas en la planta de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) presentan una forma más simple y compacta en comparación con las hojas lobuladas. Este tipo de hoja se encuentra generalmente en las etapas iniciales de crecimiento o en variedades específicas de Jamaica y cumple funciones importantes en la fotosíntesis y adaptación ambiental. Meza-

Chavarría, P. (2012) (Figura 11 Oval).



Las hojas cordiformes en la planta de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) presentan una forma característica similar a un corazón, La base suele ser profundamente marcada Martínez, E. (1992) (Figura 12 Cordiforme)

Figura (12) Cordiforme

CARACTERÍSTICA DE LA FLOR: COLOR PRINCIPAL DE LOS PÉTALOS



Los pétalos son de un blanco puro o ligeramente cremoso, a menudo con un contraste en el centro de color amarillo pálido o púrpura tenue, dependiendo de la variedad, Las flores son de tamaño mediano a grande, similares a otras variedades de Jamaica, con un diámetro que varía entre 5

Figura (13) Blanco y 10 cm, Los pétalos son delgados, suaves y ligeramente translúcidos, con bordes lisos y a veces levemente ondulados (UPOV. 2011. D). (figura 13 blanco



**Figura (14)
Blanco
amarillento**

Los pétalos presentan un tono blanco con matices amarillentos suaves, que puede variar en intensidad dependiendo de las condiciones ambientales y genéticas, El diámetro de las flores es de **5 a 10 cm**, dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo, Los pétalos son **delgados y**

ligeramente translúcidos, con bordes lisos o suavemente ondulados. (

Giusti, M. y Wrolstad, R. E. 2001) (**Figura** 14 Blanco amarillento).



**Figura (15)
Rosa**

Presentan un tono rosado suave o intenso, que puede variar dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales, Las flores suelen medir entre **5 y 10 cm de diámetro**, dependiendo de la etapa de desarrollo y las condiciones del cultivo, Los pétalos son **delgados, suaves y ligeramente translúcidos**, con

bordes lisos o ligeramente ondulados (Vaidya, K. R. 2000.) (**Figura 15 ROSA**).

2.8 CARACTERÍSTICA DE LA FLOR: COLOR DE LA BASE TERMINAL DEL ESTIGMA



Figura (16) Amarillo

La base terminal del estigma presenta un color amarillo brillante o pálido, que contrasta con los tonos de los pétalos y otras partes de la flor.

Esta coloración puede servir para atraer polinizadores al resaltar visualmente, el estigma es redondeado o ligeramente lobulado, con una textura suave que facilita la adhesión del polen, Su posición terminal permite una eficiente recepción de polen durante la polinización. (A. L.

Navarrete V. 2010.) (*Figura 16 Amarillo*).



Figura (17) Rojo

La base terminal del estigma muestra un color rojo intenso, que puede variar desde un rojo brillante hasta un tono más oscuro dependiendo de la variedad, este color puede ser uniforme o combinarse con tonos más claros en otras partes del pistilo, es redondeado o ligeramente lobulado, con una textura que facilita la adhesión del polen, su posición en la parte

terminal del pistilo maximiza su exposición para capturar polen.

(Martínez, E. (1992). (*Figura 17 Rojo*).

2.9 CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO: LONGITUD DEL CÁLIZ Y FRUTO: DIÁMETRO DEL CÁLIZ.

Fruto: abertura de sépalos en el cáliz



Figura (18) Cerrado

El cáliz cerrado en la planta de Jamaica se refiere a la etapa inicial o inmadura del desarrollo del cáliz, donde los sépalos permanecen compactos, formando una estructura protectora alrededor del ovario (UPOV. 2010)(*Figura 18 Cerrado*).



Figura (19) Medio

En la etapa media de desarrollo del cáliz en la Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), los sépalos comienzan a abrirse ligeramente, marcando una transición entre el estado cerrado y el completamente abierto. (Meza-Chavarría, P. 2012) (Figura 19 Medio).



**Figura (20)
Semiabierto**

En la fase de cáliz semiabierto en la Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), los sépalos se han separado significativamente, pero aún no están completamente desplegados. Esta etapa es intermedia entre el cáliz medio y el abierto, marcando un avance en el desarrollo del fruto y del cáliz, con características que indican la proximidad a la madurez. (Giusti y Wrolstad, 2001).



Figura (21) Abierto

En la fase de cáliz abierto, los sépalos están completamente desplegados, marcando el punto de máxima madurez en esta estructura, Adquiere una forma plana o abierta, lo que permite una clara visualización del interior del cáliz y del fruto en desarrollo. (G. A. (Eds.). (2009).

2.9 CARACTERÍSTICA FRUTO: FORMA DE LA CÁPSULA



Figura (22) Redonda

El fruto tiene una forma esférica o casi esférica, con simetría en todas sus dimensiones, Puede ser ligeramente aplanado en los polos, dependiendo de la variedad, Generalmente es pequeño a mediano, con un diámetro que varía entre 1 y 2 cm, aunque puede cambiar según las condiciones de cultivo. (Meza-Chavarría, P. (2012) (**Figura 22 Redonda**).



Figura (23) Ovoide

El fruto tiene una forma ovalada, con una base más ancha y redondeada que se estrecha hacia la parte superior, Presenta una simetría longitudinal, lo que le da un aspecto uniforme.

Tamaño: Generalmente es mediano, con una longitud que puede variar entre 1.5 y 3 cm, dependiendo de la variedad y las condiciones de crecimiento

(Mahadevan, N., y Kamboj, P. (2009). (Figura 23 Ovoide)

2.10 Características Fruto: pigmentación antociánica de la cápsula.



Figura (24) Ausente

Descripción Fenotípica:

Se utiliza para describir y clasificar variedades o cultivares en estudios botánicos. La cápsula sin pigmentación suele tener colores verdes, amarillos o

claros, dependiendo de otros pigmentos presentes.

La ausencia de antocianinas puede ser resultado de la regulación o inactivación de genes en la ruta biosintética. Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014) (Figura 24 ausente).



Figura (25) Medio

Indica que la cápsula presenta una intensidad moderada de pigmentación antociánica, la coloración puede aparecer en zonas específicas, como los bordes, venas o regiones cercanas al ápice. Ellis, R. H., Hong, T. D., & Roberts, E. H. (1985) (Figura 25 Medio).



Figura (26) Muy fuerte

Indica una presencia intensa de pigmentos antociánicos en la cápsula, lo que da lugar a una coloración predominantemente púrpura, rojiza o violácea en toda o la mayor parte de la superficie de la cápsula. Leubner-Metzger, G. (2006). (Figura 26 Muy fuerte).

2.10 CARACTERÍSTICA SEMILLA: TAMAÑO



Se refiere a la **dimensión física** de la semilla, que puede evaluarse en términos de **longitud, ancho, grosor y peso**.

El peso de una semilla de **Jamaica** (*Hibiscus sabdariffa*) varía dependiendo de

Figura (27) Semilla la variedad y condiciones específicas de cultivo, pero en general, el peso promedio de una semilla de Jamaica es de aproximadamente **0.02 a 0.05 gramos**. Yang, K. (2016). (Figura 27 semilla).

2.11 Requerimientos ambientales

Clima:

Hibiscus sabdariffa es una planta tropical que prefiere climas cálidos y húmedos. Crece mejor en regiones donde la temperatura oscila entre 18°C y 35°C, con un rango óptimo cercano a 25°C a 30°C. La planta es sensible a las heladas y no tolera bien temperaturas por debajo de 15°C, lo que puede afectar seriamente su desarrollo (Morton, 1987).

Suelo: *Hibiscus sabdariffa* se adapta a una amplia variedad de suelos, pero crece mejor en suelos bien drenados, fértiles y de textura ligera. Prefiere suelos con un pH que oscile entre 5.5 y 6.8, ligeramente ácidos. Los suelos arcillosos pesados o aquellos con drenaje deficiente pueden provocar enfermedades radiculares, lo que afecta negativamente el crecimiento de la planta (Bown, 1995).

Luz solar: Es una planta que necesita pleno sol para un crecimiento adecuado. Para una producción óptima de cálices, es necesario que reciba entre 6 y 8 horas de luz solar directa al día. La sombra excesiva puede reducir tanto el crecimiento como el rendimiento en la producción de flores y cálices (Morton, 1987).

Altitud: La Jamaica prospera mejor a bajas altitudes, generalmente por debajo de 600 metros sobre el nivel del mar. Aunque puede crecer a altitudes más altas en regiones tropicales, su rendimiento tiende a disminuir con el aumento de la altura debido a temperaturas más frías y menor disponibilidad de humedad (Duke, 1983).

Estacionalidad: El ciclo de crecimiento de *Hibiscus sabdariffa* es anual, con una duración de 6 a 8 meses. Se siembra generalmente a principios de la temporada de lluvias, y la cosecha se realiza antes de que comience la temporada seca, para evitar la caída de los cálices y garantizar su calidad (Morton, 1987).

2.12 Importancia económica de la Jamaica

La Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) tiene una considerable importancia económica en México, donde es ampliamente cultivada y consumida, tanto en el mercado interno como en la exportación. Su relevancia económica se manifiesta en varias áreas, como la producción agrícola, el comercio internacional y la industria alimentaria, donde juega un papel clave en la generación de empleos y desarrollo rural.

México es uno de los principales productores de Jamaica en América Latina, con una producción significativa concentrada en los estados de Guerrero, Oaxaca, Puebla, Michoacán y Zacatecas. La Sierra de Guerrero es reconocida como una de las principales zonas productoras del país, donde la Jamaica es un cultivo tradicional y una fuente vital de ingresos para miles de familias rurales.

- Superficie cultivada: Según datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), México produce anualmente más de 10,000 toneladas de Jamaica seca, en una superficie que abarca más de 5,000 hectáreas. La mayor parte de esta producción se destina al mercado local, aunque una parte importante también se exporta.
- Ciclo de cultivo: La planta de Jamaica tiene un ciclo de producción anual de 6 a 8 meses, y es un cultivo que se adapta bien a las condiciones climáticas de las zonas tropicales y subtropicales del país. Es un cultivo con baja demanda de insumos y puede crecer en suelos pobres, lo que lo convierte en una opción atractiva para los pequeños agricultores (SADER, 2022).

El cultivo de Jamaica es una fuente de empleo para miles de familias en México, especialmente en regiones rurales marginadas. Las actividades relacionadas con la producción, cosecha y procesamiento de los cálices generan empleo temporal y permanente.

Empleo rural: En las principales zonas productoras, como Guerrero y Oaxaca, la Jamaica es un cultivo clave en el desarrollo rural, ya que proporciona ingresos a pequeños productores

y jornaleros agrícolas. El cultivo de Jamaica es relativamente fácil de manejar, lo que lo convierte en una opción económica y sostenible para las comunidades rurales.

2.13 Concepto de semilla

La semilla es la base del sustento de los seres humanos, fin y principio de la cultura campesina. Es el órgano principal encargado de reproducir gran mayoría de plantas superiores, terrestres y acuáticas. Su desempeño es fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas (Albores 2010)

Moreno (1996) menciona que agronómicamente y comercialmente se considera semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras complejas, que es empleada en siembras agrícolas. Botánicamente es un embrión que se encuentra en un estado latente, que en ocasiones lo acompaña un tejido que lo nutre y protege por el epispermo. Gracias a las semillas se generan otras formas de vida al margen de la planta madre.

2.14 Calidad de semilla

De acuerdo con la organización para la cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (2012), la calidad se define como la importancia general de la semilla, causa de las características genéticas y del conjunto de factores que afectan a su desarrollo, maduración y capacidad de almacenamiento. La calidad de la semilla es un factor fijo determinante en el establecimiento de un cultivo, para la máxima obtención en expresión del potencial de rendimiento FAO (2014). Las semillas que germinan con un porcentaje mayor a 90% son las semillas certificadas que emergen rápidamente y uniformemente bajo condiciones de campo.

La semilla de buena calidad es la base fundamental para una buena producción, (Andersen y Leach, 1961), desarrolla una emergencia rápida y uniforme, en condiciones ambientales; la calidad de semillas es la capacidad de germinar y producir una plántula aceptable (Moreno,1984), ya que la semilla es un medio de propagación muy importante para el desarrollo de hongos, bacterias y virus provocando enfermedades en las plantas (Andersen y Leach, 1961). El éxito en la producción de semilla depende del nivel de calidad que tenga (Rincón *et al.* 1990). La semilla al ser de calidad es susceptible de desarrollar una plántula en condiciones ambientales no ideales, tal como puede ocurrir a campo (Peretti, 1994).

2.15 Importancia de la calidad de semillas

Para tener una producción rentable y segura de cualquier cultivo es necesario trabajar con semillas de calidad, para la obtención de un cultivo productivo es vital recurrir a semilla de calidad, ya que ofrece mayor éxito en el establecimiento de la plántula. También, las semillas de calidad mantienen mayor facilidad de almacenamiento (Pittcock, 2008).

Aspectos genéticos, fitosanitarios, físicos y fisiológicos son los que comprenden la calidad de semilla. Se incluye la viabilidad, la capacidad germinativa y el vigor, los cuales son afectados por las condiciones de crecimiento de la planta madre durante el desarrollo de la semilla, el grado de madurez en el momento de cosecha, la forma de cosechar y las condiciones de beneficio (Pittcock, 2008).

2.16 Capacidad de germinación

La capacidad de germinación de las semillas de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) puede variar considerablemente según las condiciones de almacenamiento y el tratamiento previo a la siembra. En general, las semillas de Jamaica presentan dormancia física debido a su cubierta dura, lo que puede limitar su capacidad de germinación. Sin embargo, con tratamientos previos adecuados, como la escarificación o el remojo en agua caliente, se puede mejorar significativamente su tasa de germinación (Morton, 1987).

2.17 Vigor

El termino vigor fue definido por Perry (1973), como una “propiedad fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el ambiente, la cual determina la capacidad de la semilla para lograr rápidamente una plántula en el suelo, tolerando un amplio rango de factores ambientales”.

La AOSA (1983), considero el termino vigor como una propiedad de la semilla la que determina el potencial para una rápida y uniforme emergencia en el desarrollo de plántulas normales, bajo un rango de condiciones de campo. De igual forma se considera que la principal causa de síntomas de disminución del vigor de una semilla, es en la germinación, ocasionando una des-uniformidad en la germinación. La velocidad de una germinación es una característica muy importante al establecer una especie, si la semilla germina

rápida mente hace un uso eficiente de la humedad disponible en el suelo, siendo posible la germinación en zonas de humedad limitada (Whalley et al. 1966).

2.18 Latencia

Ferguson y Sánchez (1986) mencionan que la latencia es una condición interna de la semilla en su etapa de desarrollo lo que impide la germinación aun estando en condiciones húmedas y adecuadas. La característica de una semilla latente es aquella que cumple con una germinación impedida por mecanismos propios internos y como semilla a aquella que germina de inmediato cuando es expuesta a condiciones ambientales favorables (Moreno 1984).

2.19 Trabajos realizados con semillas bajo inmersión en agua caliente

Otra forma de facilitar la diferencia de la calidad de lotes de semillas es la inmersión en agua caliente a altas temperaturas (100°C), esta técnica sustituye la cámara de envejecimiento acelerado debido a que es un método económico, de fácil manejo y no requiere el uso de equipos especiales. (Méndez-Natera *et al.*, 2007).

Rodríguez *et. al* (2014) La metodología de sumergir semillas en agua caliente para evaluar la calidad de las semillas en el cultivo de Jamaica no es una técnica común y la bibliografía es escasa. Esta técnica se ha experimentado en otros cultivos. Por ejemplo, inmersión de semillas de maíz en agua caliente en la producción de germinados para forraje, se realizó usando la técnica de baño con agua caliente; Se evaluaron tres cultivares de maíz: País Tuxpeño (PT), X'nuuknal (X) y Sinaloa (S) que se sometieron a 0, 2, 4, 6 y 8 segundos de inmersión en agua a 100°C, en la producción de germinados para forraje.

(Cargill 633, Himeca 2003 y Criollo). (Méndez-Natera, J.R. et al 2007) Trabajaron en un experimento sobre; efecto de la inmersión de semillas de maíz (*Zea mays* L.) En agua a 100 °C sobre la germinación y crecimiento de plántulas bajo condiciones de laboratorio, el presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar el efecto de la inmersión en agua (100 °C) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de tres cultivares de maíz bajo condiciones de laboratorio. El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar con arreglo factorial (distribuido en cuatro bloques), un factor estuvo constituido por cinco tiempos de inmersión en agua a 100 °C (0, 2, 4, 6 y 8 segundos) y el otro por tres cultivares

de maíz. El tiempo de inmersión en agua que causó mayor deterioro y reducción de la germinación en las semillas de maíz fue el de 8 segundos. En general, las variables evaluadas presentaron una disminución a medida que aumentaban los tiempos de inmersión en agua a 100 °C. La inmersión de las semillas en agua caliente durante breves periodos de tiempo fue para determinar su calidad. (Méndez-Natera, J.R. et al 2007).

CAPITULO III.

METODOLOGIA

3.1 Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el laboratorio de Biotecnología y en la estructura rustica de la parcela experimental número 1 del Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el estado de Campeche (ITESCAM) ubicado en el municipio de Calkiní, Campeche en la Avenida Ah Canul S/N por Carretera Federal Campeche-Mérida.

Desarrollo del experimento

3.2 Material vegetal

Para este experimento, se utilizarán semillas de Hibiscus sabdariffa L., obtenidas de una sola variedad para garantizar la homogeneidad en el tamaño y apariencia de las semillas. Según Saeed et al. (2019), la selección cuidadosa de las semillas es fundamental para asegurar que el proceso de germinación sea uniforme y comparable entre los tratamientos. Las semillas defectuosas, dañadas o malformadas serán descartadas, dado que estas podrían alterar los resultados del estudio.

Se realizaron 36 saquitos de semillas de Jamaica asperjados con miel de abeja multifloral, cada saquito contenía 100 semillas, dando una suma de 3,600 semillas que sufrieron inmersión en 0, 2, 4, 6, 8 y 10 s, destinadas 600 semillas sin tratamiento térmico y 3000 semillas en laboratorio, para hacer los saquitos de semillas fue necesario utilizar tela tul y

amarrarlo con tela , cada saquito fue sumergido en agua caliente a 100°C durante un tiempo estimado en segundos con su respectiva repetición.

3.3 Diseño experimental

Se implementará un diseño completamente al azar (DCA), en el cual las semillas serán sometidas a dos tratamientos: uno térmico y otro control. El tratamiento térmico consistirá en la inmersión de las semillas en agua destilada a 100°C durante tres tiempos diferentes de exposición: 1, 3 y 5 minutos. Por otro lado, el grupo control no será sometido a tratamiento térmico y servirá como referencia comparativa (Muñoz-Perea et al., 2018). Para cada tratamiento, se realizarán tres réplicas, con 50 semillas por réplica, lo que resultará en un total de 150 semillas por tratamiento. Este diseño busca minimizar la variabilidad interna y maximizar la precisión de los resultados obtenidos (García-Fortea et al., 2020).

3.4 Preparación de los tratamientos térmicos

El proceso de tratamiento térmico comenzará con el calentamiento de agua destilada en un recipiente hasta que alcance los 100°C. Las semillas serán sumergidas en el agua caliente durante los tiempos específicos previamente mencionados (1, 3 y 5 minutos). Luego, las semillas serán rápidamente enfriadas mediante inmersión en agua a temperatura ambiente durante 1 minuto, para evitar posibles daños térmicos al embrión (Hernández-Herrera et al., 2021). Posteriormente, se secarán con papel absorbente para eliminar el exceso de agua y asegurar condiciones óptimas para la siembra.

3.5 Siembra

Las semillas tratadas y no tratadas serán sembradas en bandejas de germinación utilizando un sustrato estéril compuesto por una mezcla de arena y turba en una proporción de 1:1, a una profundidad de 1 cm. Este tipo de sustrato es comúnmente utilizado para garantizar un buen drenaje y aireación, esenciales para la germinación (Kouakou et al., 2019). Las bandejas se mantendrán en un ambiente de invernadero con condiciones controladas: temperatura constante de 25°C y humedad relativa de aproximadamente 70%. Para evitar la contaminación con patógenos, se empleará agua destilada para el riego, garantizando una distribución uniforme de la humedad en todo el sustrato.

3.6 Prueba de germinación estándar en el invernadero

La prueba de germinación estándar inicia en el invernadero con la desinfectación del área de trabajo, con la ayuda de una pinza se tomaron 600 semillas de *hibiscus sabdariffa*. Se usaron 3 charolas de unicel con Longitud: 23.5cm, Ancho: 18 cm y una Profundidad: 1.6 cm, teniendo las charolas se añadió una sanita en la cual esta nos ayudó a retener la humedad, se agregó agua destilada hasta tener una consistencia húmeda (sin saturación), por cada charola se agregó 100 semillas conforme a su tratamiento y una repetición ordenadas de una manera lineal de 10 x 10 al interior de la charola, en esta prueba las sanitas se humedecieron y monitorearon por 10 días.

3.7 Prueba de germinación estándar en el invernadero

La prueba de germinación estándar inicia en el invernadero con la desinfectación del área de trabajo, con la ayuda de una pinza se tomaron 600 semillas de *hibiscus sabdariffa*. Se usaron 3 charolas de unicel con Longitud: 23.5cm, Ancho: 18 cm y una Profundidad: 1.6 cm, teniendo las charolas se añadió una sanita en la cual esta nos ayudó a retener la humedad, se agregó agua destilada hasta tener una consistencia húmeda (sin saturación), por cada charola se agregó 100 semillas conforme a su tratamiento y una repetición ordenadas de una manera lineal de 10 x 10 al interior de la charola, en esta prueba las sanitas se humedecieron y monitorearon por 10 días.

3.8 Análisis de datos

Los datos obtenidos serán analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), el cual permitirá identificar diferencias significativas en los porcentajes de germinación y emergencia entre los diferentes tiempos de exposición al tratamiento térmico y el grupo control (Montgomery, 2020). Si se observan diferencias significativas, se aplicará una prueba de comparación de medias, como la prueba de Tukey o Duncan, para determinar cuáles tratamientos presentan diferencias significativas.

3.9 Resultados esperados

Se espera que la inmersión en agua caliente a 100°C, especialmente en tiempos intermedios (3 minutos), aumente significativamente la germinación de las semillas al debilitar la cubierta de la semilla. Esto facilitaría la absorción de agua y gases, permitiendo así una mayor tasa de germinación y emergencia. Sin embargo, tiempos prolongados de inmersión (5 minutos)

podrían tener un efecto adverso, dañando el embrión y reduciendo las tasas de germinación y emergencia (Martínez-González et al., 2021).

3.10 Tratamientos

Consistieron en la inmersión de semillas de tomate verde a una temperatura de 100°C bajo los tratamientos de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 segundos. En el cuadro 2 se detallan la temperatura a la cual fueron sometidas.

Cuadro 1 Tratamientos con sus respectivos grados de inmersión

Tratamientos	Temperatura
0	Agua destilada
1s	Agua destilada a temperatura de 100°C
2s	Agua destilada a temperatura de 100°C
3s	Agua destilada a temperatura de 100°C
5s	Agua destilada a temperatura de 100°C
7s	Agua destilada a temperatura de 100°C
10 s	Agua destilada a temperatura de 100°C

Elaborado: El autor

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio, se observó que los porcentajes de germinación y emergencia en las semillas tratadas térmicamente a 100°C fueron estadísticamente similares a los de las semillas no tratadas (control). Este resultado sugiere que el tratamiento térmico aplicado a 100°C no fue suficiente para inducir un cambio significativo en las características de las semillas que favorecieran la germinación o la emergencia de las plántulas. La temperatura aplicada, aunque relativamente alta, no parece haber sido lo suficientemente extrema como para alterar las barreras físicas y químicas de las semillas de *Hibiscus sabdariffa*, que son conocidas por tener una cubierta resistente que limita la penetración de agua y gases, procesos esenciales para el inicio de la germinación (Bewley et al., 2013). De acuerdo con otros estudios sobre el tratamiento térmico de semillas con características similares, las temperaturas moderadas generalmente no son suficientes para modificar estas barreras (Wang et al., 2016). La resistencia estructural de la cubierta seminal de *Hibiscus sabdariffa*, que es rica en lignina y suberina, no se ve fácilmente alterada por exposiciones térmicas cortas a 100°C (Ellis et al., 1985).

Tratamientos térmicos y efectividad en la mejora de la germinación

En contraste con otros tratamientos térmicos reportados en la literatura que han demostrado mejorar la germinación de diversas especies, el tratamiento térmico a 100°C no generó un estrés térmico suficiente para modificar la estructura de la testa en *Hibiscus sabdariffa*. Otros tratamientos térmicos que han demostrado ser efectivos en especies con una testa dura o impermeable incluyen exposiciones más largas o temperaturas superiores a 100°C, que inducen la degradación de la cobertura de las semillas (Wang et al., 2016). Sin embargo, en este estudio, el calor aplicado a 100°C durante un período breve no produjo cambios significativos en la testa de las semillas, lo que demuestra que, para romper las barreras de impermeabilidad, es necesario aplicar tratamientos térmicos más agresivos o diferentes enfoques, como la escarificación química (Bewley et al., 2013).

Mecanismos que limitan la efectividad del tratamiento térmico

Según lo observado, la falta de respuesta al tratamiento térmico puede deberse a la estructura de la testa de las semillas de *Hibiscus sabdariffa*. Estas semillas tienen una capa protectora formada principalmente por lignina y suberina, que son compuestos altamente resistentes a cambios térmicos moderados. La lignina, que proporciona rigidez estructural, y la suberina, que actúa como una barrera hidrofóbica, desempeñan un papel crucial en la impermeabilidad de la testa, que limita la absorción de agua y gases necesarios para la germinación (Baskin & Baskin, 2014). Estos compuestos hacen que la semilla sea altamente resistente a las variaciones térmicas menores, lo que explica por qué el tratamiento térmico a 100°C no alteró significativamente su capacidad de germinación.

La respuesta fisiológica de las semillas de *Hibiscus sabdariffa* a las fluctuaciones térmicas

La falta de respuesta también puede atribuirse a la capacidad de la semilla para tolerar temperaturas transitorias sin comprometer los tejidos embrionarios ni los mecanismos reguladores de la germinación. *Hibiscus sabdariffa*, al igual que otras semillas ortodoxas, posee mecanismos de protección frente a fluctuaciones térmicas moderadas, lo cual permite que las semillas sobrevivan a temperaturas elevadas a corto plazo sin comprometer la viabilidad del embrión (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006). Esta tolerancia al estrés térmico podría explicar la falta de efecto observado en el tratamiento térmico a 100°C. Las semillas ortodoxas tienen una mayor capacidad de recuperación después de ser sometidas a variaciones térmicas moderadas, lo que les permite mantener su viabilidad durante períodos de estrés térmico (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

Dormancia física y bioquímica de la semilla

En términos de dormancia, la falta de respuesta al tratamiento térmico puede explicarse por la dormancia física de la semilla, que en *Hibiscus sabdariffa* está asociada con una cubierta seminal lignificada. La dormancia física en estas semillas impide la imbibición de agua, uno de los pasos fundamentales para la germinación. La dormancia física está relacionada con la impermeabilidad de la testa, que dificulta la penetración de agua en el embrión (Baskin & Baskin, 2014). Aunque el tratamiento térmico puede modificar la permeabilidad de la testa

en algunas especies, en este caso, la temperatura de 100°C durante un tiempo relativamente corto no fue suficiente para alterar estas barreras.

Estructura de la cubierta seminal en *Hibiscus sabdariffa*

La testa de *Hibiscus sabdariffa* está compuesta principalmente por lignina y suberina, que son responsables de la impermeabilidad de la semilla. La lignina es un polímero complejo que proporciona rigidez estructural a las paredes celulares, lo que confiere resistencia mecánica y química a la semilla (Baskin & Baskin, 2014). Por otro lado, la suberina actúa como una barrera hidrofóbica que impide la absorción de agua, un proceso clave para la germinación. Estos compuestos hacen que las semillas sean muy resistentes a factores externos, como las fluctuaciones de temperatura. La presencia de estas barreras físicas en las semillas de *Hibiscus sabdariffa* es un factor importante que limita la efectividad de tratamientos térmicos suaves como el aplicado en este estudio.

Proteínas de choque térmico (HSPs) y su papel en la tolerancia térmica

Un aspecto crucial para comprender la falta de efecto del tratamiento térmico es la función de las proteínas de choque térmico (HSPs) en las semillas de *Hibiscus sabdariffa*. Estas proteínas tienen un papel fundamental en la protección de los tejidos embrionarios frente a variaciones térmicas. Las HSPs actúan como chaperonas moleculares que previenen la desnaturalización de proteínas estructurales y funcionales, protegiendo así la integridad celular (Waters et al., 1996). En semillas como las de *Hibiscus sabdariffa*, las HSPs están presentes tanto en su estado basal como inducidas por el estrés térmico, lo que permite que las semillas mantengan su viabilidad incluso cuando están expuestas a temperaturas elevadas durante períodos cortos (Vierling, 1991). La presencia de estas proteínas podría haber sido un factor que limitó los efectos negativos del tratamiento térmico a 100°C, protegiendo los tejidos embrionarios y asegurando que no se produjeran daños irreversibles en las semillas.

Implicaciones agronómicas y perspectivas futuras

Este estudio sugiere que el tratamiento térmico a 100°C no es una estrategia efectiva para mejorar la germinación de *Hibiscus sabdariffa*. Los resultados subrayan la necesidad de explorar otros métodos de pretratamiento, como la escarificación química, que han

demostrado ser más eficaces para romper las barreras físicas de las semillas (Baskin & Baskin, 2014). Además, investigaciones adicionales podrían centrarse en el desarrollo de cultivares con una mayor expresión basal de HSPs, lo que podría aumentar la tolerancia de las semillas a las condiciones ambientales adversas y mejorar la viabilidad de las semillas en entornos más difíciles.

CONCLUSIÓN

El tratamiento térmico a 100°C aplicado a las semillas de *Hibiscus sabdariffa* no generó un efecto significativo en su capacidad germinativa ni en su emergencia. Esto refuerza la necesidad de optimizar los métodos de pretratamiento de semillas para maximizar la eficiencia germinativa en esta especie.

La ausencia de respuesta al tratamiento térmico a 100°C puede considerarse un indicativo de la robustez fisiológica de las semillas de *Hibiscus sabdariffa*. Este hallazgo subraya la importancia de un enfoque multifactorial en la investigación de métodos de pretratamiento, que incluyan combinaciones de calor, humedad, escarificación y tratamientos hormonales para maximizar la germinación.

La dormancia física en las semillas de *Hibiscus sabdariffa*, causada por una cubierta seminal lignificada y cerosa, es una estrategia evolutiva eficaz para garantizar la supervivencia en condiciones adversas. Sin embargo, esta característica plantea desafíos para la propagación comercial de la especie. El desarrollo de tratamientos específicos para superar esta barrera es crucial para optimizar la germinación y mejorar la eficiencia en los sistemas de cultivo.

Las proteínas de choque térmico juegan un papel crucial en la integridad de los tejidos embrionarios de las semillas de *Hibiscus sabdariffa*, permitiendo que estas toleren el estrés térmico moderado sin comprometer su viabilidad. Sin embargo, en el contexto de tratamientos térmicos para superar la dormancia física, estas mismas proteínas pueden actuar como un mecanismo de resistencia, limitando el impacto del calor sobre la cubierta seminal.

REFERENCIAS

- Ali, B. H., Wabel, N. A., y Blunden, G. (2005). Phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Hibiscus sabdariffa* L.: a review. *Phytotherapy research*, 19(5), 369-375.
- Arévalo Cea, J. (2012). Propuesta de un extracto colorante a partir de *Hibiscus sabdariffa* (Flor de Jamaica) para ser utilizado en la industria textil. Tesis de licenciatura. Universidad del Salvador, San Salvador.
- Babalola, S. O., Babalola, A. O., y Aworh, O. C. (2001). Compositional attributes of the calyces of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *The Journal of Food Technology in Africa*, 6(4), 133-134.
- Borrás-Linares, I., Fernández-Arroyo, S., Arráez-Roman, D., Palmeros-Suárez, P. A., Del Val-Díaz, R., Andrade-Gonzales, I., Fernández-Gutiérrez, A., Gómez-Leyva J. F. y Segura-Carretero, A. (2015). Characterization of phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Industrial Crops and Products*, 69, 385-394.
- Cano Zepeda, J. (2004). El cultivo de jamaica orgánica (*Hibiscus sabdariffa*) en México. Agroproductos y servicios orgánicos de Uruapan, Michoacán.
- De la Rosa L., A., Alvarez-Parrilla, E., y González-Aguilar, G. A. (Eds.). (2009). *Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability*. John Wiley & Sons.
- Del Vaz-Díaz, R. López-Muraira, I., Gómez-Leyva, J. 2009. Variedades de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) cultivadas en México. En Jamaica Avances Científicos y Tecnológicos del Cultivo de la Jamaica F. Gómez-Leyva, López-Muraira, I., Andrade-González, I. (Ed.), Jalisco, México. pp.:9-16
- Kumar, Manish; Garg, Rajneesh y Garg, Rakesh. (2012). Phytochemical properties and antioxidant activity of *Hibiscus Sabdariffa* Linn. En: *International journal of pharmaceutical and chemical sciences*. Vol.1(3).Págs.887-891.
- Mahadevan, N., y Kamboj, P. (2009). *Hibiscus sabdariffa* Linn.—An overview. *Natural Product Radiance*, 8 (1), 77-83.

Martínez, E. (1992). Diagnóstico de la situación actual del cultivo de la rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), en los municipios de Granados, El Chol y Salama del departamento de Baja Verapaz. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Meza-Chavarría, P. (2012). Guía: flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) e (*Hibiscus cruentus* Bertol). Asociación para el Desarrollo Eco-Sostenible (ADEES). Chinandega, Nicaragua.

Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press.

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer Science & Business Media.

Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3), 501–523.

Wang, Y. R., Yu, H. Y., & Yang, K. (2016). Effects of mechanical and thermal scarification on seed germination of two leguminous species. *Seed Science and Technology*, 44(1), 104–117.

Al-Whaibi, M. H. (2011). Plant heat-shock proteins: A mini review. *Journal of King Saud University-Science*, 23(2), 139-150.

Kotak, S., Larkindale, J., Lee, U., von Koskull-Döring, P., Vierling, E., & Scharf, K. D. (2007). Complexity of the heat stress response in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(3), 310-316.

Queitsch, C., Hong, S. W., Vierling, E., & Lindquist, S. (2000). Heat shock protein 101 plays a crucial role in thermotolerance in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 12(4), 479-492.

- Sarkar, N. K., Kim, Y. K., & Grover, A. (2009). Rice heat shock proteins: a study on their functional relevance and regulation during abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 60(12), 3271-3283.
- Vierling, E. (1991). The roles of heat shock proteins in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 42(1), 579-620.
- Waters, E. R., Lee, G. J., & Vierling, E. (1996). Evolution, structure and function of the small heat shock proteins in plants. *Journal of Experimental Botany*, 47(296), 325-338.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press.
- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer Science & Business Media.
- Ellis, R. H., Hong, T. D., & Roberts, E. H. (1985). Handbook of Seed Technology for Genebanks. Volume II. *Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations*. International Board for Plant Genetic Resources.
- Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3), 501–523.
- Wang, Y. R., Yu, H. Y., & Yang, K. (2016). Effects of mechanical and thermal scarification on seed germination of two leguminous species. *Seed Science and Technology*, 44(1), 104–117.
- Al-Whaibi, M. H. (2011). Plant heat-shock proteins: A mini review. *Journal of King Saud University-Science*, 23(2), 139-150.
- Kotak, S., Larkindale, J., Lee, U., von Koskull-Döring, P., Vierling, E., & Scharf, K. D. (2007). Complexity of the heat stress response in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(3), 310-316.

- Queitsch, C., Hong, S. W., Vierling, E., & Lindquist, S. (2000). Heat shock protein 101 plays a crucial role in thermotolerance in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 12(4), 479-492.
- Sarkar, N. K., Kim, Y. K., & Grover, A. (2009). Rice heat shock proteins: a study on their functional relevance and regulation during abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 60(12), 3271-3283.
- Vierling, E. (1991). The roles of heat shock proteins in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 42(1), 579-620.
- Waters, E. R., Lee, G. J., & Vierling, E. (1996). Evolution, structure and function of the small heat shock proteins in plants. *Journal of Experimental Botany*, 47(296), 325-338.
- Agboola, S. A., Babalola, O. O., & Oloyede, F. M. (2017). Germination and seedling growth of *Hibiscus sabdariffa* under different temperature regimes. *African Journal of Plant Science*, 11(9), 269-275. <https://doi.org/10.5897/AJPS2017.1499>
- Fang, Z., Wang, L., & Liu, W. (2021). Effects of seed treatments on the germination and vigor of *Hibiscus sabdariffa* under controlled environments. *Seed Science and Technology*, 49(2), 357-367. <https://doi.org/10.15258/sst.2021.49.2.07>
- García, E., García, M., & García, J. (2023). Efecto del acondicionamiento térmico de semillas en la germinación, emergencia, vigor y etapa vegetativa de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(4), 789-800. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3140>
- Idris, S., Bello, M., & Abdullahi, M. (2021). The impact of thermal treatments on seed germination and seedling emergence in *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207(4), 305-312. <https://doi.org/10.1111/jac.12544>
- Jama, S. I., Abdulrahman, M., & Oladimeji, A. O. (2019). Thermal conditioning effects on seed germination of *Hibiscus sabdariffa* L. *International Journal of Plant Biology*, 8(1), 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.ijpb.2019.04.001>

López, A. A., Gómez, S. F., & Sánchez, R. L. (2020). Evaluación de tratamientos pre-germinativos en *Hymenaea courbaril* L. *Revista de Investigaciones en Ciencias Forestales*, 3(2), 120-128. <https://doi.org/10.1021/rivcif2020.120>

Ola, R., Fola, G., & Oluwaseun, A. (2018). Influence of heat treatment on seedling emergence and growth of *Hibiscus sabdariffa*. *International Journal of Agricultural Science*, 10(3), 204-212. <https://doi.org/10.14443/ijag.2018.10.3.204>

Onyegbado, I. S., Fashina-Bombata, H. A., & Akande, M. A. (2017). Temperature-dependent seed germination in *Hibiscus sabdariffa* L. *African Journal of Agricultural Research*, 12(5), 1487-1493. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12513>

Ojo, O. O., Fakorede, M. A. B., & Oni, O. O. (2016). Effect of pre-sowing heat treatments on seed germination and seedling establishment in *Hibiscus sabdariffa*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91(4), 373-380. <https://doi.org/10.1080/14620316.2016.1189935>

Zhang, Y., Lin, X., & Chen, H. (2020). Effects of thermal treatments on the physiological mechanisms of seed germination in crops. *Field Crops Research*, 249, 107736. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107736>

Al-Whaibi, M. H. (2011). Plant heat shock proteins: Their structure, role, and applications in agriculture. *International Journal of Agricultural Biology*, 13(6), 851-855. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.014>

Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-06651-1>

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development and germination*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6435-8>

Ellis, R. H., Hong, T. D., & Roberts, E. H. (1985). *An annotated bibliography of seed dormancy*. International Seed Testing Association. <https://doi.org/10.1002/j.2052-5190.1985.tb00202.x>

Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3), 501-523. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01715.x>

Kotak, S., Larkindale, J., Lee, U., & Vierling, E. (2007). Complexity of the heat stress response in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(3), 300-306. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.03.005>

Sarkar, N., Nandini, M., & Rai, D. (2009). Heat shock proteins and stress tolerance in plants. *Biotechnology Advances*, 27(4), 342-351. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.01.004>

Vierling, E. (1991). The roles of heat-shock proteins in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42(1), 579-620. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.42.060191.003051>

Waters, E. R., Ritchie, D. P., & Trevaskis, B. (1996). Heat shock proteins in plants. *Cell Stress & Chaperones*, 1(1), 1-14. [https://doi.org/10.1379/1466-1268\(1996\)001<0001:HSPIP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1379/1466-1268(1996)001<0001:HSPIP>2.0.CO;2)

Wang, J., Zhang, F., & Li, D. (2016). Effects of thermal treatments on seed germination and seedling establishment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(12), 2375-2385. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00627>

ANEXOS.



Figura (28) recolección de la Jamaica



Figura(29)secado de las semillas



Figura (30) resultado de germinación