



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS
POSGRADO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS

CONTROL DE VIVIPARIDAD DEL NOGAL PECANERO [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch.] MEDIANTE APLICACIONES FOLIARES DE ÁCIDO ABCSÍCO EN EL NORTE DE MÉXICO.

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS

Presenta:

RAYMUNDO TRUJILLO DOMINGUEZ

Bajo la supervisión de:

Dr. JESUS GUADALUPE ARREOLA ÁVILA

Bermejillo, Durango, México.

Junio, 2021



APROBADA



La presente tesis **CONTROL DE VIVIPARIDAD DEL NOGAL PECANERO** [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch.] **MEDIANTE APLICACIONES FOLIARES DE ACIDO ABSCISICO EN EL NORTE DE MÉXICO** realizada por **Raymundo Trujillo Dominguez** bajo la dirección del Dr. Jesús Guadalupe Arreola Ávila, ha sido aprobada y aceptada por Comité Asesor indicado como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**

DIRECTOR:



Dr. Jesús Guadalupe Arreola Ávila

CO-DIRECTOR:



Dr. Ricardo Trejo Calzada

ASESOR:



Dr. Ángel Lagarda Murrieta

RECONOCIMIENTOS

Se expresa un reconocimiento al apoyo y sustento otorgado para el desarrollo y término de la presente investigación y de mis estudios de posgrado:

Al Programa de Becas Nacionales de CONACyT 2019-2020.

Al Programa de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas 2019-2020, de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

A la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.

DEDICATORIAS

A **Díos**, por su inmensa bondad, que me acompaña y me da fuerzas todos los días.

A **mis padres**, gracias a ustedes llegué al mundo y gracias a ustedes tuve todo lo que necesitaba para crecer sano y feliz.

En especial a mi **Mamá**, por ser la mejor madre. Gracias por tu dulzura, cuidados regaños, sonrisas, pero más que nada, tu amor. El destino quiso que te fueras y no estuvieras a nuestro lado, pero nada ni nadie podrá arrancarte de nuestros corazones, en los que estará para siempre tu recuerdo y memoria. Te amo Chuyita.

A **Lupita**, por estar junto a mí, en las buenas y en las malas, en la tormenta y en la calma, con música o en silencio, en victorias o derrotas, pero siempre junto a mí.

A mis **hermanos, cuñadas y sobrinos**, por su amor, apoyo y por estar en los momentos más importantes de mi vida.

A la **familia Martinez Avila**, por dejarme ser parte de ustedes y por permitirme entrar en su hogar.

A mi mascota **Mika**, por acompañarme fielmente en las noches de desvelo, gracias por tener siempre esa cara feliz al llegar a casa.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** por darme la oportunidad de formarme como profesionista y como ser humano.

A la **Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas** por brindarme las herramientas necesarias para cumplir grandes objetivos en mi formación profesional.

A mi director de tesis, **Dr. Jesús Guadalupe Arreola Ávila** por darme su apoyo y confianza en la realización de este trabajo. Agradezco su entrega profesional, sustento y acertada orientación durante mi formación.

Al Comité Asesor, **Dr. Ricardo Trejo Calzada** y **Dr. Ángel Lagarda Murrieta** por sus acertados comentarios y apoyo para poder concluir satisfactoriamente la presente investigación.

A **Mary Miranda** y al **Dr. Fabián García González** por sus atenciones, consejos y buen trato siempre.

Especial mención al **M.C. Ramón Hernández Salgado** y al **M.C. Manuel de Jesús Azpilcueta Ruiz Esparza** por su colaboración y valiosas aportaciones en el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros de generación, por su grandiosa amistad, apoyo, conocimientos y experiencias compartidas durante nuestra estancia en el Posgrado: **Adela, Alejandro, Isaac, Selene y Pepe**.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre	Raymundo Trujillo Dominguez
Fecha de nacimiento	20 de mayo de 1989
Lugar de nacimiento	Torreón, Coahuila
CURP	TUDR890520HCLRMY02
Profesión	Ingeniero en Sistemas Agroalimentarios
Cédula profesional	11737883



Desarrollo académico

El C. Raymundo Trujillo Dominguez, originario del estado de Coahuila, México, es Ingeniero en Sistemas Agroalimentarios por la Universidad Autónoma Chapingo, en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, egresado en el año 2017. Obtuvo el grado de Ingeniero titulándose por mérito académico con un promedio de 92.

Después de egresar de la UACh, ingreso en el sector privado laborando en diferentes puestos en el área de créditos agropecuarios en empresas del estado de Chihuahua, Coahuila y Durango.

Su línea de investigación actual se relaciona con las tecnologías de producción agrícola en zonas áridas, con el proyecto “Control de viviparidad del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) k. koch.] mediante aplicaciones foliares de ácido abscísico en el norte de México”, por medio del cual espera terminar la presente tesis bajo la supervisión y asesoría del Dr. Jesús G. Arreola Ávila.

El C. Trujillo Dominguez participó en el XVI Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas, como ponente de cartel en trabajos de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general.	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
III. HIPÓTESIS.....	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
4.1 Aspectos Generales	3
4.2 Factores que afectan la producción de nuez pecanera	5
4.3 Fisiología de la viviparidad	6
4.4 Principales factores que promueven la viviparidad.....	8
4.5 Antecedentes.....	13
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
VII. CONCLUSIONES.....	24
VIII. LITERATURA CITADA	25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie y producción de nogal pecanera en la comarca lagunera durante 38 años (1982 – 2019).....	4
Cuadro 2. Porcentaje de nuez germinada, pegada al ruezno, verde y comercial bajo tres dosis de ABA comparadas contra testigo para dos variedades de nogal. Ciclo de producción 2019 y 2020. Ejido El Manantial. Matamoros, Coahuila. ...	20
Cuadro 3. Relación beneficio-costos para una hectárea de nogal aplicando ABA	22
Cuadro 4. Relación beneficio-costos para una ha de nogal aplicando ABA, año 2019.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vías de señalización presentes en la planta.	10
Figura 2. Síntesis del ABA en las plantas	11
Figura 3. Degradación de ABA en el proceso de germinación de la semilla	13
Figura 4. Producción promedio de nuez en variedad Western y Wichita, bajo tres dosis de ABA comparadas contra testigo, año 2019 y 2020.....	18

RESUMEN
CONTROL DE VIVIPARIDAD DEL NOGAL PECANERO [*Carya illinoensis*
(Wangenh) K. Koch.] MEDIANTE APLICACIONES FOLIARES DE ÁCIDO
ABSCÍSICO EN EL NORTE DE MÉXICO.

El nogal pecanero tiene sus orígenes en el sur de Estados Unidos de América y norte de México. Los principales estados productores de nuez son: Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Nuevo León con el 96 % de la producción total a nivel nacional. Estas regiones presentan veranos y otoños calurosos, asociados a condiciones de elevada humedad durante el periodo de desarrollo del embrión, propiciando problemas como la viviparidad, que afectan el rendimiento y la calidad del fruto. El objetivo del presente estudio fue evaluar el fenómeno de la viviparidad bajo el efecto de diferentes dosis de aplicación de ácido abscísico (ABA). El estudio se llevó a cabo en una plantación de nogal pecanero, con 36 años de edad, ubicada en la propiedad de Tierra Blanca, Viesca Coahuila. Se aplicó un diseño en bloques completamente al azar, con un factor de estudio que fue la aplicación de ácido abscísico (ABA) 20% bajo diferentes dosis (100, 200 y 300 ppm), teniendo cinco repeticiones para cada dosis y considerando un árbol como unidad experimental. Las variables evaluadas fueron rendimiento, porcentaje de nueces con ruezno suelto, porcentaje de nueces con ruezno pegado, porcentaje de nueces germinadas y porcentaje de nuez comercial. Además, se realizó un análisis de relación beneficio-costo. Las tres dosis de ABA incidieron en las variables evaluadas. Los resultados indican que la aplicación de ABA para reducir la cantidad de nuez germinada es redituable cuando se tienen años de alta producción.

Palabras clave: *Carya illinoensis*, viviparidad, ácido abscísico, foliar.

Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Trujillo Dominguez Raymundo
Director de tesis: Arreola Ávila Jesús Guadalupe

ABSTRACT

VIVIPARITY CONTROL OF PECAN NUT TREE [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch.] BY FOLIAR APPLICATIONS OF ABSCYSSIC ACID IN NORTHERN MEXICO.

Pecan nut has its origins in the southern United States of America and northern Mexico. The main pecan-producing states are: Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango and Nuevo Leon with 96 % of total production nationwide. These regions have hot summers and autumns, associated with high humidity conditions during the embryo development period, causing problems such as viviparity, which affect yield and fruit quality. The objective of the present study was to evaluate the phenomenon of viviparity under the effect of different doses of abscisic acid (ABA) application. The study was carried out in a 36-year-old pecan walnut plantation located on the Tierra Blanca property, Viesca, Coahuila. A completely randomized block design was applied, with one study factor being the application of 20% abscisic acid (ABA) at different doses (100, 200 and 300 ppm), with five replications for each dose and considering one tree as the experimental unit. The variables evaluated were yield, percentage of nuts with loose kernels, percentage of nuts with glued kernels, percentage of germinated nuts and percentage of marketable nuts. In addition, a benefit-cost analysis was performed. The three doses of ABA affected the variables evaluated. The results indicate that the application of ABA to reduce the amount of germinated nut is profitable in years of high production.

Key words: *Carya illinoensis*, viviparity, abscisic acid, foliar.

Master of Science Thesis in Natural Resources and Environment in Arid Zones.
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Trujillo Dominguez Raymundo
Advisor: Dr. Arreola Ávila Jesús Guadalupe

I. INTRODUCCIÓN

El nogal pecanero tiene sus orígenes en Estados Unidos de América y México, en la parte sur y norte respectivamente (López, et. al. 2011). La superficie plantada para el año 2019, en México fue de 141,561 ha, con una producción de 171,368 t representando un valor de 12, 577,774 miles de pesos. Los principales estados productores de nuez en el norte de México son: Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Nuevo León. En la Comarca Lagunera, este cultivo tuvo un valor de producción de 698,507 miles de pesos resultado de 10,550 t recolectadas en 11,627 ha (SIAP, 2019). Esta producción representa el 34% del valor de producción total en los estados de Coahuila y Durango.

Estas regiones presentan veranos y otoños cálidos que, asociado a las elevadas condiciones de humedad, representan problemas fisiológicos durante el periodo de desarrollo del embrión, como la viviparidad, afectando el fruto y disminuyendo su rendimiento y calidad (Arreola, 2015; Vieira et. al. 2015).

Una de las características que desarrolla la viviparidad o germinación en la nuez es la de un sabor desagradable en la almendra, disminuyendo la calidad del fruto y por consecuencia, su valor económico (Lagarda, 2007). En México, se han generado pérdidas de hasta un cuarenta por ciento para la variedad Wichita y un veinticinco por ciento para la variedad Western (Núñez, 2001). Esta situación aumenta en huertas de mayor edad, y sobre todo, en años de alta producción (Arreola et. al. 2002).

Este fenómeno, reportado desde las primeras huertas cultivadas en regiones con las condiciones ya antes mencionadas, se sigue presentando en áreas productoras de los estados de Sonora, norte de Coahuila, Durango, Nuevo León y sur de Chihuahua (Arreola 2015; McCarty, 1995). Podemos mencionar que este problema es resultado de una relación de factores de tipo genético-ambiental que coinciden con la germinación de la nuez antes de la cosecha (Lagarda, 2007).

Debido a este riesgo, es necesario plantear estrategias que disminuyan el problema ocasionado por dicho fenómeno. Estudios realizados en Sonora han generado resultados en el comportamiento del ácido abscísico (ABA) han como promotor de la dormancia en las semillas, favoreciendo la latencia de estas e inhibiendo la germinación en las fases de desarrollo del fruto (Martínez et. al. 2014). Para el caso de nogal pecanero en la Comarca Lagunera, existen pocos estudios a nivel de campo que demuestren que el uso de este producto hormonal puede ayudar a contrarrestar la viviparidad. Por ello, el uso del ABA sería una opción para contrarrestar las pérdidas por este problema en la nuez pecanera de la región.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.

Evaluar el fenómeno de la viviparidad en nogal pecanero bajo el efecto de aplicación de ABA.

2.2 Objetivos específicos

- i) Evaluar la producción y calidad de la nuez bajo diferentes dosis de aplicación de ABA.
- ii) Determinar la concentración de ácido abscísico efectiva para reducir la viviparidad.
- iii) Estimar la rentabilidad del cultivo de nogal al usar el ABA para reducir la viviparidad.

III. HIPÓTESIS

- i) El ácido abscísico aplicado foliarmente no disminuye la germinación prematura de nuez en el árbol.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Aspectos Generales

Estados Unidos y México representan el 95 % de producción mundial de nuez pecanera en el mundo (75 % para el primero y 20 % para el segundo), integrando un mercado que se encuentra altamente vinculado de forma comercial (López et. al. 2011).

El cultivo a nivel nacional del nogal pecanero, impulsado por el incremento de la demanda internacional, ha experimentado un crecimiento acelerado al casi triplicar su área sembrada en los últimos 30 años, los estados con mayor incremento en el área sembrada han sido Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo León con incrementos de 3.8, 3.7, 2.1, 1.7 y 1.2 veces respectivamente (Urrea y Urzúa, 2016). Para el año 2019, estos cinco estados en conjunto representaron el 96 % de la producción total a nivel nacional que fue de 171,368 t, con un rendimiento promedio nacional de 2.33 t ha⁻¹ (SIAP, 2019).

Para el caso de la comarca lagunera, en 38 años (1982-2019) la superficie de nogal en producción se ha quintuplicado (Cuadro 1), pasando de 1,648 a 11,627 ha. Y la producción total de nuez, en el mismo periodo, se incrementó 6 veces más; sin embargo, el rendimiento promedio por hectárea ha sido de variable, con un mínimo de 0.64 y un máximo de 1.54 t/ ha (Medina y Cano, 2002).

La producción de un árbol de nogal pecanero inicia desde el sexto año y continua hasta por 200 años y su rendimiento tiende a aumentar con el tiempo, empezando entre 9 a 27 Kg por árbol a los 8-10 años hasta 45 a 68 Kg a los 16 años, incluso existen registros de individuos que han alcanzado los 360 Kg. En las mayores zonas productoras de nuez, el rendimiento tiene un promedio de entre 2 a 2.2 toneladas por hectárea. Estos valores representan el límite al que el árbol puede producir una almendra aceptable; ya que al incrementar este promedio, el porcentaje de almendra y el tamaño de la nuez disminuyen incrementando la presencia de nuez germinada y ruezno pegado. Sin embargo, el rendimiento no

solo está en función de la edad del árbol sino de las condiciones bióticas y abióticas a las que está expuesto (Godoy y Torres, 2000; Rosengarten, 1984).

Cuadro 1. Superficie y producción de nogal pecanera en la comarca lagunera durante 38 años (1982 – 2019).

Año	Superficie (ha)	Producción (t)	t/ha	Año	Superficie (ha)	Producción (t)	t/ha
1982	1,648	1,716	1.04	2001	5,077	5,373	1.06
1983	1,961	2,063	1.05	2002	5,168	6,062	1.17
1984	2,760	2,980	1.08	2003	5,534	7,600	1.37
1985	3,016	2,457	0.81	2004	6,228	7,951	1.28
1986	3,461	2,218	0.64	2005	6,178	7,690	1.24
1987	3,168	2,355	0.74	2006	6,214	4,107	0.66
1988	3,378	2,626	0.78	2007	6,208	8,876	1.43
1989	3,712	2,446	0.66	2008	6,029	4,208	0.7
1990	3,779	4,430	1.17	2009	6,412	9,865	1.54
1991	3,340	4,093	1.23	2010	6,363	4,278	0.67
1992	3,988	4,759	1.19	2011	6,738	7,724	1.15
1993	3,772	3,377	0.9	2012	6,822	8,405	1.23
1994	4,244	4,378	1.03	2013	7,021	8,036	1.14
1995	4,385	3,145	0.72	2014	7,131	9,131	1.28
1996	4,474	4,544	1.02	2015	7,400	9,377	1.27
1997	4,557	4,694	1.03	2016	7,636	10,887	1.43
1998	4,513	5,154	1.14	2017	8,024	9,892	1.23
1999	4,903	4,247	0.87	2018	10,874	11,415	1.15
2000	4,951	4,695	0.95	2019	11,627	10,550	1.19

Fuente: Medina y Cano, 2002; SIAP, 2019.

El nogal pecanero, como todos los árboles frutales, está expuesto a condiciones externas que inhiben su crecimiento, desarrollo y producción, dependiendo de su intensidad y duración. A estas condiciones que limitan la expresión del potencial de rendimiento genético se les define como estrés y varían dependiendo de la susceptibilidad de cada especie. La respuesta de las plantas ante estas condiciones de estrés implica un consumo energético que busca garantizar la supervivencia de la planta pero que afecta el rendimiento. Tanto las condiciones de déficit hídrico como de exceso hídrico pueden tener un efecto en el

crecimiento, desarrollo y reproducción de las plantas. Estas condiciones determinan la distribución geográfica de las especies, al generar una presión selectiva en la evolución de una población determinada (Urrea y Urzúa, 2016).

Como lo menciona Godoy y Torres (2000), es necesario implementar estrategias que permitan combatir los problemas causados por estas condiciones, para evitar que el árbol sufra un estrés fisiológico, que pueda provocar germinación prematura de la nuez, ruezno pegado, disminución significativa del tamaño y llenado de la nuez, así como baja acumulación de carbohidratos en el árbol.

4.2 Factores que afectan la producción de nuez pecanera

Los cultivos presentan perdidas por factores bióticos como abióticos, y el nogal pecanero no es la excepción. Dentro de los factores bióticos se encuentran los insectos plaga y enfermedades como uno de los principales factores de pérdida.

Según Dardón (2007), las plagas primarias son el gusano barrenador de la nuez (*Acrobasis nuxvorella*), el complejo de pulgones (*Monelliopsis pecanis*), el pulgón amarillo de márgenes negros (*Monellia caryella*), y el pulgón negro (*Melanocallis caryaefoliae*). El gusano barrenador del ruezno (*Cydia caryana*), el cual se ha convertido en una plaga de importancia económica. Otras plagas de importancia secundaria son el barrenador del tronco y la madera (*Euplatypus segnis*) y las chinches (*Brochymena* spp., *Nezara viridula*, *Chlorochroa ligata* y *Leptoglossus zonatus*). Dentro de las enfermedades del nogal se encuentran la pudrición texana o pudrición de la raíz asociada al hongo (*Phymatotrichum omnivorum*). También existen desórdenes fisiológicos que alteran el desarrollo normal de la nuez pecanera. El ruezno pegado es un complejo de problemas de características fisiológicas y de daño por plagas que presenta el ruezno a partir del inicio del estado acuoso y durante el desarrollo de la nuez.

Estos factores bióticos representan un impacto en la producción, sin embargo, la mayoría de productores ya cuenta con una respuesta antes estos problemas. No así para los factores abióticos como la alternancia y la viviparidad (Lagarda 2000).

4.2.1 Alternancia

La producción de nuez del nogal pecanero sufre de constantes variaciones en su producción a lo largo de los años de vida de la huerta, lo cual provoca riesgos en la actividad comercial debido a la falta de uniformidad en el precio de la nuez. La producción alterna de nuez o alternancia de producción, son variaciones cíclicas del rendimiento a lo largo de los años de la vida productiva de los árboles (Moreno, 2008). Los nogales tienden, por naturaleza, a producir cosechas altas y bajas en años sucesivos (producción irregular). El nivel de alternancia también es diferente entre variedades de nogal, condiciones de manejo y regiones (Núñez, 2001).

4.2.2 Viviparidad

La viviparidad o germinación prematura de la semilla, es un fenómeno que consiste en la germinación de la semilla al momento de alcanzar la maduración, aun cuando esta se encuentra adherida a la planta madre, ocasionando pérdida en la calidad del fruto (Lagarda 2007; McCarty, 1995). Esta situación se presenta como mecanismo de sobrevivencia desarrollado por especies nativas, para asegurar su perpetuidad (Lagarda, 2007). Este fenómeno sucede se presenta debido a la falta de respuestas que permitan un control en el crecimiento del embrión, antes de alcanzar la maduración (McCarty, 1995).

En árboles de nogal, la viviparidad afecta en un plano comercial, dado que la nuez reduce su calidad al generar sabores desagradables en la almendra, disminuyendo el precio de compra hasta un 70%; además, es necesario realizar gastos adicionales para la selección de la nuez en buenas condiciones (Lagarda, 2007).

4.3 Fisiología de la viviparidad

Todas las semillas pueden germinar, si las condiciones de humedad, temperatura y aireación son correctas, o no germinar, si el ambiente es frío o seco. Si el proceso de germinación no procede, la semilla aún continúa con vida, con su metabolismo suspendido, esta posibilidad se denomina vida latente y es un

fenómeno que se presenta en el embrión de la semilla. Ahora, hay especies, como el maíz y el trigo, cuyas semillas están en posibilidad de germinar en cuanto maduran, o aun antes si el ambiente es propicio. Otras especies, en cambio, tienen semillas que no germinan aunque estén aparentemente maduras y las condiciones ambientales sean las óptimas; es decir, germinan solo hasta haber recibido un determinado estímulo específico, generalmente de frío o de horas de luz. Esta capacidad para germinar, aunque las condiciones del medio sean correctas, hasta cubrir cierto requisito se denomina letargo (Rojas, 1982).

Según Voon y Pitakpaivan (1993), el letargo atraviesa las siguientes fases:

1. Inducción. Las semillas poseen un alto nivel de hormonas al formarse. Sin embargo, la influencia de algún factor del medio decae su participación en la maduración.
2. Mantenimiento. El letargo se mantiene pero, las semillas no están inertes ya que su tasa de respiración es baja y siguen ocurriendo cambios metabólicos. Durante el almacenaje en seco, las semillas en letargo presentan síntesis de proteínas; la maltosa se metaboliza en semillas con letargo y acumulan glucosa, mientras que las semillas sin letargo acumulan sacarosa. Resultando en diferencias de los sistemas enzimáticos y también en el flujo de nutrientes al endospermo.
3. Disparo. El letargo termina y se inicia el proceso de germinación si las condiciones del medio son propicias. El disparador del proceso puede ser cierta condición de humedad, luz o temperatura, pues en muchas semillas estos factores externos están conectados con factores internos de inhibición.
4. Germinación es la última fase del estado del letargo que, significa el cese de dicho estado.

4.4 Principales factores que promueven la viviparidad

Según Lagarda (2007), la viviparidad de la nuez se presenta como resultado de la relación de una serie de factores de tipo genético-ambiental que coinciden para promover la germinación de la nuez antes de cosecharla.

a) Ambientales. La viviparidad es un efecto fisiológico que se presenta en zonas con veranos y otoños calurosos, características de algunas zonas como el Desierto Sonorense, Norte de Coahuila, Comarca Lagunera, Sur de Chihuahua, entre otros (Arreola, 2015). Sin embargo, otras zonas nogaleras como Saltillo, Parras y Durango, no han presentado el fenómeno de viviparidad en las variedades Wichita y Western (Lagarda, 2007).

b) Temperatura. La temperatura es el factor más importante que afecta la tasa de post-maduración. La Comarca Lagunera presenta temperaturas cercanas a los 40 °C dentro de los meses de mayo a agosto y humedades relativas en este periodo de 50 a 57 %, fomentando la condición de veranos y otoños calurosos. Las temperaturas altas que existen en el periodo de madurez de la nuez, genera un incremento en germinación prematura (Arreola, 2015)

Según Rodríguez (2018), la viviparidad de la nuez se presenta en regiones que presentan temperaturas mínimas de crecimiento ($> 17^{\circ} \text{C}$), durante el periodo de maduración y apertura del ruezno (15 de septiembre-15 de octubre).

c) Humedad relativa. La humedad relativa es un factor importante para que se presente este fenómeno. Estudios con semillas de arrozillo (*Echinochloa crus-galli*) demostraron que, al aplicar incrementos de temperatura (35 °C) durante 24 h y alta humedad relativa, se podía modificar su condición hormonal y su carga energética, pasando de un estado de latencia a la viviparidad (Di Nola y Taylorson, 1990).

En la Costa de Hermosillo se practica el análisis de la evapotranspiración en nogal pecanero, la evapotranspiración es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Si se conoce el nivel de evapotranspiración, se puede

determinar el nivel de riego necesario en el periodo del desarrollo de la almendra para evitar un exceso de humedad y así reducir la viviparidad (Grageda, Castillo, Gascon, Moreno, Lagunes, Palma y García, 2013).

d) Variedades susceptibles. Estas variedades susceptibles a la viviparidad, aparentemente la controlan mediante la presencia de condiciones ambientales adversas al crecimiento, en especial con las temperaturas mínimas inferiores a los 17 °C al tiempo de alcanzar la maduración de la nuez. Este desorden fisiológico ha llegado a ocasionar pérdidas de nuez en un 40% para el cultivar Wichita y en un 25% para el cultivar Western (Martínez, 2014).

e) Hormonales. Existen fitohormonas asociadas directamente a los procesos de germinación de las plantas. El ABA y las giberelinas (GAs) han sido asociadas al proceso de germinación en semillas de diversos cultivos como maíz, trigo, maguey, mangle, nogal, entre otros (Lagarda 2007).

Ácido Abscísico

El ABA regula la respuesta a estreses medioambientales como sequía, salinidad y frío, durante el periodo de crecimiento vegetativo. Estos factores pueden llegar a producir un estrés osmótico y oxidativo en la célula pero difieren en otros efectos, con lo cual, las respuestas que van a desencadenar en la célula no son idénticas (Figura 1). Sin embargo El ABA, no solo es importante en condiciones adversas, ya que también es requerido para un correcto crecimiento y desarrollo de la planta en condiciones óptimas como la maduración del embrión, dormición de la semilla, germinación, división y elongación celular, inducción de la floración, así como en respuestas a otros estreses como al ataque de patógenos y radiación UV (Iniesto, 2015).

La forma cis (+) ABA presente naturalmente en plantas es sintetizada en casi todas las células que contienen plastidios, y es transportado vía xilema y floema (Taiz y Zeiger, 1998). Aunque los receptores de ABA no están completamente caracterizados, varios resultados indican que los efectos de esta fitohormona que son mediados a través de su acción, estarían localizados en la membrana y/o en

el citoplasma, donde desencadenan diferentes vías de señalización y, en última instancia, regulan respuestas genómicas y no genómicas (Razem et al., 2006).



Figura 1. Vías de señalización presentes en la planta.
Fuente: Nakashima y Yamaguchi-Shinozaki, 2009.

Peng et al. (2006) mostraron la localización celular de ABA durante el desarrollo floral de *Arabidopsis thaliana*, identificando su presencia principalmente en las células del primordio; lo que indica, por la naturaleza activa del tipo celular, una acción promotora para el ABA. Además, su localización en células en proceso de diferenciación señala su posible acción en la regulación del flujo y distribución de asimilados en las fases iniciales del desarrollo de algunos órganos (Flórez y Aleixo, 2009).

El proceso biosintético del ABA inicia en los cloroplastos o amiloplastos de las células vegetales. La ruta se genera a partir del isopentenil pirofosfato (IPP), que lleva a la formación de la zeaxantina, luego la anteraxantina, después la trans-violaxantina y la 9-cis-neoxantina y finalmente la xantoxina (Figura 2). La xantoxina es oxidada a nivel del citosol a ABA-aldehído, reacción catalizada por la xantoxina oxidasa. Este aldehído es convertido a ABA por la enzima ABA-aldehído oxidasa (Magallanez, 2014).

Los niveles de ABA son elevados en las semillas secas, lo que impide su germinación. En las plantas adultas, estos niveles elevados inhiben el crecimiento de las raíces y promueven cierre de los estomas en las hojas, por los que la planta intercambia los gases (Irigoyen, et. al. 2014).

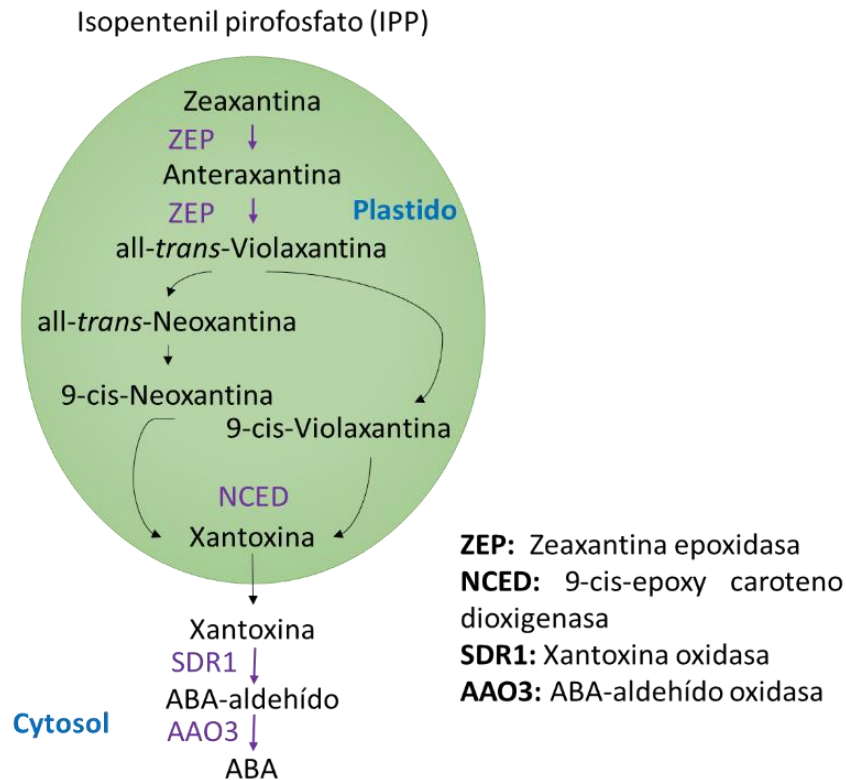


Figura 2. Síntesis del ABA en las plantas
Fuente: Magallanez, 2014

Estudios realizados en *arabidopsis* han generado información respecto al ABA como regulador de procesos en la embriogénesis, incluyendo la entrada a la dormancia. Sin embargo, esta fitohormona también interactúa con las giberelinas (GAs), citocininas, etileno, jasmonatos y azúcares durante los diversos procesos de las plantas, principalmente la viviparidad (Martínez, et. al. 2015).

Interacción del ABA con otras hormonas

Al activarse el catabolismo del ABA durante la dormición, se genera un descenso en la concentración en el embrión, facilitando la germinación. Entonces el etileno, junto con los brasinoesteroides, actúa estimulando la viviparidad, (Goldberg et. al. 1994).

Cuando las condiciones ambientales son óptimas, los niveles de ABA disminuyen, los complejos que contiene DDA1 se activan, degradando los receptores de ABA. DDA1 forma parte de un complejo de proteínas implicado en la degradación proteosomal. En las semillas y en las plántulas, esta se une a los receptores del ácido abscísico facilitando así su degradación. De este modo, tiene una función negativa en la regulación de las respuestas a los estreses abióticos medidas por ABA; minimizando sus efectos inhibitorios (cierre de los estomas y retraso del crecimiento) justo en el momento que no es necesario, durante la germinación o cuando no hay estrés (Martínez et. al., 2015).

De todas las hormonas mencionadas anteriormente, las GAs representan un rol fundamental en la germinación de las semillas ya que existe un efecto antagónico entre esta y el ABA en la movilización de las sustancias de reserva. En las semillas, las sustancias de reserva se encuentran en el embrión (cotiledones) o en el endospermo, lo cual da paso a la formación de cuerpos intracelulares que almacenan carbohidratos, lípidos, proteínas y compuestos inorgánicos (Iniesto, 2015).

Uno de los factores más comunes en el proceso letargo-germinación es el equilibrio ABA/GAs que, además, ejemplifica lo que sucede con otros inhibidores fenólicos o terpenlactónicos y otras hormonas (Figura 3).

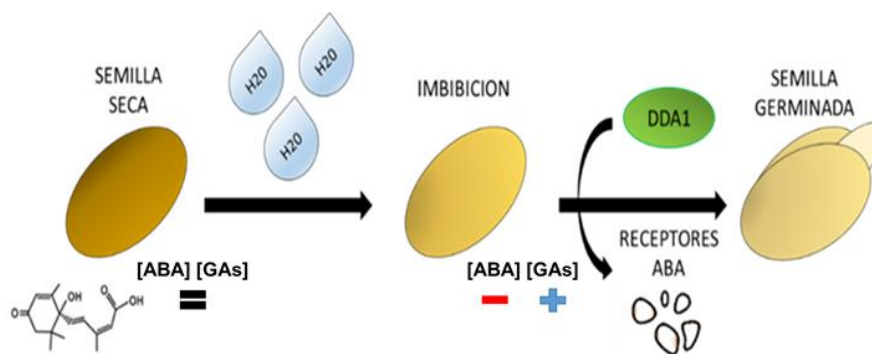


Figura 3. Degradación de ABA en el proceso de germinación de la semilla
Fuente: Irigoyen, et. al. 2014.

Sin embargo, el disparador del proceso de germinación puede ser cierta condición de humedad, luz o temperatura, y a su vez, esta absorción inicial rompe este equilibrio ABA/GAs, implicando la imbibición de agua, que suaviza las cubiertas de la semilla, hidratando al protoplasma y, por lo tanto, la semilla se hincha. El embrión empieza a producir GAs y citocininas, que a su vez, inducen síntesis de enzimas. Y contando con la energía de la glucosa y proteínas solubles, las células del endospermo, y posteriormente las del embrión, sintetizan auxinas que inducen el alargamiento de los meristemos de la radícula primero y del talluelo después con un rápido crecimiento direccional del talluelo hacia arriba, y de la raíz hacia abajo (Voon y Pitakpaivan, 1993).

f) Otros. Además de los factores naturales que promueven la viviparidad en el nogal pecanero es importante considerar el factor humano ya que actividades importantes en el cultivo, como las fechas de cosecha y las condiciones de carga que tenga el árbol, al no realizarse de manera adecuada, pueden incidir en el aumento de este fenómeno.

4.5 Antecedentes

El problema generado por la viviparidad a llevado a buscar soluciones mediante la inducción de cambios en la concentración de hormonas que inhiban la germinación de la nuez.

Lagarda (2007), menciona que las aplicaciones exógenas de ABA, además de las endógenas de ABA, inhiben la germinación de la semilla.

Wood (2013) demostró que la aplicación de ABA reduce germinación prematura de la nuez pecanera, y demostrando que esta hormona induce la dormancia de la nuez, como se había corroborado en semillas de otras especies.

En la costa de Hermosillo, la aplicación de ABA en 300 a 900 ppm dirigida al racimo, en fechas de llenado de almendra, ha reducido la viviparidad de la nuez hasta en un 50 %, e inclusive los autores señalan que es posible reducir la dosis y obtener mejores resultados (Martínez, Núñez y Pérez, 2015). Arreola (2015), coincide en que, al efectuar aplicaciones de productos orgánicos (como el ácido abscísico), es posible tener un impacto positivo en el incremento de nuez comercialmente aceptable.

Sin embargo, White et al. (2000) establecieron que la relación ácido abscísico/ácido giberélico, y no el ácido abscísico solo en las fases tardías de la embriogénesis es lo que determina si una semilla va a germinar o a entrar en dormancia. Se ha observado en otras especies de plantas que este desorden es ocasionado por un desbalance en las fitohormonas giberelinas y ácido abscísico, sin embargo en nuez, esta relación ha sido poco estudiada. Por ello es importante saber si las concentraciones de estas hormonas durante el desarrollo de la nuez modifican el grado de viviparidad.

En la Comarca Lagunera, no existen no a sido ampliamente comprobado que el uso de productos hormonales pueda ayudar a contrarrestar la viviparidad. Sin embargo, estos han arrojado resultados positivos. Como el de Dardón (2007), cuyos resultados indican que es posible reducir la viviparidad de la nuez, hasta un 50% de la obtenida con los testigos, con la utilización de reguladores de crecimiento aplicados al follaje en el estado de desarrollo del embrión.

El uso de ABA en fechas de crecimiento de embrión podría ser la respuesta ante los problemas generados por este fenómeno en la producción de nuez pecanera

en regiones desérticas. Sin embargo, debe seguir siendo estudiada a fondo para comprobar su efectividad y, posteriormente, su beneficio económico.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del experimento

El estudio se llevó a cabo durante el periodo septiembre - octubre de los años 2019 y 2020, en una plantación de nogal pecanero cultivares Wichita y Western, con 36 años de edad. Esta se encuentra en la propiedad de Tierra Blanca, ubicada en el municipio de Viesca, en el estado de Coahuila, en las coordenadas 25° 20' 28" latitud norte y 102° 10' y 48" longitud oeste a una altura de 1100 metros sobre el nivel del mar.

El sistema de plantación es a marco de 10 x 10 m, con un total de 100 árboles con una producción promedio de 1.5 toneladas por hectárea. Cuenta con sistema de riego por aspersión, el suelo presenta una textura franco-arcillosa y el clima del área es de tipo BWhw (e), según García (1973), muy árido, semicálido con lluvias en verano y de amplitud térmica extremosa, con temperaturas medias anuales de 18 a 22 °C y precipitación promedio anual de 200 a 300 mm, con régimen de lluvias en abril a noviembre.

5.2 Diseño experimental

El trabajo se realizó de la misma manera para las dos variedades existentes en el predio (Western y Wichita). Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, con un factor de estudio, la aplicación foliar de un regulador de crecimiento vegetal con ABA en tres dosis (100, 200 y 300 ppm), comparándose con el testigo, teniendo cinco repeticiones para cada dosis. Un árbol se considera como unidad experimental. Los árboles se seleccionaron con características similares de circunferencia del tronco con 65 cm a 1 metro sobre el nivel del suelo, altura de 8 metros y diámetro de copa de 5 m². La aplicación de ABA se realizó con una aspersora de turbina bañando completamente el árbol hasta escurrimiento. Esta se llevó a cabo el día 02 de septiembre del 2019 y 2020, fecha en la que se está completando el llenado del fruto.

5.3 Variables evaluadas

La cosecha se realizó los días 14 y 15 de octubre de cada año correspondiente. Las variables evaluadas fueron producción de nuez por árbol (kg), % nueces con ruezno suelto, % nueces con ruezno pegado, % nuez comercial y % nueces germinadas a través de conteos directos al momento de la cosecha.

5.4 Procesamiento de datos

Los datos se sometieron a un análisis de varianza de un solo factor para determinar significancia en los tratamientos y la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para la comparación de medias de los tratamientos. El programa estadístico que se usó fue Minitab Versión 18.1.

5.5. Relación beneficio-costos

La relación beneficio-costos de un proyecto nos permite conocer su rentabilidad y así, por ejemplo, saber si el proyecto es viable y qué tan atractivo es en comparación con otros proyectos (Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000).

Según Bolaños (2013) la relación beneficio-costos puede ser representada con la siguiente formula:

$$B/C = VAI / VAC$$

En donde:

B/C: relación beneficio-costos.

VAI: valor actual de los ingresos totales netos o beneficios netos.

VAC: valor actual de los costos de inversión o costos totales.

Un proyecto se considera rentable cuando la relación beneficio-costos sea mayor que 1 (ya que los beneficios serán mayores que los costos de inversión), y no será rentable cuando la relación costo-beneficio sea igual o menor que 1.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Rendimiento de nuez

En la Figura 4, se puede observar el promedio de la producción que se obtuvo tras la aplicación de ABA al 20% en diferentes dosis en las variedades Western y Wichita.

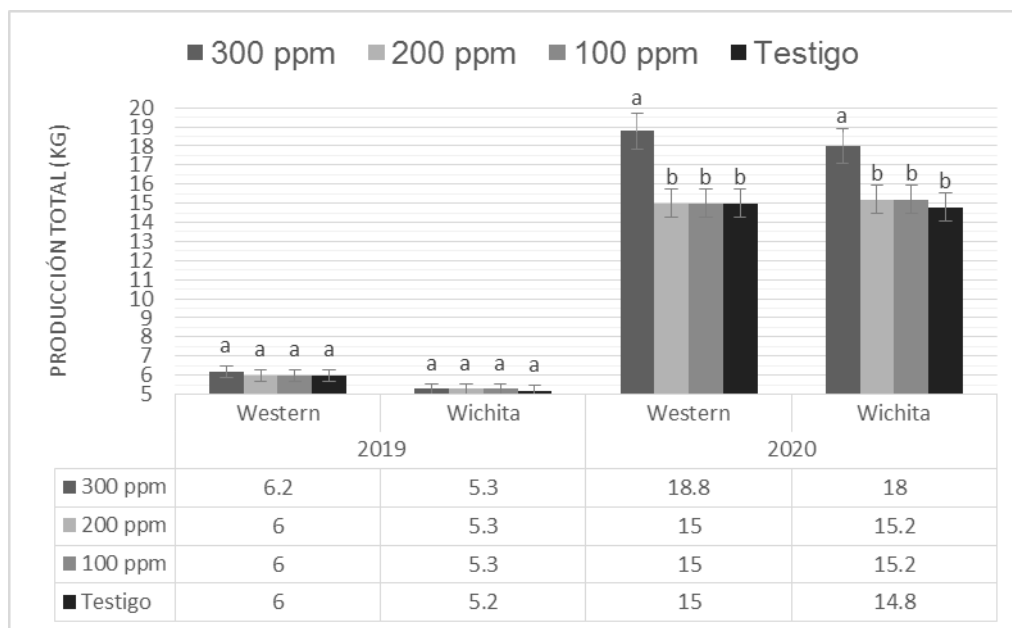


Figura 4. Producción promedio de nuez en variedad Western y Wichita, bajo tres dosis de ABA comparadas contra testigo, año 2019 y 2020.

Prueba de Tukey ($P < 0.05$). Medias con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

Para el año 2019, año de baja producción, el rendimiento total no muestra diferencias significativas entre tratamientos ni dosis. Estos rendimientos variaron entre 0.2 a 12 kg por árbol (aproximadamente 0.8 t ha^{-1}), lo cual es un valor por debajo del promedio en la Laguna; ya que según Medina y Cano (2002), el promedio es de 1 a 2 t ha^{-1} .

Una de las respuestas a esta baja producción podría deberse a lo que señala García (2013), que en ciertas zonas, donde las bajas temperaturas no satisfacen los requerimientos de horas frío de frutales, las plantas presentan síntomas de

receso prolongado, el cual se caracteriza por una brotación y floración deficiente e irregular, y finalmente en una disminución en la producción de calidad de fruta. Para el caso del nogal, se requieren 400 horas frío para las variedades Western y Wichita. Sin embargo, para el año de estudio se acumularon 227 horas frío con punto crítico de 10° C (CONAGUA, 2019).

Lo anterior sugiere que en el norte de México se acumulan menos horas frío de las que se requieren para la brotación del nogal, sin embargo Medina y Cano (2002) indicaron que algunas variedades de nogal que tienen altos requerimientos de frío, prosperaron satisfactoriamente en áreas donde la acumulación de frío fue mínima, no se observó retraso alcanzar el endoletargo y se sugirió que los requerimientos de frío regularon la brotación del nogal.

El año 2020 fue un año de alta producción, el rendimiento entre los árboles de estudio varió desde 7 hasta 31 kg por árbol (casi 2 t ha⁻¹ aproximadamente para 300 ppm). Esta situación puede deberse al fenómeno conocido como alternancia o “vecería”, el cual es una condición natural de producir cosechas de forma irregular entre un año y otro. (Moreno, 2008). Medina et. al (1997), comenta que el índice de alternancia en la región lagunera varía entre el 23 y 94%, teniendo como resultado medias en la producción que varían de 0.46 hasta 1.96 t ha⁻¹. Además, Lagarda (2007), señala que, la genética y la edad de los árboles son factores que influyen sobre la intensidad de la alternancia, teniendo a Western con una intensidad de 0.56 y Wichita con 0.67, cuando los valores aceptables deben de ser alrededor de 0.5 o menor.

6.2 Calidad de nuez

Las variables de calidad como nuez germinada, con ruezno pegado y nueces verdes, para el año 2020, año de alta producción, fueron más elevadas que en el 2019, año de producción baja (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de nuez germinada, pegada al ruezno, verde y comercial bajo tres dosis de ABA comparadas contra testigo para dos variedades de nogal. Ciclo de producción 2019 y 2020. Ejido El Manantial. Matamoros, Coahuila.

Dosis	Nuez		Ruezno		Nuez		Nuez	
ABA	germinada		pegado		verde		comercial	
20%	(%)		(%)		(%)		(%)	
(ppm)	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Var. Western								
Testigo	2.2a ^z	13.3b	5.1a	3.7a	14.6a	12.9b	78.0a	70.1b
100	2.2a	9.8ab	4.8a	2.7ab	13.7a	12.6b	79.3a	74.8b
200	1.9a	4.3a	3.5a	1.5a	8.6a	9.0ab	86.1a	85.2ab
300	1.5a	3.2a	2.0a	1.3a	8.4a	4.6a	88.1a	90.9a
DMS^y₀₅	NS	0.04	NS	0.03	NS	0.03	NS	0.05
CV %	2.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.4	11.3	6.2
Var. Wichita								
Testigo	2.6a	12.9b	14.2b	1.3a	19.2b	10.4a	64.0b	75.4b
100	1.6a	5.7a	7.4a	0.8a	11.4ab	7.8a	79.6ab	85.7ab
200	1.6a	5.2a	4.7a	0.8a	7.4a	5.9a	86.3a	88.0ab
300	1.3a	1.6a	2.3a	0.8a	5.5a	2.8a	91.0a	94.8a
DMS^y₀₅	NS	0.03	0.03	NS	0.02	NS	0.01	0.01
CV %	1.2	1.2	1.3	1.6	1.4	1.3	5.9	8.4

^zPrueba de Tukey (P <0.05). Medias con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

^yDMS₀₅= Diferencia Mínima Significativa P=0.05, NS= Diferencias NO significativas, CV= Coeficiente de Variación.

Los resultados aquí encontrados, concuerdan con los obtenidos por Sparks et. al. (1995), al mencionar que el estrés causado por la elevada producción induce el incremento de nueces con ruezno pegado y germinación prematura. Como ya lo habíamos comentado anteriormente, este fenómeno se presenta cuando no existe respuesta ante el crecimiento del embrión al alcanzar la maduración (Arreola et al. 2002; Lagarda, 2007).

Martínez et al. (2015); señalan que en etapas tardías, al final de la embriogénesis de las semillas, el balance de ácido abscísico (ABA) y ácido giberélico (GA3) es bajo. Por lo tanto el aumento de este fenómeno podría atribuirse a diferentes concentraciones hormonales en los frutos, en diferentes ciclos de cultivo, afectadas también por diferentes condiciones hídricas y disponibilidad de nutrientes. Los resultados de este estudio, para ambos ciclos productivos, indicaron que el efecto de las tres dosis estimuló la dormancia del fruto posiblemente vía estimulación de dehidrinas. Sin embargo la dosis de 300 ppm fue la que mayor redujo la germinación entre un 44 y un 82%.

Este comportamiento tiene relación con los resultados mostrados por Martínez et al. (2015), sobre la reducción de la germinación en dosis de 300 ppm con un 50% respecto al testigo absoluto. Sin embargo, estos autores comentan que es posible reducir la dosis y obtener los mismos resultados, situación contraria a lo que pasó en el estudio.

Es importante señalar que la mejor producción para las dos variedades se da en las mayores dosis, por lo tanto, se puede deducir que la aplicación de ABA da posibles ventajas en la calidad del fruto ya que el % de ruezno pegado y nuez verde disminuye en las aplicaciones al fruto, y por lo tanto el % de nuez comercial aumenta.

6.3 Relación beneficio-costos

Según Lagarda (2007) la viviparidad de la nuez es un problema de gran magnitud, ya que existen 35,000 ha en riesgo de presentar este problema, con un potencial de germinación prematura del 15% en años críticos, lo cual equivale a 5,000 t que perderían su valor en un 70%. Este problema adquiere un valor crítico en años de baja producción, ya que los productores tendrían ganancias mínimas o incluso, no alcanzan a pagar los costos de producción. Por lo tanto, es necesario profundizar si la aplicación de ABA le garantiza al productor obtener mejores beneficios económicos.

En Coahuila, según FIRA (2019), el costo total de mantenimiento para una hectárea de 100 nogales es de \$71,671.00 pesos, teniendo una utilidad de \$40,829.00 pesos por hectárea. Si tomamos en cuenta los beneficios en el

aumento del rendimiento estimado al aplicar ABA tendremos una mayor relación beneficio-costos en la dosis 300 ppm, (Cuadro 3). Esto concuerda con lo mencionado por Martínez et al. (2014), el cual asegura que encontrar una tecnología que reduzca la viviparidad a menos del 10%, generará un ingreso extra entre 4.5 y 10 Millones de dólares anuales a los productores, ayudando para al mantenimiento de la rentabilidad del cultivo.

Cuadro 3. Relación beneficio-costos para una hectárea de nogal aplicando ABA, año 2020.

Dosis ABA 20 % (ppm)	Costos aplicación ABA ha⁻¹ (\$)	Mantenimiento 1 ha nogal al aplicar ABA (\$)	Rendimiento estimado (t ha⁻¹)	Ingresos totales (\$ ha⁻¹)	Relación beneficio- costo
Sin aplicación	0.00	71,671.00	1.50	112,500.00	1.57
100	3,000.00	74,671.00	1.51	113,250.00	1.52
200	6,000.00	77,671.00	1.51	113,250.00	1.46
300	9,000.00	80,671.00	1.84	138,250.00	1.71

Fuente: FIRA 2019.

Sin embargo, es importante considerar que estos cálculos son para un año de buena producción. Si tomamos en cuenta que la producción del año 2019 no rebasó una ton ha⁻¹, la utilidad se ve mermada en un 50%. De igual manera, el aplicar ABA para contrarrestar la germinación en un año con alternancia reduce la utilidad del productor (Cuadro 4).

Cuadro 4. Relación beneficio-costo para una ha de nogal aplicando ABA, año 2019.

Dosis ABA 20 % (ppm)	Costos aplicación ABA ha⁻¹ (\$)	Mantenimiento 1 ha nogal al aplicar ABA (\$)	Rendimiento estimado (t ha⁻¹)	Ingresos totales (\$ ha⁻¹)	Relación beneficio- costo
Sin aplicación	0.00	71,671.00	0.56	42,000.00	0.59
100	3,000.00	74,671.00	0.57	42,375.00	0.57
200	6,000.00	77,671.00	0.57	42,375.00	0.55
300	9,000.00	80,671.00	0.57	42,375.00	0.53

Fuente: FIRA 2019.

Los datos presentados nos confirman el valor económico que puede representar el ABA en la inducción del letargo de las nueces germinadas. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones encaminadas a conocer los niveles de ABA al momento de la cosecha para comprobar si la aplicación de esta fitohormona resulta efectiva en la disminución de este problema y consolidar la validación de este proyecto.

VII. CONCLUSIONES

La aplicación de ABA al fin del llenado del fruto disminuye el porcentaje de nuez germinada en variedades Wichita y Western cultivadas en las condiciones de Viesca, Coahuila.

Durante los dos años de estudio, la dosis de 300 ppm de ABA redujo el porcentaje de nuez germinada, porcentaje de ruezno pegado y porcentaje de nuez verde en las variedades Wichita y Western de nogal pecanero.

La aplicación de ABA en variedades Wichita y Western de nogal pecanero durante años de baja producción no resulta redituable para el productor.

VIII. LITERATURA CITADA

- Arreola A., J. G., Lagarda M., A. y Medina C. (2002). *Fenología*. p. 70-72. En J. Arreola y I. Reyes (Eds.). *Tecnología de producción en nogal pecanero*. Libro Técnico. INIFAP-SAGARPA. Matamoros, Coahuila. Recuperado el 10 de marzo del 2019, de: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1967/Tecnologia%20de%20produccion%20de%20nogal%20pecanero.pdf?sequence=1>
- Arreola A., J. G. (2015). *Aceleración de la madurez mediante el uso de productos químicos*. XII. Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Hermosillo, Son. Memorias.
- Bolaños L., V. (2013). *Análisis costo-beneficio. Mezcla de la mercadotecnia*. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <https://utecno.files.wordpress.com/2013/09/anacc81lisis-costo-beneficio.pdf>
- Dardón A., R. E. (2007). *Control de la viviparidad de la nuez pecanera mediante el uso de reguladores de crecimiento*. Tesis de Licenciatura. División de carreras agronómicas – Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coah. México.
- Di Nola L. y Taylorson R., B. (1989). *Brief High Temperature Exposure to Release Dormancy Affects Soluble and Membrane-Bound Protein Composition in Echinochloa crus-galli (L.) Beauv. seeds*. Journal of Plant Physiology 135(1): p. 117-121.
- FIRA. (2019). *Agrocostos-Nogal mantenimiento Coahuila*. Recuperado de: <https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp>
- Flórez V., J. y Aleixo P., M. (2009). *El ácido abscísico acelera el desarrollo floral de solidago en días cortos*. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 62(1): 4835-4841.
- García A., T. (2013). *Determinación de horas frío y su uso en frutales en la comarca lagunera*. Tesis Ingeniería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- García de M., E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Godoy A., C. y Torres E., C. A. (2000). *Etapas y periodos fenológicos del nogal y sus requerimientos de agua*. p. 11-20. En Godoy A., C., Reyes J., I., Torres E., C. A., Huitrón R., M. V., Cristian C., J. y Morales V., J. *Tecnología de riego en nogal pecanero. Etapas y periodos fenológicos del nogal y sus requerimientos de agua*. CELALA, CIRNOC, INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. Recuperado el 19 de marzo de 2019, de: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/1954>

- Goldberg R., B., De Paiva G. y Yadegari, R. (1994). *Plant embryogenesis: zygote to seed*. *Science*, 266(5185), 605-614
- Grageda J., G., Castillo A., A. F., Gascon B., V., Moreno J., H. N., Lagunes A., J., Palma R., S. y Garcia E., U. (2013). *El clima y la producción de nogal pecanero*. XIV simposio internacional de nogal pecanero (p. 55), Hermosillo, Sonora.
- Iniesto S., E. (2015). *Regulación de la señalización del ácido abscísico mediada por DDA1, un nuevo adaptador de sustrato de E3 ubiquitina ligasas*. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Molecular, Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid España.
- Irigoyen M., L., Iniesto E., Rodriguez L., Puga M., I., Yanagawa Y., Pick E., Strickland E., Paz-Ares J., Wei N.; De Jaeger G., Rodriguez P., L., Deng X., W., Rubio V. (2014). *Una Pequeña proteína que regula el estrés hídrico*. Centro Nacional de Biotecnología, Madrid, España. Recuperado el 10 de junio del 2019, de: <https://www.cnb.csic.es/index.php/es/cultura-cientifica/noticias/item/747-una-pequena-proteina-que-regula-el-estres-h%C3%ADrico>
- Lagarda M., A. (2000). *Evaluación de los factores que influyen sobre la germinación de la nuez*. Informe de Investigación. INIFAP-CELALA.2000. Torreón, Coahuila.
- Lagarda M., A. (2007). *La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad)*. Memoria científica, Seminario de Nogal Pecanero 2007. Hermosillo, Sonora. Pp.9-17.
- Lagarda M., A. (2012). *La germinación prematura de la nuez pecanera (viviparidad)*. Memoria científica, XIII Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Hermosillo, Sonora. Pp.58.
- López D., J. C., Arras V., A. M., Salas G., J. M., Aguilar V., A., Robles H., L., Villalobos P., E. y Rodríguez A., A. (2011). *Rentabilidad del nogal pecanero bajo sistemas de producción de mediana tecnología en Delicias, Chihuahua*. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de: <https://www.redalyc.org/html/141/14119052010/>
- Magallanez E. (2014). *Ácido abscísico (ABA) la hormona de estrés en plantas*. Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de: <https://slideplayer.es/slide/2688540/>
- Martínez D., G., Núñez M., J. H. y Pérez L., A. I. (2015). *Aplicaciones foliares de etefón promueven la germinación prematura de la nuez pecanera*. XVI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Hermosillo, Son. Memorias.
- Martínez D., G., Pérez L., A. I. y Núñez M., J. H. (2015). *Aplicaciones de ácido abscísico dirigidas al racimo reducen la germinación prematura de la nuez*

- pecanera. XVI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Hermosillo, Son. Memorias.
- Martínez T., M. A., Vargas A., I., Aispuro H., E., Corrales M., C., Soto C., F., Vallejo C., S., León G., V. y Núñez M., H. (2014). *Alternativas para el control de la germinación (viviparidad) en la nuez, en la región costera del estado*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Sonora.
- McCarty D., R. (1995). *Genetic control and integration of maturation and germination pathways in seed development*. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 46, 74-93.
- Medina M., Samaniego G., Santamaría C., Faz C., Herrera P., Ramírez D. y González C. (1997). *Producción de nuez y su alternancia en nogal pecanero*. Sexto Simposio Internacional Nogalero. NOGATEC 998. Memoria. Torreón, Coahuila. México. p. 63-69.
- Medina M., M. C. y Cano R., P. (2002). *Aspectos generales del nogal pecanero*. P. 2-3. En Tijerina, C. A. Tecnología de producción en nogal pecanero. CELALA, CIRNOC, INIFAP. Matamoros, Coahuila, México.
- Moreno M., A. (2008). *Evaluación de los crecimientos fructíferos del nogal pecanero (Carya illinoensis, koch) en relación a la alternancia en producción de nuez*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
- Nakashima K., Ito Y. y Yamaguchi-Shinozaki K. (2009). *Transcriptional regulatory networks in response to abiotic stresses in Arabidopsis and grasses*. Plant Physiol. 149:88-95.
- Núñez H. (2001). *Desarrollo del nogal pecanero*. El nogal pecanero en Sonora. INIFAP, Hermosillo, Sonora: 23-38.
- Peng Y., B. C, Zou D., H., Wang H., Q., Gong Z., H., y Bai S., N. (2006). *Preferential localization of abscisic acid in primordial and nursing cells of reproductive organs of Arabidopsis and cucumber*. New Phytologist 170(3): 459–466.
- Razem F., A., Baron K. y Hill R., H. (2006). *Turning on gibberellin and abscisic acid signaling*. Current Opinion in Plant Biology 9(5): 454–459.
- Rodríguez G., M. (2018). *Nivel de humedad del suelo y germinación prematura en nogal pecanero [Carya illinoensis (Wangenh) K. Koch] en el norte de México*. Tesis de Maestría. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.
- Rojas G., M. (1982). *Fisiología vegetal aplicada*. Segunda edición. México. Ed. Mc Grall-Hill. p.p. 193
- Rosengarten Jr., F. (1984). *The book of edible nuts*. New York, NY: Walker Publishing Company, Inc.

- SIAP. (2019). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON)*. Recuperado el 14 de octubre de 2020, de: <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon>
- Sparks, D., Reid, W., Yates, I., Smith M., W. y Stevenson T., G. (1995). Fruiting stress induces decline and premature germination pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(1): 43-53.
- Taiz L. y Zeiger E. (1998). *Plant physiology*. Second edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland. 792 p.
- Urrea L., R. y Urzúa E., E. (2016). *Retos y oportunidades en la producción de nuez pecanera en México*. Cap. 1. pp. 1-53. En Reyes V., N. C. y Urrea L., R. 2016. Retos y Oportunidades para el aprovechamiento de la Nuez pecanera en México. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ). Guadalajara, Jalisco. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de: https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b790138f4.pdf
- Vieira F., A., Chávez S., N., Núñez M., J. H., Valdez G., B., Pérez L., A.; Velarde F., I., Tarango R., S. y Cuéllar V., E. (2015). *Avances en estudio fenológico sobre efecto del cambio climático en nogal pecanero*. Memoria Científica No. 6. XVI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Hermosillo, Sonora. Recuperado el 10 de marzo del 2019, de: http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/PROGRAMA%20FRUTICOLA/Pecan_agosto_2017/Humberto_Nu%C3%B1ez/2015%20-%20MEMORIA%20XVI%20SIMPOSIO%20INTERNACIONAL%20%20DE%20NOGAL.pdf
- Voon C., C. y Pitakpaivan S., T. (1993). *Mango cropping manipulation with Cultar*. Fourth international Mango Symposium. Acta horticulturae.
- White C., N., Proebsting W., M., Hedden P. y Rivin C., J. (2000). *Gibberellins and seed development in maize. I. Evidence that gibberelin/abscisic acid balance governs germination versus maturation pathway*. *Plant Physiol.* 122: 1081-1086.
- Wood B. (2013). *Preharvest sprouting in pecan*. Conference in the Pecan Symposium. Texas. No pages. Recuperado el 25 de abril del 2019, de: <https://www.slideserve.com/janet/preharvest-sprouting-vivipary-in-pecan>