



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS
CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGÍA VEGETAL

**PROPAGACIÓN ASEXUAL, VIABILIDAD, IMBIBICIÓN Y
DESCRIPCIÓN DE FRUTO, SEMILLA Y PLÁNTULA DE
NANCHE (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K. Y *Malpighia
mexicana* A. Juss.)**

MARIA DE LOS ANGELES MALDONADO PERALTA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2015

La presente tesis, titulada: **Propagación asexual, viabilidad, imbibición y descripción de fruto, semilla y plántula de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K. y *Malpighia mexicana* A. Juss.)**, realizada por la alumna: **María de los Ángeles Maldonado Peralta**, bajo el Consejo Particular indicado ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD FISIOLÓGIA VEGETAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO	 _____ DR. GABINO GARCÍA DE LOS SANTOS
ASESOR	 _____ DR. JOSÉ RODOLFO GARCÍA NAVA
ASESOR	 _____ DR. TARSICIO CORONA TORRES
ASESOR	 _____ DR. VÍCTOR MANUEL CETINA ALCALÁ
ASESOR	 _____ DR. CARLOS RAMÍREZ HERRERA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, agosto de 2015.

AGRADECIMIENTOS

A la vida y a Dios por permitirme conseguir lo que creí inalcanzable. Porque las oportunidades no se dan en maceta y ésta para mí ha sido única, gracias.

Al pueblo de México, que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) me apoyó para lograr éste objetivo; y, al Colegio de Postgraduados por abrirme las puertas para realizar este nuevo proyecto.

Al Dr. Gabino García de los Santos, porque sin conocerme confió en mí, por su apoyo, amistad y conocimiento se logró éste trabajo.

Al Dr. José Rodolfo García Nava, por su apoyo para concluir satisfactoriamente mi tesis.

Al Dr. Tarsicio Corona Torres, por su apoyo en la realización del trabajo para terminar esta investigación.

Al Dr. Víctor Manuel Cetina Alcalá, por su apoyo para concluir este objetivo.

Al Dr. Carlos Ramírez Herrera, por transmitirme su conocimiento y apoyarme en la realización del trabajo.

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo por su apoyo durante la fase final de investigación.

Al Dr. Julián Cuevas González, Dr. Juan José Hueso, Dra. Virginia y su equipo de trabajo, por aceptarme en la Universidad de Almería, España, y durante la estancia profesional transmitirme su conocimiento. A Irene, Fernando, Tatiana, Armando y Emanuel, Gracias por su amistad.

A mi familia, papá, mamá, hermanos, hermana, cuñadas, cuñado, sobrinos y sobrinas que han sido el apoyo más fuerte en las buenas y malas.

A Rafael Rojas García, por su apoyo en la investigación, tanto en campo como en el laboratorio, sinceramente gracias.

A mis amigos y amigas: Yolanda, Elena, Nely, Yuri, doña Angeles y don Mario por su amistad y buenos consejos.

Al personal del Colegio de Postgraduados por brindarme su apoyo y amistad. Gracias a todos aquellos que me apoyaron directa e indirectamente.

Cuando me dijeron olvidé, cuando lo ví entendí, cuando me involucraron aprendí.

GRACIAS.

DEDICATORIA

*A la vida y a Dios:
Porque me dieron a elegir tantos
camínos y sin duda elegí el mejor, la ciencia.*

*A mí Madre:
Por ser el pilar más fuerte en
mí familia y darme lo mejor de su vida.*

*A mí padre:
Un gran ejemplo de
vida, trabajo y dedicación.*

*“Porque en esta oportunidad
aprendí que la sabiduría es un adorno
en la prosperidad, un refugio en la adversidad
y perseverando se alcanza, sólo tienes que creertelo”.*

CONTENIDO

Contenido	Página
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN GENERAL	xi
GENERAL ABSTRACT	xiii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 OBJETIVOS	5
1.1.1 Objetivo general	5
1.1.2 Objetivos específicos	5
1.2 HIPÓTESIS	6
1.2.1 Hipótesis general	6
1.2.2 Hipótesis específicas	6
1.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1 EL NANCHE	12
2.2 PROPAGACIÓN	14
2.2.1 Propagación sexual	15
2.2.2 Propagación asexual	18
2.3 SUSTRATOS	19
2.4 USO DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO	20
2.5 IMPORTANCIA DE LA PRESENCIA DE HOJAS EN LAS ESTACAS	22
2.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
CAPITULO III. PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE NANCHE (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. Y <i>Byrsonima</i> <i>crassifolia</i> (L) H. B. K.) CON DIFERENTES REGULADORES DEL CRECIMIENTO Y SUSTRATOS	31
RESUMEN	31
ABSTRACT	32

3.1 INTRODUCCIÓN	33
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.3.1 Sobrevivencia	37
3.3.2 Brotación de estacas	40
3.3.3 Estacas con raíces	41
3.4 CONCLUSIONES	43
3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
CAPITULO IV. MORFOLOGÍA Y CALIDAD DE FRUTOS Y SEMILLAS DE “NANCHE ROJO” (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.)	49
RESUMEN	49
ABSTRACT	50
4.1 INTRODUCCIÓN	51
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS	52
4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.3.1 Morfología de fruto	54
4.3.2 Morfología de semilla	58
4.4 CONCLUSIONES	61
4.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
CAPITULO V. MORFOLOGÍA DE FRUTO Y ENDOCARPIO DE NANCHE (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)...	68
RESUMEN	68
ABSTRACT	69
5.1 INTRODUCCIÓN	70
5.2 MATERIALES Y MÉTODOS	71
5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
5.3.1 Morfología del fruto	72
5.3.2 Morfología del endocarpio	74
5.4 CONCLUSIONES	75
5.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

CAPITULO VI. VIABILIDAD Y VIGOR DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE NANCHE (<i>Malpighia mexicana</i> <i>A. Juss. Y Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.) .	79
RESUMEN	79
ABSTRACT	80
6.1 INTRODUCCIÓN	81
6.2 MATERIALES Y MÉTODOS	83
6.3 RESULTADOS	85
6.4 DISCUSIÓN	90
6.5 CONCLUSIONES	91
6.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
CAPITULO VII. GERMINACIÓN Y FENOLOGÍA DE PLÁNTULA DE NANCHE (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	97
RESUMEN	97
ABSTRACT	98
7.1 INTRODUCCIÓN	99
7.2 MATERIALES Y MÉTODOS	100
7.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	101
7.3.1 Fenología de la germinación	101
7.3.2 Características y calidad de las plántulas	105
7.4 CONCLUSIONES	107
7.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
CAPITULO VIII. IMBIBICIÓN EN SEMILLAS RECIÉN COSECHADAS DE NANCHE (<i>Malpighia</i> <i>mexicana</i> A. Juss. Y <i>Birsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	110
RESUMEN	110
ABSTRACT	111
8.1 INTRODUCCIÓN	112
8.2 MATERIALES Y MÉTODOS	114
8.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	115

8.4 CONCLUSIONES	119
8.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
CAPITULO IX. DISCUSIÓN GENERAL	123
9.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
CAPITULO X. CONCLUSIONES GENERALES	131
CAPITULO XI. ANEXOS	133

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
CAPITULO III. Propagación vegetativa de nanche (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. y <i>Byrsonima crassifolia</i> (L) H. B. K.) con diferentes reguladores del crecimiento y sustratos	
	31
1 Influencia del enraizador en los parámetros evaluados	39
2 Sobrevivencia de estacas apicales y sub-apicales de nanche	39
CAPITULO IV. MORFOLOGÍA Y CALIDAD DE FRUTOS Y SEMILLAS DE “NANCHE ROJO” (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.) ...	
	49
1 Calidad de frutos de nanche rojo (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.).....	55
2 Calidad de la semilla y embrión de nanche rojo (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.).....	59
CAPITULO V. MORFOLOGÍA DE FRUTO Y ENDOCARPIO DE NANCHE (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	
	68
1 Características morfológicas y de calidad de frutos de nanche (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.).....	73
2 Características de endocarpios de nanche (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.).....	75
CAPITULO VI. VIABILIDAD Y VIGOR DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE NANCHE (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. Y <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	
	79
1 Porcentaje de embriones viables vigorosos y poco vigorosos de dos especies de nanche en diferentes tratamientos	89
CAPITULO VII. GERMINACIÓN Y FENOLOGÍA DE LA PLÁNTULA DE NANCHE (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.).....	
	97
1 Promedio de características morfológicas de las plántulas de nanche	105
2 Parámetros de calidad en las plántulas de nanche de acuerdo a Dickson	106

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
CAPITULO III. Propagación vegetativa de nanche (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. y <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.) con diferentes reguladores del crecimiento y sustratos	
1	31
Influencia de la época de colecta en estacas sub-apicales a la sobrevivencia	
	38
2	40
Efecto de los sustratos en los tipos de estaca, experimento 1 (Las mezclas son en proporción 3:1 v/v)	
CAPITULO IV. Morfología y calidad de frutos y semillas de “nanche rojo” (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.)	
1	49
Frutos de nanche rojo (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss.), en madurez fisiológica	
	56
2	60
Semilla de nanche rojo. 1: semillas dispuestas en fruto, 2: vista posterior, 3: vista frontal, 4: hilo, 5: posición del embrión en la semilla, 6: testa, 7: rafe y calaza, 8: tegumento, 9: vista frontal del embrión con cotiledones doblados, 10: hipocótilo, 11: radícula y 12: vista posterior del embrión	
CAPITULO V. Morfología de fruto y endocarpio de nanche (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	
1	68
(A) Fruto de nanche (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.) en madurez de consumo, (B) Vista lateral y frontal del endocarpio y (C) testa del endocarpio y embrión dispuesto en su interior	
	74
CAPITULO VI. Viabilidad y vigor de semillas de dos especies de nanche (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. y <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	
1	79
Corte transversal de los endocarpios, en el extremo opuesto a la radícula para acelerar la imbibición	
	85
2	87
Representación esquemática de embriones de dos especies de nanche, <i>Malpighia Mexicana</i> A. Juss (1) y <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K. (2), teñidos con tetrazolio según su viabilidad y vigor	
CAPITULO VII. Germinación y fenología de la plántula de nanche (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.).....	
1	97
Fenología de la germinación de nanche (<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.), y plántula con hojas verdaderas	
	103

CAPITULO VIII. Imbibición en semillas recién cosechadas de nanche (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. y <i>Birsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	110
1 Absorción de agua en semillas escarificadas y completas de dos especies de nanche (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. y <i>Birsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	115
2 Cantidad de agua imbibida (%), en diferentes tiempos (h), en lotes de 100 semillas de dos especies de nanche (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. y <i>Birsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	116
3 Cantidad de agua imbibida (%), en diferentes tiempos (h), en endocarpios y embriones de dos especies de nanche (<i>Malpighia mexicana</i> A. Juss. y <i>Birsonima crassifolia</i> (L.) H. B. K.)	118
CAPITULO XI. Anexos	133
1 Características de frutos de <i>M. mexicana</i>	133
2 Características de frutos de <i>B. Crassifolia</i>	133
3 Prueba de tetrazolio en embriones de <i>B. crassifolia</i>	134
4 Prueba de tetrazolio en embriones de <i>M. mexicana</i>	134
5 Plántulas germinadas de <i>B. Crassifolia</i>	135
6 Experimento de enraizamiento de <i>M. mexicana</i> y <i>B. crassifolia</i> bajo condiciones de invernadero	135
7 Brotación de estaca de <i>M. mexicana</i>	136
8 Estaca enraizada de <i>M. mexicana</i>	136

PROPAGACIÓN ASEJUAL, VIABILIDAD, IMBIBICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE FRUTO, SEMILLA Y PLÁNTULA DE NANCHE (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K. Y *Malpighia mexicana* A. Juss.)

**Maldonado Peralta Maria de los Angeles, DC.
Colegio de Postgraduados, 2015.**

RESUMEN GENERAL

El nanche amarillo (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.), y el nanche rojo y rosa (*Malpighia mexicana* A. Juss.) son originarios de México y producen frutos de consumo regional, con calidad de exportación. Esta investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Se estudió la propagación vegetativa usando diferentes sustratos, enraizadores y tipos de estaca en diferentes estaciones del año. Se evaluó la calidad y morfología de los frutos, semillas y plántulas; así como la condición biológica de los embriones, mediante pruebas de tetrazolio e imbibición de semillas. Las estacas se colectaron en Santa María Zoquitlan, los frutos del nanche rojo en Santiago Matatlán y los de nanche amarillo se adquirieron en la central de abastos, traídos del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. Los resultados mostraron que el uso de estacas leñosas, con hojas, establecidas en turba en el periodo de otoño-invierno presentaron mayor sobrevivencia y brotación, el AIB a 6000 ppm mejoró el enraizamiento; el nanche rojo fue la especie que presentó estacas enraizadas en los dos experimentos, seguido por el rosa que sólo enraizaron estacas sub-apicales de primavera y el amarillo en apicales y sub-apicales de primavera. Los frutos de nanche tienen forma de oblato y presentan calidad de exportación. Los frutos del nanche rojo presentaron heterogeneidad en el color de la pulpa y del epicarpio, son dulces, con alto índice de sabor y calidad en ácido málico; dentro de cada fruto hay tres semillas fibrosas, en forma de cono triangular, frecuentemente dos tienen embrión. El embrión es de color crema, sin endospermo, cotiledones doblados en el ápice y está cubierto de un tegmen delgado. Los frutos de nanche amarillo se consideraron de tamaño mediano, el mesocarpio es color blanco, el epicarpio fue amarillo tendiendo a verde, en su interior hay tres cavidades, para un embrión cada una, pero desarrollan de uno a dos; el endocarpio es leñoso, color café

claro, de forma elíptica, con surcos sinuosos; cuando se desarrollan los tres embriones, la testa ocupa una tercera parte del endocarpio. En la prueba de tetrazolio se encontró que para alcanzar 90 % de viabilidad y vigor, las dos especies requieren acondicionamiento en agua durante 24 h y 48 h en tinción, excepto en la concentración de tetrazolio, donde *B. crassifolia* requiere de 1 % y *M. mexicana* 0.1 %. Se observó la fenología desde la protrusión de la radícula hasta la emisión de hojas verdaderas y se encontró que a esta edad las plántulas presentan calidad. En la imbibición se obtuvo que *B. Crassifolia* presenta latencia física de testa, el embrión absorbe más agua que la testa y *M. mexicana* pierde solutos rápidamente, hubo mayor imbibición en la testa.

Palabras clave: propagación asexual, morfología, calidad, protrusión, absorción.

**ASEXUAL PROPAGATION, VIABILITY, SOAKING AND DESCRIPTION
FRUIT, SEED AND SEEDLING NANCHE (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.
Y *Malpighia mexicana* A. Juss.)**

**Maldonado Peralta Maria de los Angeles, DSc.
Colegio de Postgraduados, 2015.**

GENERAL ABSTRACT

Trees of Yellow (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.), and red and pink nanche (*Malpighia mexicana* A. Juss.) are from Mexico, produce fruits for regional consumption and export quality. This research was conducted at the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Vegetative propagation was studied using different substrates, rooting and types of cuttings collected at different seasons. The quality and morphology of fruits, seeds and seedlings were evaluated. In addition and imbibition of seeds were assessed. The cuttings were collected in Santa Maria Zoquitlan, red fruits nanche in Santiago Matatlan and yellow nanche were acquired in a market originally brought from the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. The cuttings were planted, the fruits were evaluated, seeds were removed, washed, dried and evaluated, the embryos were removed, the seed coat were removed and tested according to the corresponding test treatments. The results showed that the use of woody cuttings with leaves and peat established during the autumn-winter period had higher survival and rooting, the IBA to 6000 ppm improved rooting; Red nanche had rooted cuttings in the two experiments, followed by sub-apical rose cuttings collected in Spring and yellow apical and sub-apical Spring. The fruits of nanche are oblate shaped and have export quality. Red nanche had heterogeneity in flesh color and epicarpio, they are sweet, with a high concentration of malic acid; a fruit three seed were found, triangular cone shape and often both had embryo. The embryo is creamy, without endosperm, cotyledons bent at the tip and is covered with a thin tegmen. Nanche yellow fruits were considered of medium size, the mesocarp is white, and the epicarp was yellow tending to green. Inside the fruit there were three cavities, for each embryo, but only one or two develop; endocarp is woody,

light brown, elliptical, with sinuous grooves, when the three embryos grow, the head occupies a third of the endocarp. Using tetrazolium testing, the viability and vigor was 90 %, both species require conditioning in water for 24 h and 48 h in staining, except tetrazolium concentration varies, since *B. crassifolia* requires 1 % and *M. Mexicana* 0.1 %. Germination phenology was observed from the protrusion to the appearance of true leaves, concluding that at this age we have quality seedlings. From the imbibition test, it was observed that physical latency is present in *B. Crassifolia* Testa, whereas in *M. Mexicana* the embryo absorbs more water than the head and loses solutes quickly and there were more soaking in the head.

Key words: asexual, propagation, morphology, quality, protrusion, absorption.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

En México el nanche de frutos amarillos (*Byrsonima crassifolia* (L) H. B. K.) se conoce como nanche, nance agrio, nanche amarillo, nanche de mezcal o nanchi, y el de frutos rojos y rosas (*Malpighia mexicana* A. Juss.) como nanche, nance, nanche de monte, manzanito y guajocote (Asenjo, 1959; Cravioto *et al.*, 1952; Guizar y Sánchez, 1997); siendo el primero un arbusto caducifolio cuando crece en trópicos secos y un árbol perennifolio cuando se desarrolla en trópicos húmedos, y el segundo un arbusto caducifolio; son hermafroditas pertenecientes a la familia Malpighiaceae (Clasificación de Linnaeus, 1753) (Simão, 1971), ambas especies son originarias de Mesoamérica (Kunh *et al.*, 2012) de consumo regional, donde aún no hay exportación; de tal forma que existe un gran interés en conocer su distribución, usos y domesticación para realizar plantaciones extensivas. Presentan frutos comestibles, ya sea en fresco, conservas, jugos o helados; la planta se usa como cercas vivas, jardinería y medicinal (Morton, 1987). *M. mexicana* se encuentra distribuida en diferentes estados donde aún se considera silvestre y actualmente las plantas han disminuido debido a la sobrepoblación, mientras que *B. crassifolia* ya se ha empezado a cultivar.

El fruto de nanche amarillo presenta demanda por su aroma, sabor tan llamativo y por el contenido nutrimental; sin embargo, aún no existe un método de propagación que permita acelerar la producción y que asegure la continuidad de las características genéticas de las especies (Gómez, 2007). La propagación por estacas es muy variable y su éxito no puede ser garantizado, ya que existen años en los que se logra una buena cantidad de raíces y otros en los que no ocurre lo mismo (Dirr y Heuser, 1987). En México, en varias regiones la gente cosecha frutos de estas especies de manera silvestre o mantienen árboles en sus jardines (Duarte *et al.*, 1996), y las investigaciones en nanche empiezan a ser populares.

El cultivo de las dos especies presenta dificultades para su propagación, primero por el hecho de que no se conoce la longevidad de las semillas, ni los problemas que tiene de latencia; por lo que para obtener una buena germinación, éstas deben manejarse apropiadamente. Jaimes (2009), menciona que los bajos porcentajes de germinación en *B. crassifolia* pueden deberse a las características genéticas del germoplasma, a las condiciones ambientales de los sitios geográficos donde se colectaron los frutos o a que las semillas que producen ambas especies son recalcitrantes, lo que demuestra la falta de investigación en estas especies; por otro lado, las escasas publicaciones realizadas no son muy optimistas sobre la propagación sexual y asexual de las especies, pues los resultados han sido pobres (IIFA, 2000).

La reproducción asexual es una forma de propagación que se ha empezado a utilizar, la cual tiene diferentes beneficios, como es el mantenimiento de las características idénticas de la planta madre, en vez de la variabilidad que producen las semillas, la producción de frutos en menor tiempo y aunque dicha propagación puede ser más costosa, se justifica por la uniformidad de las plantas y la reducción de la juvenilidad, lo que se traduce en menor altura de planta, mejor manejo del cultivo y cosecha (Hartman y Kester, 1987).

Los nombres de *Malpighia emarginata* Sessé y Moc. Ex D.C., *Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* D.C. y *M. mexicana*, han sido considerados como sinónimos del nanche rojo y lo mismo ocurre con los nombres comunes que se han utilizado como acerola, semeruco, cereza, grosella, cereza de Jamaica, nanche roja, etc, (CABI, 2007; Rivas y Gandarilla, 2012). Mientras que el nanche amarillo *B. crassifolia*, ha tenido solo un nombre científico y varios comunes, según el lugar donde se desarrolla; también es considerada una de las frutas exóticas de Centroamérica, donde el método de propagación asexual no se usa y cuando se ha experimentado, los resultados en enraizamiento no siempre son altos (Avilán *et al.*, 1992), lo que trae como consecuencia baja calidad y uniformidad no estandarizada de los frutos (Soriano *et al.*, 1996). Las dificultades del enraizamiento de estacas, involucran una participación tanto de factores relacionados con la propia planta como ambientales, constituyendo uno de los

problemas más serios en la propagación de frutales, siendo por lo tanto importante y necesaria, la búsqueda de técnicas que ayuden en la propagación, como el uso de reguladores de crecimiento, sustratos, temperatura, humedad, etc. (Biasi, 1996; Mayer, 2001).

Se ha observado que los arbustos de acerola o semeruco (*M. emarginata* y *M. glabra*) obtenidos por propagación vegetativa son productivos desde el primer año y con rendimientos satisfactorios (Alves, 1993; Barbeu, 1994), cuando el cultivo es de temporal se presentan entre tres y cuatro picos de producción y si hay riego llega a haber hasta ocho, situación que ha hecho que se le dé importancia a esta forma de propagación; ya que los provenientes de semilla lo hacen a los tres años (Avilán *et al.*, 1992); esto indica, que en nanche se requieren esfuerzos que ayuden a la propagación clonal de plantas selectas con características deseables (Avilán y Soto, 2000).

En diferentes países se han realizado estudios relacionados con la composición química de los frutos de acerola o semeruco, como ácido ascórbico (Antunes *et al.*, 2006; Dambros *et al.*, 2012; Matsuura *et al.*, 2001; Yamashita *et al.*, 2003), fenoles (Hanamura *et al.*, 2005; Vendramini y Trugo, 2000), carotenoides (De Rosso y Mercadante, 2005; Azevedo-Meleiro y Rodriguez- Amaya, 2004), aromas (Pino *et al.*, 2002) y su actividad antioxidante (Riguetto *et al.*, 2005; Hassimotto *et al.*, 2005); también se encuentran algunos trabajos con éxito cuando se ha realizado propagación sexual (Araújo y Minami, 1994; Azerêdo *et al.*, 1994; Azerêdo *et al.*, 2006; García Hoyos *et al.*, 2011; Germano *et al.*, 1994), y asexual (Ferreira y Martins, 1996; Martins y Fereira, 1996; Pires *et al.*, 1996; Laskoswki y Bautista, 1999; Gontijo *et al.*, 2003; Rivero *et al.*, 2005a,b; Soriano, 1996), utilizando estacas de tallo; mientras que en México hay pocos trabajos realizados con especies del género *Byrsonima* y si acaso existen una o dos publicaciones donde se menciona *M. mexicana*, y con diferentes nombres tanto científicos como comunes; todos ellos relacionados con frutos, semillas, germinación o características de alguna parte de la planta, pero en enraizamiento no se ha propuesto nada.

Los reguladores de crecimiento favorecen el enraizamiento de estacas; es decir, auxinas que promueven la emisión de raíces, siendo a la vez importante, la presencia de cierto número de cofactores como: reservas de carbohidratos del tallo y de las hojas (Hartmann y Kester, 2000). La velocidad y porcentajes de enraizamiento varía con la especie, pero además, la naturaleza de las estacas de plantas leñosas, a la cual pertenece *M. glabra* y *M. emarginata* hace más difícil el enraizamiento (Laskowski y Bautista, 1999), como es también el caso de *M. mexicana*. Moratinos *et al.* (2008), estudiaron el efecto de AIB (ácido indolbutírico) a 0, 2500, 5000, 7500 y 10000 ppm en *M. glabra* y *M. emarginata*, para lo cual realizaron cuantificaciones a las 9 semanas del establecimiento, donde evaluaron porcentaje de estacas vivas, brotadas, número de brotes y longitud del brote. Solo encontraron efecto entre especies, siendo *M. glabra* mejor en todas las variables estudiadas; concluyen que las estacas con mayor brotación presentaron enraizamiento y también mayor número de raíces, por tanto la formación de brotes fue un factor imprescindible para el enraizamiento y no hubo necesidad de usar enraizadores.

Otros estudios con la misma especie señalan 53.27, 63.33 y 48 % de enraizamiento en estacas de madera suave al tratarlas con AIB al 100 (Ferreira y Martins, 1996), 200 (Martins y Ferreira, 1996) y 750 ppm (Rivero *et al.*, 2005b), respectivamente. El trabajo de Gontijo *et al.* (2003), señaló un 50 % de enraizamiento, a los 100 días después de la siembra, en estacas con dos pares de hojas recolectadas de la porción media de la rama, y sumergidas en 2800 ppm de AIB. En cuanto a *M. emarginata* se ha obtenido 47.5 % de enraizamiento en estacas de madera verde con tres pares de hojas, tratadas con 5000 ppm de AIB, evaluadas a los 56 días (Rivero *et al.*, 2005a).

Expertos del Centro Internacional de Comercio (ITC, UNCTAD/GATT, Génova) reportan que el fruto del nanche tiene potencial para el mercado internacional, debido a las cualidades nutrimentales, antioxidantes, nutraceuticas, medicinales y múltiples usos que presenta (Barbeau, 1994), así como por el ambiente en el que se desarrolla; sin embargo,

en México se ha dado poca atención a los estudios relacionados con la conservación y propagación de las diferentes especies de nanche, no existiendo métodos definidos para las etapas de desarrollo del cultivo, ni otro tipo de avances tecnológicos. Considerando lo anterior, los objetivos de esta investigación se presentan a continuación.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el enraizamiento de estacas apicales, sub-apicales, con hojas y sin hojas, utilizando diferentes promotores del crecimiento y sustratos para promover el enraizamiento; así como evaluar la viabilidad, imbibición y la caracterización morfológica de fruto, semilla y plántulas de dos especies de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L) H. B. K. y *Malpighia mexicana* A. Juss.) colectadas en Santa María Zoquitlán, Santiago Matatlán y el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca México.

1.1.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de auxinas AIB (ácido indolbutírico) y sustratos en el enraizamiento de estacas apicales y sub-apicales de nanche; y, estudiar el enraizamiento de estacas leñosas con hojas, usando diferentes reguladores del crecimiento.

Evaluar la calidad y caracterizar la morfología de frutos y semillas del nanche rojo recolectados en Santiago Matatlán, Oaxaca, México.

Determinar el tiempo de acondicionamiento, tinción y concentración de tetrazolio para evaluar la viabilidad y el vigor de las semillas de dos especies de nanche (*M. mexicana* y *B. crassifolia*).

Estudiar los caracteres físicos y morfológicos del fruto y semilla de nanche *B. crassifolia* colectados en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México.

Evaluar la morfología de la germinación, desde la protrusión hasta la emisión del segundo par de hojas en el nanche *B. crassifolia*.

Estudiar la imbibición de dos especies de nanche, sometidas a diferentes tratamientos para determinar su comportamiento en el proceso de germinación.

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis general

El uso de promotores del crecimiento y sustratos tienen efecto positivo en el enraizamiento de estacas de las dos especies de nanche. Existen diferencias en la calidad y la morfología de frutos, semillas y embriones; el acondicionamiento, concentración y tiempos de tinción con tetrazolio en los embriones, varían con la especie. Existen diferencias en los tiempos de imbibición en las dos especies de nanche.

1.2.2 Hipótesis específicas

El uso de promotores del crecimiento y sustratos tiene efecto en el enraizamiento de estacas apicales y sub-apicales, con y sin hojas de las diferentes especies de nanche.

La calidad de frutos y semillas y características del nanche rojo (*M. mexicana*) recolectados en Santiago Matatlán, Oaxaca es variable.

Determinar la condición biológica de los embriones, la concentración de tetrazolio, tiempo para imbibición y tinción adecuada, es importante para la evaluación de la viabilidad y vigor de las semillas de dos especies de nanche (*M. mexicana* y *B. crassifolia*).

Existe variación de los caracteres físicos y morfológicos del fruto y semilla de nanche *B. crassifolia* colectados en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México.

Los tiempos de imbibición son variables en las semillas de dos especies de nanche.

1.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves R E (1993). Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.), fisiologia da maturacao e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente modificada. Tesis (M.Sc.). Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Lavras, Brasil. pp. 99.
- Antunes A M, J Valmórbida, O Ono E, D Rodrigues J (2006). Uso de reguladores vegetais na conservação refrigerada de acerolas (*Malpighia glabra* L.). *Ciência e Agrotecnologia*. 30:1241-1245.
- Araújo P S R y K Minami K (1994). Acerola. Campinas, Brasil. Fundação Cargill. pp. 81.
- Asenjo F C (1959). Aspectos químicos y nutritivos de la acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). *Ciencia*. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas. Departamento de Bioquímica y nutrición, Escuela de Medicina, Universidad de Puerto Rico, San Juan 22, Puerto Rico. 21:109-118.
- Avilán L, F Leal y D Bautista (1992). Manual de Fruticultura. Principios y manejo de la producción. Segunda edición. Editorial América, C.A. Venezuela. pp. 1469.
- Avilán L y E Soto (2000). Situación de la fruticultura a nivel nacional. En: Del Valle, R., F. Moreno, S. Roa, W. Briceño, M. Ramírez (Eds.). Resúmenes VII Congreso Nacional de frutales. Universidad Nacional experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, Venezuela. 1-7 pp.
- Azerêdo G A, V Matos P, A Lima A, A da Silva y A Medeiros G (2006). Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia puniceifolia* D.C.) influenciada pelo substrato, temperatura e coloração de frutos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 36:7-11.
- Azerêdo G A, V Matos P, M L Germano A R y A de Lima A (1994). Efeito da temperatura e períodos de embebição na germinação de sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.). p. 68-69. In Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13. Salvador-BA. pp. 1211.
- Azevedo-Meleiro C H y Rodriguez-Amaya D B (2004). Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Journal Food Composition Analysis*. 17:385-396.

- Barbeau G (1994). Tropical fruit trees in the non french caribbean. Crops, exports, trends. *Fruits*. 49:335–339.
- Biasi L A (1996). Empleo do estiolo na propagação de plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria. 26:309–315.
- CAB International (2007). *Protección del Cultivo de Compendio*, Wallingford, Inglaterra.
- Cravioto O R, G Massieu H, J Guzman G y J Calvo de las T (1952). Valor nutritivo de las plantas alimenticias de Yucatán. Del Instituto Nacional de Nutriología, Secretaría de Salubridad y Asistencia, México, D. F. 328–339 pp.
- Dambros I J, M Seifert, T Kmiecik e J Severo (2012). Atividade antioxidante de pequenos frutos: acerola (*Malpighia emarginata*), batinga (*Batinga spp.*), gravatá (*Bromelia plumieri*), physalis (*Physalis peruviana*) e morango (*Fragaria x ananassa*) cv. Camarosa. Pelotas - Rio Grande do Sul – Brasil. VI Simpósio Nacional do Morango y V Encontro Sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul. pp. 134.
- De Rosso V y A Mercadante (2005). Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) from two harvests. *Food Research International*. 38: 1073–1077.
- Dirr M A y R Heuser J (1987). *The Reference Manual of Woody Plant Propagation; From Seed to Tissue Culture*. EEUU. Varsity Press. pp. 345.
- Duarte O, M Huete y P Ludders (1996). Propagation of Jaboticaba by terminal leafy cuttings. *Proc. Interamerican. Society Tropical Horticulture* 40:57–60.
- Ferreira R y A Martins (1996). Efeito do ácido indolbutírico (AIB) e da sacarose no enraizamento de estacas herbáceas de acerola (*Malpighia glabra* L.). En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds.). Curitiba, Brasil. pp. 33.
- García-Hoyos A, J Sánchez-Robles, L A García-Hernández y F de León-González (2011). Reproducción sexual e influencia de sustratos en el desarrollo de *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae). *Polibotánica*. 32:119–133.

- Germano M L A R, V Matos P, G de Azeredo A y A Lima A (1994). Influência de diferentes substratos na germinação de sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.). p. 70-71. In Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13, Salvador-BA. pp. 1211.
- Gómez T C J R (2007). Propagación de la pimienta de Jamaica (*Pimenta dioica*) por estacas terminales con hojas. Zamorano, Honduras. Proyecto de Tesis. 1-6 pp.
- Gontijo A T C, J Darlán R, V Mendonça, R Pio, S E de Araújo N y F L de Oliveira C (2003). Rooting of different types of acerola cuttings using indol butiric acid. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal. 25:290-292.
- Guizar E y A Sánchez V (1997). Guía para el conocimiento de los principales árboles del alto balsas, México. Universidad autónoma Chapingo. 109-146 pp.
- Hanamura T, T Hagiwara y H Kawagishi (2005). Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruit. Bioscience Biotechnology and Biochemistry. 69:280-286.
- Hartmann H T y D Kester (1987). Propagación de plantas; 2 ed. México. CECSA. pp. 760.
- Hartmann H y D Kester (2000). Propagación de plantas. Principios prácticos. Octava edición. Editorial continental. México. pp. 760.
- Hassimotto N M, M I Genovese and F M Lajolo (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53:2928-2935.
- IIFA (2000). Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. Propagación de la *Pimenta dioica*: Sobre la multiplicación de la Pimienta de Jamaica. (En línea). Consultado: mayo 2014. Disponible en www.bvs.sld.cu/revistas/pla/vol5_2_00/pla05200.htm
- Jaimés A C (2009). Caracterización morfológica de fruto y semilla de nanche *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth y su relación con la capacidad germinativa. Tesis para obtener el grado de maestra en ciencias. Colegio de Postgraduados Montecillo. 1-92 pp.

- Kunh R P, A Zecca R e R Trevisan (2012). Influência do ácido idolbutírico e do substrato no enraizamento de estacas de acerola. Pelotas - Rio Grande do Sul – Brasil. VI Simpósio Nacional do Morango y V Encontro Sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul. pp. 146.
- Laskoswki L y D Bautista (1999). Características anatómicas de raízes adventicias en estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* D.C.) tratadas con ácido indolbutírico. Bioagro. 11:88–96.
- Martins A y R Ferreira (1996). Efeito do tratamento de estacas herbáceas de acerola com auxinas (AIB e ANA) em diferentes doses. En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds). Curitiba, Brasil. pp. 32.
- Matsuura A F C, R Cardoso L, M I da Folegatti S, J R Oliveira P, J A Oliveira B de and D Dos Santos B (2001). Physicochemical evaluation in fruits from different genotypes of barbados cherry (*Malpighia puniceifolia* L.). Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal - SP. 23:602–606.
- Mayer N A (2001). Propagação assexuada do porta-enxerto umezeiro (*Prunus mume* Sieb & Zucc.) por estacas herbáceas. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. p. 109.
- Moratinos P, E Flores, Á Gomez y M Ramirez-Villalobos (2008). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.). *Revista. Facultad de Agronomía*. 3:405–420.
- Morton J F (1987). Barbados Cherry In: Fruits of warm climates Miami, FL. 204–214 pp.
- Pino J A, R Marbot y J Agüero (2002). Volatile components of бага (*Annona glabra* L.) fruit. *J Essent Oil Res*. 14:257–258.
- Pires E, N Suassuna, J Dos santos, W Okasaki y R Musser (1996). Comportamento de estacas subterminais de quatro seleções de aceloreira (*Malpighia glabra* L.) em ambiente de câmara úmida. En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds). Curitiba, Brasil. pp. 30.

- Righetto A M y M Netto F (2005). Effect of encapsulating materials on water sorption, glass, transition and stability of juice from immature acerola. *International Journal of Food Properties*. 8:337–346.
- Rivas B O y H Gandarilla B (2012). Fitonematodos asociados a cereza (*Malpighia puniceifolia* L.) en la provincia de Granma, Cuba. *Fitosanidad*. 16:175–177.
- Rivero G, M Ramírez, B Caraballo y R Guerrero (2005a). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC). *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*. 22:130–142.
- Rivero G, R Guerrero y M Ramírez (2005b). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.). *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*. 22:34–41.
- Simão S (1971). Cereja das Antilhas. In: Manual de fruticultura. São Paulo: Agronômica CERES. 477–485 pp.
- Soriano G L (1996). Propagación del nance (*Byrsonima crassifolia*) mediante estacas terminales con hojas y leñosas. Tesis de Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. pp. 23.
- Vendramini A L y C Trugo L (2000). Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. *Food Chemistry, Toronto*. 71:195–198.
- Yamashita F, M Benassi de T, A Tonzar C, S Moriya y J Fernandes G (2003). Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. *Ciência Tecnologia Alimentos, Campinas*. 23: 92–94.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL NANCHE

El nanche, es uno de los frutales con la posibilidad de una amplia comercialización en el mundo; los frutos de esta planta se consumen frescos, además son ampliamente utilizados en la industria alimentaria como aditivo nutritivo de muchos subproductos, debido a su alto contenido de vitamina C (ácido ascórbico) (Maia *et al.*, 2007); los nanches también tienen usos ornamentales, por su follaje frondoso y el color rojo o amarillo de sus frutos que contrastan con el verde de las hojas (Avilán *et al.*, 1992). El elevado valor nutritivo de los frutos de esta planta permiten suplementar requerimientos nutrimentales de la población ofreciéndolos en mercados nacionales e internacionales (Arenas *et al.*, 2000).

El nanche es un árbol o arbusto que crece en zonas tropicales y sub-tropicales, puede cultivarse desde los 0 hasta los 1600 m de altitud; sin embargo, los frutos con mayor contenido de ácido ascórbico son los de árboles que crecen en altitudes inferiores a los 1000 m (Asenjo, 1959; Calvo, 2007). Presenta flores hermafroditas, perfectas, que surgen inmediatamente después del crecimiento vegetativo; por otro lado, la producción de semillas se ve limitada por la polinización, provocando una escasez de éstas aptas para la germinación y por consecuencia una baja producción de plántulas (Peñalosa *et al.*, 2001). A continuación se presentan algunas características de las especies investigadas:

***Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.:** es un arbusto caducifolio y perennifolio o árbol perennifolio, que crece desde 2 a 15 m de altura, de tallos y tronco en forma cilíndrica color café oscuro o grisáceo con escamas (Jaimes, 2013), la corteza interna tiene color rojo marrón que al cortarse se oxida rápidamente. Las hojas son simples, alargadas de margen entero, verdes en el haz y verde amarillo con tricomas en el envés (Vázquez-Yáñez *et al.*, 1999). Las flores crecen en racimos en ramas terminales, tienen cáliz con cinco sépalos y cinco lobulillos ovalados, la corola tiene cinco pétalos con margen

aserrado, color amarillo cuando son recién abiertos y se tornan a naranja cuando son senescentes, ovario súpero (Cordero y Boshier, 2003; Pennington y Sarukhan, 2005). Los frutos son globosos y se presentan en racimos, , tienen forma de oblato, exocarpio color amarillo, naranja, café y amarillo verdoso, pulpa color blanca a crema, agrídulce que cubre al endocarpio color café oscuro, duro, leñoso, con surcos sinuosos de forma circular a elíptica, que en su interior presenta de uno a tres embriones en forma de espiral, cotiledones grandes sin endospermo, de color crema cubiertos por un tegumento delgado color café claro (Maldonado-Peralta *et al.*, 2014).

***Malpighia mexicana* A. Juss.:** es un arbusto caducifolio, con uno o varios tallos ramificados desde la base (Araújo y Minami, 1994), presenta una altura de entre 2 a 5 m, tallos tortuosos, corteza rugosa, color café claro a crema (Mezadri *et al.*, 2006), las hojas son opuestas, peciolo corto, laceoladas, con bordes enteros, el haz es verde con tricomas dispersos y el envés verde blanquecino cubierto de tricomas (Barboza *et al.*, 1996). Las flores se distribuyen en racimos axilares, en ramas del año anterior y en aquellas en crecimiento (Gonzaga Neto y Soares, 1994; Miyashita *et al.*, 1964), tienen cinco pétalos aserrados, uno de mayor tamaño, son de color rosa a lila y crema cuando son senescentes, un cáliz con seis a diez sépalos rodeados de glándulas, tiene diez estambres unidos en la parte inferior con filamentos, gineceo tricarpelar, ovario súpero globular fusionado con tres lóculos y tres pistilos (Gomes *et al.*, 2001; Simão, 1971).

El fruto es una drupa carnosa en forma de oblato liso o arriñonado, el epicarpio es delgado color rojo brillante, guinda, naranja y rosa, la pulpa es blanca a rosa, lila o morada, sabor dulce o agrídulce, en su interior se encuentran tres endocarpios unidos en forma cono-triangular, fibrosos, leñosos color crema a café claro, cada endocarpio presenta un embrión en forma ovalada, aplanado con los ápices de los cotiledones doblados (Almeida *et al.*, 2002) y en el otro extremo la radícula, es de color blanco a crema, cubierto con un tegumento delgado café claro (Medeiros, 2010) y tiene un hilo hundido, color café oscuro en forma de corazón.

2.2 PROPAGACIÓN

La propagación es la multiplicación o incremento en el número de plantas; hay plantas tropicales que se reproducen de forma sexual y otras asexual (vegetativamente); la reproducción sexual es la formación de nuevos individuos a partir de dos progenitores (masculino y femenino); mientras que la reproducción asexual es la formación de nuevos individuos partiendo de un sólo progenitor, siendo una copia genética exacta o un clon, para la cual se usan técnicas como injertos, acodos, cultivo de tejidos, estacas, etc., en el caso de tropicales es común la propagación por semilla, pero éstas varían en el tiempo de viabilidad y la descendencia puede ser idéntica a los progenitores o altamente variable lo que depende de la especie (Osborne y Balerdi, 2014).

Cuando se quiere propagar plantas es importante conocer los métodos más apropiados, que aseguren la obtención de plantas uniformes y de calidad (Gomes *et al.*, 2000). El nanche se puede propagar por semilla, pero ello origina algunas desventajas, como huertos con plantas con segregación hereditaria (Martins y Oliveira 2001), que se manifiesta en la variación de cantidad y calidad del fruto (Santana, 1982). Los endocarpios que contienen a las semillas verdaderas presentan una estructura lignificada, lo que hace difícil la imbibición y dificulta la función apropiada de los cotiledones para iniciar el desdoblamiento de los carbohidratos almacenados (Guerrero, 1993). Por tanto, esta es una área de investigación poco explorada y representa una oportunidad para realizar diversos estudios sobre esta especie, que ayuden a fortalecer alternativas tecnológicas y permitan incrementar la productividad en las zonas donde se cultiva (González y Rodríguez, 1998).

Las Malpighiaceas en general se caracterizan por tener bajo poder germinativo; es por ello, que la propagación a partir de semillas es poco efectiva; en estudios realizados por Araújo y Minami (1994), Azerêdo *et al.* (1994), Barboza *et al.* (1996), y Germano *et al.* (1994), se reporta alrededor del 20 y 30 % de germinación. La propagación es posible también por la forma asexual, ya sea mediante el uso de enraizamiento de estacas,

acodos, o por injertos (Calvo, 2007); también se menciona que para realizar la propagación por medio de estacas, se deben seleccionar aquellas verdes en estado semileñoso, pasarlas por un proceso de desinfección, aplicación de fitohormonas tales como ácido naftalenacético (ANA) o ácido indolbutírico (AIB) (Kunh *et al.*, 2012), para acelerar y aumentar el enraizamiento, así como la brotación.

2.2.1 Propagación sexual

Para aumentar la tasa y la uniformidad de germinación en especies con semillas de endocarpio duro, como es el caso del nanche, se pueden aplicar diversos tratamientos; dentro de estos se encuentran la escarificación manual, escarificación física, con agua a diferentes temperaturas, calor seco, calor húmedo, frío seco y radiación; y, escarificación química, con soluciones ácidas, solventes orgánicos, sustancias estimuladoras de germinación como KNO_3 y reguladores de crecimiento (Radhamani *et al.*, 1991); sin embargo, sobre la eficiencia de tratamientos para lograr incrementar el porcentaje de germinación en semillas de estas especies de nanche poco se ha estudiado y puesto en práctica, lo que ha traído como consecuencia bajos resultados y al mismo tiempo, se constituye como una excelente alternativa de investigación.

Las semillas de *Malpighia puniceifolia* D.C. presentan baja tasa de germinación, que se le atribuye al uso de semillas de frutos verdes y a la malformación del embrión; a menudo se han encontrado porcentajes menores al 50 % (Gómes, 2001). Resultados similares se han reportado en *B. crassifolia*, donde a los 22 días después de la siembra solo se alcanzó hasta un 30 % de germinación (Vega *et al.*, 1981); cuando se escarificó el endocarpio con una lija, se obtuvo 35 % y solo 19 % de germinación en el testigo (Guerrero 1993). La germinación del nanche es epígea y pocos autores han trabajado con tratamientos a estas semillas, pero la mayoría coinciden en que el tiempo de inicio de germinación es entre los 12 y los 30 días después de la siembra (Barboza *et al.*, 1996; Ferreira y Ribeiro, 2006; Jaimes, 2009; Jaimes, 2013; Jaimes *et al.*, 2014; García-Hoyos *et al.*, 2011).

La temperatura actúa en la velocidad de absorción del agua (Carvalho y Nakagawa, 2000), y la germinación ocurre entre ciertos límites; Por ejemplo, una temperatura óptima, es determinante para que se de el máximo número de semillas germinadas en un tiempo mínimo (Floss, 2004). Azerêdo *et al.* (2006) evaluaron el efecto de la temperatura y sustratos sobre la viabilidad de las semillas de *M. puniceifolia* y la germinación mediante el uso de diferentes sustratos y el color del fruto. Para el primer experimento se utilizaron endocarpios de frutos rojos, que se pusieron a remojar durante 48 h, y luego a germinar en arena y vermiculita a una temperatura de 25 y 30 °C; en el segundo se utilizaron endocarpios de frutos rojos y verde-amarillo que se sembraron en vermiculita, arena, arena-estiércol (3:1 v/v) y composta. Los mejores resultados se obtuvieron cuando se usaron frutos rojos y una mezcla de arena-estiércol, con 66.19 %.

Otros autores mencionan que la combinación de tratamientos mecánicos con químicos mejoran considerablemente la germinación; así, Guadarrama (2000), en *M. mexicana*, evaluó la escarificación mecánica e inmersión en ácido giberélico (AG₃) a 500 y 1000 ppm, durante 24 h, escarificación mecánica con Nitrato de Potasio (KNO₃) al 1 %, y un testigo, usando semillas extraídas del endocarpio, la germinación fue a 25 °C con oscuridad las 24 h. Se encontró que la escarificación mecánica combinada con AG₃ a 500 y 1000 ppm, promovió 80 y 60 % de germinación, respectivamente; mientras que en el caso del KNO₃, sólo el 26.6 %, siendo mejor que éste el testigo, con 43.3 % de germinación: debido a esto, se dice que las semillas de *M. mexicana*, presentan latencia primaria, que se puede disminuir o eliminar mediante la aplicación de tratamientos mecánicos y con el uso de ácido giberélico.

Loaiza (2004), en *B. crassifolia* aplicó tratamientos con agua caliente a diferentes tiempos de inmersión, remojo en AG₃ a 2000 y 4000 ppm por 24 h y un testigo, sembradas en cajas de madera con suelo franco-arena (3:1 v/v) y 50 % de sombra. Los resultados mostraron 85 y 95 % de germinación cuando se usaron 2000 y 4000 ppm de AG₃, en comparación al testigo, que apenas alcanzó 22.5 %. Por tanto, se recomienda tener mucho cuidado con los tratamientos usados para no dañar el embrión, ya que aunque

estas semillas parecen muy duras, la falta de estudios y experiencias provocan situaciones inesperadas, como fue el caso de Cuenca *et al.* (2003), quienes escarificaron con ácido sulfúrico concentrado por 30 min y temperatura de 20 a 25 °C, y no obtuvieron germinación.

Jaimes (2006), utilizó semillas de *B. crassifolia* con diferentes tratamientos pregerminativos, temperatura de 30 °C e iluminación durante 24 h, colocadas en papel filtro esterilizado en cajas de Petri, y obtuvo entre 30 y 50 % de germinación, mientras que las semillas en el testigo no germinaron. Vaquero (2005), evaluó tratamientos con agua caliente y AG₃ a 3000 ppm por 24 h, y obtuvo 25.3 % de germinación cuando el tiempo de inmersión de las semillas en el agua caliente fue de 3 segundos y luego tratadas con AG₃.

Por la variedad de situaciones y resultados observados en otras investigaciones, se infiere que las semillas de nanche requieren la aplicación de tratamientos simples y combinados, así como estrategias que permitan resolver los problemas de latencia, recalcitrancia, etc., para aumentar los porcentajes y acelerar el tiempo de germinación. Araújo y Minami (1994), mencionan que las semillas de *M. puniceifolia* presentan un bajo poder germinativo (entre 15 y 30 %), que se atribuye a anomalías en la formación del óvulo, degeneraciones del saco embrionario e ineficiencia de la polinización. Las condiciones de temperatura (18 °C), humedad (25 %) y tipo de sustrato, son factores que contribuyen a mejorar los porcentajes de germinación (Azeredo *et al.*, 1994; Germano *et al.*, 1994).

González-García (1993), con el objetivo de uniformizar y estimular la rapidez de la germinación, probó tratamientos pregerminativos en semillas de *B. crassifolia*, tales como: escarificación física, química y autoescarificación (fermentación de semillas). En la escarificación química con ácido sulfúrico probó concentraciones de 2, 5, 10, 15 y 25 %

y obtuvo 52, 49, 45.3, 11 y 8.8 % de germinación; sin embargo, cuando usó autoescarificación de 25, 20 y 10 días, encontró 77.3, 74.5 y 69.4 %, respectivamente; mientras que la escarificación física no resultó efectiva, debido a que la extracción de los embriones fue difícil y se dañaron.

2.2.2 Propagación asexual

Desde el principio de la humanidad se han tratado de encontrar nuevas tecnologías y metodologías para la propagación de especies vegetales, que ayuden a mejorar la calidad de los cultivos, y que se disminuya el tiempo, trabajo, costos y espacio; garantizando así, el desarrollo de las especies y que se adecuen a las necesidades de los agricultores; siendo la propagación asexual muy útil, pues garantiza la homogeneidad y calidad de las cosechas del material previamente seleccionado por sus características deseables (Ramos, 2011).

Moratinos *et al.* (2008), realizaron enraizamiento en *Malpighia glabra* L. y *Malpighia emarginata* Sessé y Moc. Ex D.C., para ello utilizaron estacas con 3 pares de hojas, 15 cm de largo y 5 mm de diámetro, sembradas en abono de río-fibra de coco-humus de lombriz (4:1:1 v/v), y diferentes concentraciones de AIB, logrando en la primer especie 45.1 % y en la segunda 52.3 % de estacas enraizadas; concluyeron que aún persiste la necesidad del uso de técnicas de enraizamiento, usando diferentes tratamientos a la estaca y diferentes mezclas de sustratos. En las estacas de nanche, es de trascendental importancia el tiempo que tardan para emitir raíces; Moratinos *et al.* (2008), mencionan que a las 9 semanas de establecido el experimento (63 días), encontraron que algunas estacas no enraizaban, por lo que las colocaron en cámaras húmedas y después de 4 semanas se observó la formación de raíces en la mayoría de ellas; sin embargo, cuando se evalúan hasta los 100 y 79 días, se obtienen mejores resultados (Gontijo *et al.*, 2003; Vargas *et al.*, 1999).

En el enraizamiento de *B. crassifolia* utilizando estacas terminales y leñosas con hojas, sembradas en musgo-arena (1:1) y arena sola, con 70 y 90 % de sombra, en el mes de febrero y en mayo, evaluadas a los 10 meses, se encontró que la mezcla de musgo-arena y 70 % de sombra presentó enraizamiento de 37 y 66 % para los meses de siembra, respectivamente, superando estadística y numéricamente a la arena sola y a la sombra de 90 %, por lo que Duarte *et al.* (2003), concluyen la necesidad de seguir insistiendo en repetir experimentos durante todo el año hasta lograr resultados confiables y que es muy importante utilizar estacas semileñosas con hojas o recurrir a realizar acodos aéreos o injertos.

2.3 SUSTRATOS

Asegurar la producción sustentable, mediante la aplicación de metodologías de manejo, es una de las principales técnicas para el mejoramiento de la diversidad y del desarrollo económico (Ferreira y Ribero, 2006). El nanche es un cultivo que presenta buena adaptación a diferentes tipos de suelos, ya que produce tanto en arenosos como en arcillosos, siendo excelentes para su desarrollo y producción, aquellos de fertilidad media y los arcillo arenosos son adecuados para el cultivo, debido a que retienen humedad, hay poco encharcamiento y tienen un pH entre 4.5 y 6.5 (Calvo, 2007). Para que un sustrato sea útil desde los primeros estadios de desarrollo, debe presentar propiedades físicas y químicas adecuadas, proporcionar retención de agua, estructura, aireación y capacidad para activar los procesos microbianos, que auxilie en la regulación de temperatura y favorezca el desarrollo, ya que en esta etapa, la planta es muy susceptible al ataque de microorganismos y al déficit hídrico (Scalon *et al.*, 2011).

Rivero *et al.* (2005a), utilizaron cachaza de caña de azúcar-abono de río (1:1), humus de lombriz-abono de río (1:3), fibra de coco-abono de río (1:1) y hojarasca-abono de río (2:1) todo en v/v, con 5000 ppm de AIB, para el enraizamiento de estacas apicales de *M. emarginata*, a los 2 meses de establecido el experimento se evaluó el porcentaje de

estacas vivas, con brotes y enraizadas, número y longitud de raíces. Se observó que la cachaza de caña de azúcar y abono de río presentaron 47.5 % de enraizamiento y un promedio de 5.02 cm en longitud de raíces, se concluyó que el AIB promueve el número, longitud y porcentaje de enraizamiento, y favorece la brotación apical.

2.4 USO DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO

De acuerdo a lo observado y a los estudios realizados en nanche, se ha visto que la mayoría de los autores han encontrado entre 50 y 60 % de enraizamiento; usando diferentes sustratos, enraizadores y tipos de estaca. Araújo y Minami (1994), Biasi *et al.* (1997), Ferreira y Martins, (1996), Gontijo *et al.* (2003), Martins y Ferreira, (1996), Moratinos *et al.* (2008), Musser *et al.* (1987), Rivero *et al.* (2005a), Rivero *et al.* (2005b) y Silva, (1998), mencionan que para tener éxito en el enraizamiento de estacas de nanche, es importante la presencia de hojas en combinación con el uso de reguladores del crecimiento que propicien el desarrollo de las raíces; sin embargo, la literatura menciona que las concentraciones que mejor efecto han mostrado son entre 100 hasta 2800 ppm de AIB.

Dentro del grupo de los reguladores del crecimiento se encuentran las auxinas, que son esenciales en el proceso de enraizamiento, ya que posiblemente estimulan la síntesis de etileno, favoreciendo el desarrollo de raíces (Norberto *et al.*, 2001). También es muy importante que haya un balance hormonal endógeno adecuado, especialmente entre auxinas, giberelinas y citocininas, en otras palabras, un equilibrio entre promotores e inhibidores de los procesos de la iniciación radical; la manera más común de promover ese equilibrio es la aplicación de reguladores de crecimiento sintéticos, como el AIB (ácido indolbutírico), que ayuda a aumentar los niveles de auxinas en el tejido (Pasqual *et al.*, 2001).

Otro aspecto importante es la sensibilidad del tejido u órgano a las auxinas, que puede variar con la edad y las condiciones ambientales; entre estos, los que probablemente desempeñan un papel más importante son: la concentración de los receptores hormonales, la efectividad de la unión receptor hormona y la cadena de acontecimientos que sucede con posterioridad a dicha unión, de la que depende la respuesta final. Para algunos autores la respuesta hormonal está condicionada únicamente por la sensibilidad, aunque, la opinión más extendida es que tanto la variación de la concentración como la sensibilidad frente a las auxinas son importantes en la acción hormonal (Acosta *et al.*, 2000; Ramírez-Villalobos *et al.*, 2004).

Soriano (1996), realizó pruebas de enraizamiento en *B. crassifolia* durante 2 años, usando estacas terminales con brotes en crecimiento activo, en un propagador húmedo de polietileno transparente. En el primer año se prepararon las estacas adicionando 0, 1000 y 3000 ppm de AIB (ácido indol-3-butírico) y heridas en la base, colocadas en bandejas de arena bajo una cámara cerrada y sombra de 60 %; mientras que en la misma época del segundo año se usó arena y una mezcla de arena-musgo (1:1 v/v), 70 y 90 % de sombra, con 3000 y 8000 ppm de AIB. En el primer experimento con 0, 1000 y 3000 ppm de AIB se obtuvo 28, 69 y 56 % de enraizamiento, respectivamente, las heridas en la base de la estaca resultaron desfavorables y el enraizador con 1000 ppm presentó raíces con una longitud de 7.2 cm en promedio, superando al AIB 3000 y al testigo, los cuales presentaron raíces más cortas, de 4 y 2.3 cm. En el segundo año, donde se utilizó 70 % de sombra, se tuvo un enraizamiento de 50 % en arena y 66 % en arena-musgo, teniendo mayor número de raíces en el primer sustrato, en este el uso de AIB en 1000 ppm favoreció el enraizamiento.

Guerrero *et al.* (2005), estudiaron el efecto del AIB en concentraciones de 0, 750, 1500, 3000 y 4500 ppm en el enraizamiento de estacas apicales y sub-apicales de *M. glabra* sembradas en abono de río, donde evaluaron: porcentaje de estacas vivas, enraizadas, estacas con brotes, número y longitud de raíces. Se encontró que la mayoría de las

estacas estaban vivas (92 y 100 %), el AIB en concentración de 750 ppm originó mayor porcentaje y número de raíces, mientras que a 1500 y 3000 ppm presentaron mayor formación de brotes en los dos tipos de estaca, y las estacas apicales con 1500 ppm de AIB mostraron raíces más largas.

2.5 IMPORTANCIA DE LA PRESENCIA DE HOJAS EN LAS ESTACAS

La presencia de hojas en estacas ayuda al proceso de formación de raíces, auxiliando en el transporte de sustancias promotoras del enraizamiento, aunque hay mayor pérdida de agua por transpiración (Costa Júnior, 2000). Bueno (1995), Musser *et al.* (1987), citados por Gontijo *et al.* (2003), concluyen que la utilización de auxinas, asociada a la presencia de hojas, favorece el aumento del porcentaje de estacas enraizadas de *M. glabra*.

Kunh *et al.* (2012), evaluaron estacas de *M. emarginata* ó *M. puniceifolia* donde utilizaron ramas semileñosas con dos pares de hojas cortadas a la mitad; tomadas de plantas madres seleccionadas y posteriormente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5 % durante 5 min, la base de las estacas fue sumergida en una solución de 2000 ppm de AIB y en agua destilada como testigo por 5 seg. Después fueron sembradas en tubetes de polietileno a una profundidad de 15 cm, llenados con los sustratos plantimax®, arena y una mezcla de éstos al 1:1, en proporción v:v, colocados en un invernadero con un diseño experimental en bloques completos al azar con 5 repeticiones de 9 estacas por parcela. La evaluación se realizó a los 88 días, donde se consideraron las siguientes variables: porcentaje de estacas vivas, enraizadas y muertas, y presencia de las hojas. Se encontró que la arena como sustrato junto con el AIB presentaron 46 % de enraizamiento, el mejor porcentaje de estacas vivas se encontró en arena sin AIB y en Plantimax® con AIB (84.5 %), la presencia de hojas vivas y el porcentaje de estacas vivas no fueron significativos; concluyen que la concentración de AIB utilizado junto con la arena y la mezcla determinaron los mejores porcentajes de enraizamiento.

Gontijo *et al.* (2003), evaluaron estacas de *M. glabra* sin hojas, con uno y dos pares de hojas, cuatro concentraciones de AIB (1600, 2000, 2400 y 2800 ppm) y un testigo sin enraizador. Se usaron estacas de 15 cm de longitud sumergidas 5 segundos en el AIB, y sembradas en bandejas de plástico con vermiculita, la siembra se realizó en invernadero con temperaturas controladas. A los 100 días se evaluó: porcentaje de enraizamiento, longitud y peso seco de raíz, encontrándose que las estacas con dos pares de hojas y 2800 ppm de AIB presentaron 50 % de enraizamiento y 9 cm de longitud de raíces y por tanto mayor peso seco. Concluyen que la presencia de hojas en estacas de nanche son importantes para el enraizamiento, ya que en estacas sin hojas no hubo formación de raíces.

2.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta E M, J Sánchez B y M Bañón A (2000). Auxinas. En: Azcón J y M Bieto (Eds.). Fundamentos de fisiología vegetal. Primera Edición. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Edicions Universitat de Barcelona. 305–323 pp.
- Almeida J I L, G V Lopes J y M M Oliveira F (2002). Produtos de Acerola. Fortaleza- CE: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico. pp. 40.
- Araújo P S R y K Minami K (1994). Acerola. Campinas, Brasil. Fundação Cargill. pp. 81.
- Arenas L, N Laguado y M Marín (2000). Contenido de vitamina C en algunas especies frutales de origen tropical. En: Resúmenes VII congreso nacional de frutales. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, Venezuela. pp. 163.
- Asenjo F C (1959). Aspectos químicos y nutritivos de la acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas. Departamento de Bioquímica y nutrición, Escuela de Medicina, Universidad de Puerto Rico, San Juan 22, Puerto Rico. 21:109118.

- Avilán L, F Leal y D Bautista (1992). Manual de Fruticultura. Principios y manejo de producción. Segunda edición. Tomo II. Editorial América C. A. Caracas, Venezuela. 787–803 pp.
- Azerêdo G A, V Matos P, M L Germano A R y A de Lima A (1994). Efeito da temperatura e períodos de embebição na germinação de sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.). p. 68-69. In Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13. Salvador-BA. pp. 1211.
- Azerêdo G A, M Valderez P, A Lima A, A da Silva, M Guedes A (2006). Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia puniceifolia*) influenciada pelo substrato, temperatura e coloração de frutos. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia. 36:7–11.
- Barboza S C S B, E D Tavares e M B de Melo (1996). Instruções para o cultivo da acerola. Emdagro, República Federativa do Brasil, Embrapa. Circular Técnica 6. 5–42 pp.
- Biasi L A, V Pommer C y G S Pino P A (1997). Propagação de portaenxertos de videira mediante estaquia semilenhosa. Bragantia, Campinas. 56:367–376.
- Bueno S C S (1995). Estudos de diversos tipos de propagação da aceroleira (*Malpighia glabra* L.). Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Calvo V I (2007). La acerola (*Malpighia emarginata*) en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y ganadería. Sistema Unificado de Información Institucional. pp. 12.
- Carvalho N M, J Nakagawa (2000). Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP. pp. 588.
- Cordero J y H Boshier (2003). Árboles de Centroamérica. U Manual para Extensionistas. Instituto Forestal de Oxford-CATIE. San José, Costa Rica. pp. 1079.
- Costa Júnior W H da (2000). Enraizamento de estacas de goiabeira: influência de fatores fisiológicos e mesológicos. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- Cuenca G, A Zita D, I Milagros, F Laurie, M Erasmo, M Milagro y Rubén M (2003). Pre-selección de plantas nativas y producción de inóculos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) de relevancia en la rehabilitación de áreas degradadas de la gran sabana, Estado Bolívar, Venezuela. *Ecotrópicos*. Sociedad Venezolana de Ecología. 16:27–40.
- Duarte O, O Escobar y L soriano (2003). Propagación del Nance (*Byrsonima crassifolia* (L) H.B.K.) por Estacas Terminales con Hoja y Estacas Leñosas. *Fruit/Frutales*. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 47:167–169.
- Ferreira R y A Martins (1996). Efeito do ácido indolbutírico (AIB) e da sacarose no enraizamento de estacas herbáceas de acerola (*Malpighia glabra* L.). En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds.). Curitiba, Brasil. pp. 33.
- Ferreira R M das G y G Ribeiro D (2006). Coleção de fruteiras tropicais da Embrapa Rondônia. Comunicado técnico. Porto Velho, TO. 1–13 pp.
- Floss E L (2004). Fisiología das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê. 2. ed. Passo Fundo: UPF. pp. 536.
- García-Hoyos A, J Sánchez-Robles, L A García-Hernández y F León-González (2011). Reproducción sexual e influencia de sustratos en el desarrollo de *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae). *Polibotánica*. 32:119–133.
- Germano M L A R, V Matos P, G de Azeredo A y A Lima A (1994). Influência de diferentes substratos na germinação de sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.). p. 70-71. In Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13, Salvador-BA. pp. 1211.
- Gomes E J, M do C Pavini M D, D Perecin, A B Martins G (2001). Morfologia floral e biologia reprodutiva de genótipos de aceroleira. *Scientia Agricola*. 58:519–523.
- Gomes E, P Dilermando, B G Martins A y S Ferrauda A (2000). Análise de grupamentos e de componentes principais no processo seletivo em genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 22:36–39.

- Gomes J E (2001). Aspectos botânicos, físico-químico, genéticos e influências meteorológicas em aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.) no processo seletivo de genótipos de Itápolis, Viradouro e Jaboticabal, SP. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Gontijo A T C, J Darlán R, V Mendonça, R Pio, S E de Araújo N y F L de Oliveira C (2003). Rooting of different types of acerola cuttings using indol butiric acid. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal. 25:290-292.
- Gonzaga Neto L e M Soares J (1994). Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA, SPI; CPATSA; FRUPEX; DENACOOOP. pp. 43.
- González-García S M (1993). Evaluación estadística de tres métodos en escarificación de semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.). Tesis profesional facultad de agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit.
- Guadarrama A P (2000). Contribución al estudio etnobotánico de *Malpighia mexicana* Jussieu, distribución geográfica y germinación. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 67.
- Guerrero M H M (1993). Estudio preliminar sobre escarificación en nanche (*Byrsonima crassifolia* L.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 43.
- Guerrero R, G Rivero, M C Ramírez V, G Sthormes-Méndez y E J Narváez B (2005). Efectos del AIB en el enraizamiento de estacas apicales y subapicales de *Malpighia glabra* L. (semeruco). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*. 22:33-40.
- Jaimes A C (2006). Tratamiento pregerminativo a la semilla de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) y su efecto en la germinación. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 46.
- Jaimes A C (2009). Caracterización morfológica de fruto y semilla de nanche *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth y su relación con la capacidad germinativa. Tesis para obtener el grado de maestra en ciencias. Colegio de Postgraduados Montecillo. 1-92 pp.

- Jaimes A C (2013). Propagación sexual y tolerancia a la desecación en nanche (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth). Tesis presentada como requisito para obtener el grado de doctora en ciencias, Colegio de Postgraduados. pp: 1–169.
- Jaimes A C, G García de los S, A Carballo C, G Calderón Z, F Jaimes A y J A Cuevas S (2014). Tolerancia a la desecación en semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) Kunth. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5: 819–831.
- Kunh R P, A Zecca R e R Trevisan (2012). Influência do ácido idolbutírico e do substrato no enraizamento de estacas de acerola. Pelotas - Rio Grande do Sul – Brasil. VI Simpósio Nacional do Morango y V Encontro Sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul. pp. 146.
- Loaiza O R J (2004). Estimulación de la germinación de nance (*Byrsonima crassifolia*) con giberelinas y agua caliente. Tesis profesional. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. pp. 65.
- Maia G A, H M Sousa P, M Santos G, S Silva D, G Fernandes A, M Prado G (2007). Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*. 27:130–134.
- Maldonado-Peralta M de los A, G García de los S y A R Rojas G (2014). Morfología de fruto y endocarpio de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.). In: Memoria del 3er Congreso Internacional de Investigaciones en Ciencias Básicas y Agronómicas. 6 y 7 de noviembre de 2014. 82–88 pp.
- Martins A y R Ferreira (1996). Efeito do tratamento de estacas herbáceas de acerola com auxinas (AIB e ANA) em diferentes doses. En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds). Curitiba, Brasil. pp. 32.
- Martins M A G y M T Oliveira D M T (2001). Morfo-anatomia e ontogênese do fruto e da semente de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze (Fabaceae: Faboideae). *Revista Brasileira de Botânica*. 24:109–121.
- Medeiros M S (2010). Estabilidade de acerola em pó oriunda de cultivo orgânico. Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza-Ce. 1–115 pp.

- Mezadri T, M S Fernández-Pachón, D Villano, M C García-Parrilla y A M Troncoso (2006). El fruto de la acerola: composición, características productivas e importancia económica. *Sociedad Latinoamericana de Nutrición (ALAN)*. 56:101–109.
- Miyashita R K, Y Nakasone H Y and H Lamoureux C (1964). Reproductive morphology of acerola (*Malpighia glabra* L.). Honolulu: University of Hawaii, Hawaii Agricultural Experiment Station. (Technical Bulletin, 63). pp. 28.
- Moratinos P, E Flores, Á Gomez y M Ramirez-Villalobos (2008). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.). *Revista. Facultad de Agronomía*. 3:405–420.
- Musser R D S, M Couceiro E y H Albuquerque M (1987). Efeitos do ácido naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de acerola em sistema de microaspersão. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. 9. Campinas. Anais. Campinas. 79–83 pp.
- Norberto P M, N J Chalfun N, M Pasqual, D Veiga R, E Pereira G y H Mota J (2001). Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*. 25:533–541.
- Osborne J L y C Balerdi (2014). Propagación de Frutos Tropicales y Subtropicales. University of Florida IFAS. En [http://miamidade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical fruit/Propagacion%20de%20Frutos%20Tropicales%20y%20Subtropicales.pdf](http://miamidade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical%20fruit/Propagacion%20de%20Frutos%20Tropicales%20y%20Subtropicales.pdf). Revisado en Diciembre 2014.
- Pasqual M, N J Chalfun N, D Ramos J, R do Vale M y R de Silva (2001). R.e Fruticultura Comercial: Propagação de plantas frutíferas. Lavras: UFLA/FAEPE. pp. 137.
- Pennington T D y J Sarukhán (2005). Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 304–305 pp.
- Peñalosa A, L Cavieres A, M Arroyo T y C Torres (2001). “Efecto nodriza intra- específico de *Kageneckia angustifolia* D. (Rosaceae) sobre la germinación de semillas y sobrevivencia de plántulas en el bosque esclerófilo de Chile central”. *Revista Chilena de Historia Natural*. 74: 539–548.

- Radhamani J, K Malik S, P S Chandel K (1991). Seed-coat characteristics in relation to the physiology of seed-germination in *Citrus* and its allied genus. *Seed Science and Technology*. 19:611–621.
- Ramírez-Villalobos M, A Urdaneta-Fernández y G Vargas-Simón (2004). Tratamientos con ácido indolbutírico sobre el enraizamiento de estacas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.). *Agronomía Tropical*. 54:203–218.
- Ramos M J S (2011). Comparación en la eficiencia de enraizamiento entre esquejes y estacas de “Feijoa” *Acca sellowiana*, en sustratos con y sin humos, aplicando diferentes concentraciones de auxinas. *Fisiología vegetal*. Bogotá. pp. 34.
- Rivero G, M Ramírez, B Caraballo y R Guerrero (2005a). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC). *Revista Facultad de Agronomía*. (LUZ). 22:130–142.
- Rivero G, R Guerrero y M Ramírez (2005b). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.). *Revista Facultad de Agronomía*. (LUZ). 22:34–41.
- Santana G M A (1982). Comportamiento fenológico y producción de cultivares de durazno y nectarina (*Prunus persica* (L.) Batsch) de Florida en Aguascalientes. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Scalon Q, de P Silvana, T Conticelli, K Tiara, J O Novelino, C Kissmann, M de Sousa, H Leandro (2011). Germinação e crescimento de *Caesalpinia ferrea* mart. Ex tul. Em diferentes substratos. *Revista Árvore*. 35:3 633–639.
- Silva M N da (1998). Enraizamiento de estacas de seis especies nativas de mata galería. *Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)* Universidade de Brasília, Brasília.
- Simão S (1971). Cereja das Antilhas. In: Simão, S. *Manual de fruticultura*. São Paulo: Agronômica Ceres. 477–485 pp.
- Soriano G L (1996). Propagación del nance (*Byrsonima crassifolia*) mediante estacas terminales con hojas y leñosas. Tesis de Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. pp. 23.
- Vaquero B J L (2005). Estimulación de la germinación de semilla de nance (*Byrsonima crassifolia* L.) con giberelina y agua caliente. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. pp.19.

- Vargas S, G Arellano y R Soto (1999). Enraizamiento de estacas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.) sometidas a aplicaciones de auxinas. *Bioagro*. 11:103–108.
- Vázquez-Yáñez C, A I Bátiz-Muñoz, M I Alcocer-Silva, M Gual-Díaz y C Sánchez-Dirzo (1999). Árboles y arbustos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. CONABIO. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México D. F., México. pp. 311.
- Vega E C, F Patiño B y A Rodríguez A (1981). Viabilidad en semillas en 72 especies forestales tropicales almacenadas al medio ambiente. In: Reunión sobre problemas en semillas forestales tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF). San Felipe Bacalar, Quintana Roo, México. Publicación especial No. 35:325–345.

III. PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE NANCHE (*Malpighia mexicana* A. Juss. Y *Byrsonima crassifolia* (L) H. B. K.) CON DIFERENTES REGULADORES DEL CRECIMIENTO Y SUSTRATOS

VEGETATIVE PROPAGATION NANCHE (*Malpighia mexicana* A. Juss. y *Byrsonima crassifolia* (L) H. B. K.) WITH DIFFERENT GROWTH REGULATORS AND SUBSTRATES

RESUMEN

El nanche es un frutal tropical que produce gran parte del año, poco se conoce sobre propagación asexual; por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de sustratos, enraizadores y estacas en la propagación vegetativa de nanche rojo, rosa y amarillo, recolectadas en Santa María Zoquitlán Oaxaca, México. La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. El primer experimento abarcó primavera-verano, se utilizaron estacas de 16 cm, 384 apicales y sub-apicales sin hojas, de cada color. Se llenaron charolas de 5 L con turba, agrolita-turba y arena-fibra de coco (3:1 v/v). Las estacas se impregnaron 5 cm de la base con AIB a 0, 3000, 6000 y 10000 ppm, presentación en polvo. El segundo experimento fue entre otoño-invierno, donde se utilizaron 108 estacas leñosas con 3 pares de hojas, de cada color. Como sustrato se usó arena-turba (3:1 v/v) y AIB a 3000 y 6000 ppm, un producto comercial Biozyme*TF®, presentación líquida y un testigo. Las charolas sembradas se colocaron entre bolsas transparentes de plástico. El diseño experimental fue en BCA. Se evaluó porcentaje de sobrevivencia, de enraizamiento y brotación. Los valores se transformaron usando la función arcoseno, se realizó ANOVA y pruebas de Tukey. Se encontró que estacas con hojas sembradas en otoño presentaron mayor sobrevivencia y brotación. El AIB a 6000 ppm mejoró brotación en apicales y enraizamiento en sub-apicales; el Biozyme*TF® no se recomienda para el enraizamiento. El nanche rojo obtuvo mejor enraizamiento que el rosa y amarillo.

Palabras clave: propagación asexual, auxinas, nanche rojo, nanche rosa, nanche amarillo.

ABSTRACT

The nance is a tropical fruit that produces all over the year and little is known about asexual propagation; therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of substrates, rooting and types of vegetative cuttings in red, pink and yellow nanche collected in Santa Maria Zoquitlan Oaxaca, Mexico. The research was conducted at the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. The first experiment included Spring-Summer Cuttings 16 cm, 384 apical and sub-apical leafless each color used. 5L trays with peat, perlite-peat and sand-coir (3:1 v/v) was filled. The cuttings were impregnated 5cm base with IBA to 0, 3000, 6000 and 10000 ppm, powdered form. The second experiment was between Autumn-Winter, where 108 woody cuttings dealt with 3 pairs of leaves, each color. As sand-peat substrate (3:1 v/v) was used and AIB at 3000 and 6000 ppm, a commercial product Biozyme*TF®, liquid form and a blank treatment. The seeded trays were placed between transparent plastic bags. The experimental design was in BCA. Percentages of survival, rooting and sprouting were evaluated. The values were transformed into arcsin, ANOVA Tukey tests were performed. It was found that cuttings planted in autumn with leaves had higher survival and sprouting (%). The AIB to 6000 ppm improved apical bud and rooting in sub-apical, the Biozyme*TF® is not recommended for rooting. Red nanche got better rooting (%) than pink and yellow nanche (%).

Key words: asexual propagation, auxin, red nanche, pink nanche, yellow nanche.

3.1 INTRODUCCIÓN

La familia Malpighiaceae comprende alrededor de 66 géneros y 1200 especies (Botany Hawaii, 2006; Judd *et al.*, 2009), es originaria de América (Kunh *et al.*, 2012), de importancia agronómica debido a que crece en suelos pedregosos, arenosos y arenocalinos, tiene gran eficiencia en el uso del agua, útil para reforestar y restaurar campos infértiles de zonas áridas (Fernández y Ribero, 2004). El género con mayor número de especies es *Byrsonima*, tiene 130 (Davis y Anderson, 2010). *Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K. se distribuye en zonas secas y cálidas, desde el sur de Tamaulipas y el este de San Luis Potosí hasta Yucatán y Quintana Roo en la vertiente del Golfo de México y de Sinaloa hasta Chiapas en el Pacífico (Herrera y Palomares, 2005). Los nombres comunes de *B. crassifolia* son nanche (Herrera-Ruiz *et al.*, 2011), nanche amarillo, nanche de mezcal, nance, changungo, nanchi, nanchi dulce, huizaa y nanche agrio; *Malpighia mexicana* A. Juss. crece en forma silvestre, distribuida en zonas tropicales y subtropicales de los estados de Chiapas, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Yucatán (Guizar y Sánchez, 1997; Martínez, 1994); este arbusto se conoce como nanche, nanche de monte, nanche rojo, manzanito, nanche colorado y guajocote (Guizar y Sánchez, 1997; Martínez, 1994).

Estas dos especies tienen frutos exóticos, que se consumen regionalmente con posibilidades de exportación, por su aroma llamativo, sabor, contenido nutrimental, antioxidante (Mezadri *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2006; Vendramini y Trugo, 2000) y nutracéutico (Gorinstei *et al.*, 2011); sin embargo, en nuestro país se conoce poco sobre estas especies; *B. Crassifolia*, es la más domesticada, y en la que se han realizado algunos estudios enfocados a características morfológicas de frutos, semillas, hojas, tallos y germinación (Maldonado-Peralta *et al.*, 2014a; Martínez-Moreno *et al.*, 2010). La propagación de estas especies se realiza a través de enraizamiento de estacas, acodos aéreos e injertos (Duarte *et al.*, 2003; Duarte y Escobar, 2002). *Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* D.C. o *Malpighia emarginata* Sessé y Moc. Ex D.C. se han estudiado en diferentes países y se reportan trabajos relacionados con semillas, contenidos

nutrimentales de frutos y propagación vegetativa (Gontijo *et al.*, 2003; Pires *et al.*, 1996; Rivero-Maldonado *et al.*, 2005a,b; Soriano, 1996), mientras que *M. mexicana* sigue siendo silvestre y solo se ha reportado un trabajo relacionado con este tipo de propagación (Maldonado-Peralta *et al.*, 2014b).

Martins y Ferreira, (1996), Moratinos *et al.* (2008), Musser *et al.* (1987) y Silva, (1998), mencionaron que para enraizar estacas de acerola, es importante la presencia de hojas, en combinación con reguladores del crecimiento. Las concentraciones que mejor efecto han mostrado son entre 100 hasta 2800 ppm de AIB; sin embargo, ocupando diferentes sustratos, enraizadores y tipos de estaca, se han alcanzado entre 50 y 60 % de enraizamiento (Araújo y Minami, 1994; Biasi *et al.*, 1997; Ferreira y Martins, 1996).

Alves (1993), mencionó que el género *Malpighia* comenzó a fructificar al año y medio cuando se propagó vegetativamente, donde la producción fue de temporal se alcanzaron entre tres a cuatro cosechas por año y cuando hubo riego hasta ocho; mientras que para el género *Byrsonima* no se encontró aún reportado, en el primer género se ha tenido éxito en la propagación vegetativa, pero en el segundo no, es por ello y por todas las bondades que presenta este cultivo para el país y para el mundo que hay la necesidad de investigar la forma de propagarlas vegetativamente con mayor éxito, para cada especie. En México *M. mexicana* es silvestre y *B. Crassifolia* apenas inicia su cultivo, por consiguiente sobre estas formas de propagación vegetativa existe poca investigación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de auxinas AIB (ácido indolbutírico) y sustratos en el enraizamiento de estacas apicales y sub-apicales de nanche; y, estudiar el enraizamiento de estacas leñosas con hojas, usando diferentes reguladores del crecimiento.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

La propagación del nanche amarillo *B. Crassifolia*, rojo y rosa *M. mexicana*, se realizó en las instalaciones de invernaderos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, en 2013. Las estacas se cortaron de arbustos silvestres, sin síntomas visuales de problemas fitosanitarios, localizados en el cerro el Guilache de Santa María Zoquitlán, Oaxaca, este cerro se ubica en las coordenadas geográficas 16°35'33.34" LN, 96°18'50.36" LO a una altitud de 1,333 m (CNA, 2014). La temperatura promedio anual mínima y máxima es 15.6 y 25.5 °C (CNA, 2014). La vegetación asociada es selva baja caducifolia y clima trópico seco (INEGI, 2012).

Dos experimentos se establecieron en distintas estaciones del año. El primero abarcó primavera – verano (fecha de establecimiento: 05 de mayo). Un total de 1152 estacas sin hojas se usaron en este experimento, 384 para cada color, 192 apicales y 192 sub-apicales; en promedio, cada una midió 16 cm de longitud, las apicales tuvieron un diámetro basal de 6 mm y las leñosas sub-apicales de 11 mm. Turba, agrolita-turba y arena-fibra de coco en proporción 3:1 volumen/volumen, se usó como medio de enraizamiento. La concentración de AIB fue 0, 3000, 6000 y 10000 ppm, presentación en polvo.

El segundo experimento se estableció entre otoño – invierno (27 de noviembre de 2013). Para el establecimiento se consideraron 108 estacas leñosas de cada color, con 3 pares de hojas cada una, como lo recomendó Hoffmann *et al.*, 1995. Las estacas se sembraron en una mezcla de arena-turba 3:1 (v/v), usando como promotores del enraizamiento AIB (3000 y 6000 ppm), un producto comercial Biozyme*TF®, presentación en líquido y un testigo sin promotor del crecimiento.

Las estacas se cortaron y se envolvieron en papel periódico humedecido con agua y fungicida Captan 1 gL⁻¹. Las estacas se pusieron en costales para su traslado. En cada experimento, los sustratos se mezclaron y humedecieron hasta tomar un puño,

presionarlo y que goteara; después, las charolas de plástico con capacidad de 5 L cada una, se etiquetaron y se llenaron con su respectivo sustrato. Las estacas se seleccionaron al momento de la siembra, se lavaron con agua y fungicida Captan 1 gL^{-1} y se enjuagaron; se eliminó la parte oxidada del extremo basal e inmediatamente se colocaron en un contenedor con promotor del enraizamiento, cuando éste fue líquido se dejaron 2 minutos, y presentación en polvo las estacas se impregnaron 5 cm de la base. Para la siembra, en el sustrato se realizaron cavidades de 8 cm, cada estaca se colocó en una cavidad y se cubrió la superficie del tallo presionando el sustrato, cada charola sembrada se introdujo en una bolsa de plástico transparente, la cual se amarró para evitar la deshidratación de las estacas y la pérdida de agua. Las charolas se distribuyeron sobre mesas metálicas, y para que la bolsa no se encimara a las estacas, se amarraron con una rafia de la parte superior. Para evitar la presencia de algún patógeno o falta de agua, las estacas se observaron semanalmente y la evaluación se realizó a los 85 días.

Un diseño en bloques completos al azar (BCA) se utilizó en los dos experimentos. Tres sustratos, cuatro concentraciones de enraizador, tres colores de nanche y dos tipos de estaca (apical y sub-apical), se utilizaron en el primer experimento. Cada contenedor se considero como un bloque, con cuatro repeticiones de cuatro unidades experimentales, 72 bloques fueron sembrados. Estacas leñosas con hojas de los tres nanches y cuatro tratamientos de enraizador se evaluaron en el segundo experimento. También cada contenedor se tomó como un bloque con tres repeticiones de 12 unidades cada una, en total se sembraron 35 bloques. A los 85 días se realizó la evaluación de las estacas, donde se consideró porcentaje de sobrevivencia, de enraizamiento y de brotación. Para el análisis, los valores de las variables se transformaron en arco-seno $\sqrt{\frac{x}{100}}$, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) prueba de F, y medias de tratamientos comparadas por la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), se utilizó el paquete estadístico SAS® 9.2 (SAS Institute, 2009).

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1 *Sobrevivencia*

Las estacas sub-apicales establecidas en el periodo Primavera-Verano presentaron menos sobrevivencia que las de Otoño-Invierno (Figura 1). El nanche rojo presentó mayores porcentajes, 23.51 %, seguido por el rosa que sobrevivió el 17.34 % y el amarillo con 7.03 %, en el experimento 1. Las estacas de Otoño-Invierno se establecieron con hojas, lo que pudo haber favorecido la sobrevivencia (Castrillón *et al.*, 2008; Davis, 2004); el nanche rojo con 45.28 %, el amarillo 31.99 % y el rosa no presentó sobrevivencia. Lo que evidenció diferencias entre estaciones, afectadas por la temperatura, reservas y presencia de hojas; es necesario repetir experimentos durante todo el año hasta conseguir resultados confiables, usando estacas semi-leñosas con hojas o realizar acodos aéreos e injertos (Duarte *et al.*, 2003).

Las estacas apicales sólo se evaluaron en el experimento 1; también presentaron sobrevivencia, el nanche rojo 17.97 %, el rosa 11.25 y el amarillo 1.25 %. Las estacas pertenecientes al género *Malpighia* son catalogadas como de difícil prendimiento (Laskoswki y Bautista, 1999), sobresaliendo el uso de estacas leñosas con hojas (Costa Júnior, 2000), sembradas en otoño-invierno, donde la retención de hojas pudo haber inducido brotación y comparar las estaciones del año ayudó a tener una mejor perspectiva de la época con mayor sobrevivencia.

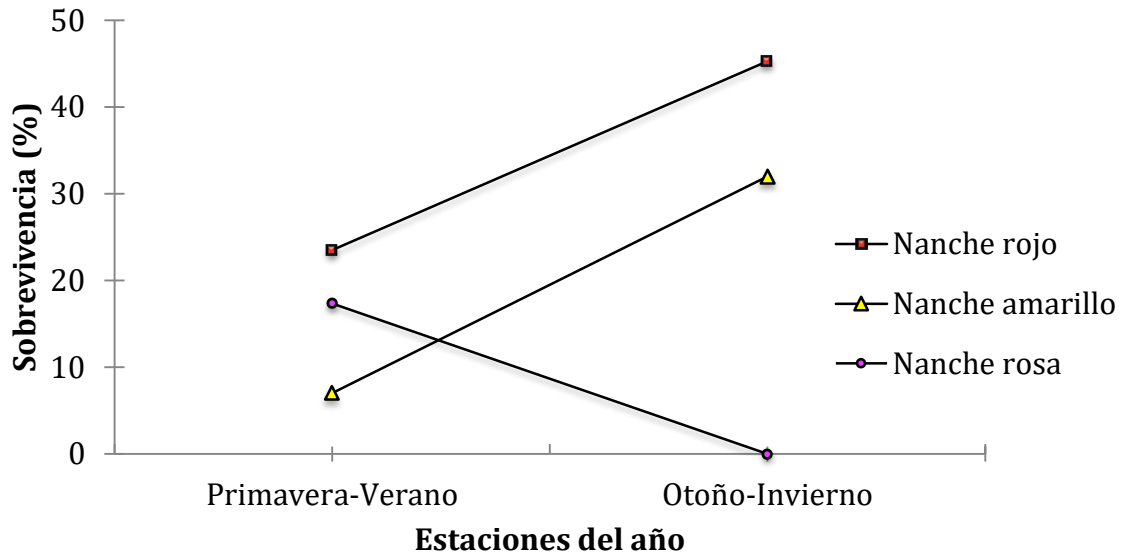


Figura 1. Influencia de la época de colecta en estacas sub-apicales a la sobrevivencia.

El uso de diferentes promotores del enraizamiento en las diferentes etapas del año afectó considerablemente la sobrevivencia de las estacas (Cuadro 1). Diferencias significativas no se encontraron entre los tratamientos en el experimento 1, en estacas apicales el testigo presentó menores resultados y en sub-apicales fue el mejor, el impregnar el enraizador en la base de las estacas mostró menor efecto, indicando que estas especies no respondieron a esta forma de aplicación de AIB. Hartmann *et al.* (2011), relatan que algunas especies no responden a la aplicación de auxinas. El uso de promotores del enraizamiento mostró diferencias significativas en el experimento 2; sin embargo, se observa que el testigo superó a todos los tratamientos, excepto al uso de AIB a 6000 ppm, el Biozyme*TF® presentó bajos porcentajes de sobrevivencia; las hojas y concentraciones de enraizadores en estacas de nanche ayudaron a la sobrevivencia. Situación que concuerda con Bueno (1995), Gontijo *et al.* (2003) y Musser *et al.* (1987), quienes trabajaron en *M. glabra* y encontraron que el enraizamiento se favorece cuando se utilizan auxinas en estacas con hojas.

Cuadro 1. Influencia del enraizador en los parámetros evaluados.

Enraizador AIB (ppm)	Sobrevivencia (%)			Brotación de estacas (%)			Estacas enraizadas (%)		
	Experimento 1		Experimento 2	Experimento 1		Experimento 2	Experimento 1		Experimento 2
	apical	Sub-apical	Sub-apical	Apical	Sub-apical	Sub-apical	Apical	Sub-apical	Sub-apical
0	6.25 a	28.33 a	58.13 a	15 a	20 a	59.18 a	0 a	2.08 a	0 a
3000	12.5 a	23.75 a	35.07 bc	18.75 a	14.58 a	28.91 bc	0 a	2.08 a	0 a
6000	12.08 a	18.33 a	46.74 ab	19.17 a	23.75 a	49.41 ab	0.83 a	5.83 a	2.8 a
10000	9.79 a	16.67 a	---	10 a	18.75 a	---	2.08 a	5.42 a	---
Biozyme*TF®	---	---	14.61 c	---	---	10.83 c	---	---	0 a
DMS	10.72	14.08	20.96	14.34	14.95	21.23	3.11	6.61	5.62
CV	172.21	105.46	33.06	148.62	126.54	34.88	695.47	279.8	489.9

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$); CV: Coeficiente de variación; DMS: Diferencia mínima significativa.

La sobrevivencia (Cuadro 2) de las estacas en las diferentes especies silvestres utilizadas fue menor al 50 %; sin embargo, las estacas apicales y sub-apicales del nanche amarillo presentaron baja sobrevivencia en el experimento 1, el nanche rojo presentó mejor comportamiento. Las estacas sub-apicales con hojas sembradas en otoño-invierno superaron a las de primavera, excepto las del nanche rosa que no presentó sobrevivencia en el experimento 2, lo que indicó que las diferentes especies silvestres de la familia Malpighiaceae presentes en México tienen posibilidades de propagarse vegetativamente, solo que para ello se requiere de mayor investigación.

Cuadro 2. Sobrevivencia de estacas apicales y sub-apicales de nanche.

Especies nanche	Sobrevivencia (%)			Brotación de estacas (%)			Estacas enraizadas (%)		
	Experimento 1		Experimento 2	Experimento 1		Experimento 2	Experimento 1		Experimento 2
	Apical	Sub-apical	Sub-apical	Apical	Sub-apical	Sub-apical	apical	Sub-apical	Sub-apical
Rojo	17.97 a	29.06 a	45.28 a	22.19 a	21.56 a	49.96 a	0.63 a	8.75 a	1.4 a
Amarillo	1.25 b	12.81 b	32 b	15 ab	19.06 a	24.21 b	1.56 a	0.63 b	0 a
Rosa	11.25 a	23.44 ab	0 c	10 b	17.19 a	0 c	0 a	2.19 b	0 a
DMS	8.46	11.11	11	11.31	11.8	11.14	2.46	5.22	2.95
CV	172.21	105.46	33.06	148.62	126.54	34.88	695.47	279.8	489.9

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$); CV: Coeficiente de variación; DMS: Diferencia mínima significativa.

Las estacas apicales no presentaron diferencias significativas de sobrevivencia entre sustratos (Figura 1, experimento 1); esta variable presentó 12.97 % de sobrevivencia en estacas sembradas en agrolita-turba, 10 % en turba y 7.75 % en arena-fibra de coco; la sobrevivencia de estacas sub-apicales fue mejor, con 21.88, 23.13 y 20.31 %, respectivamente. Las estacas de los dos tipos, sembradas en arena-fibra de coco presentaron menor sobrevivencia. Investigaciones realizadas en estacas semi-leñosas de *M. glabra* y *M. emarginata*, sembradas en abono de río-concha de coco molida-humus de lombriz (4:1:1 v/v), presentaron 74 y 53.33 % de sobrevivencia, superando a los resultados de ésta investigación (Moratinos *et al.*, 2008).

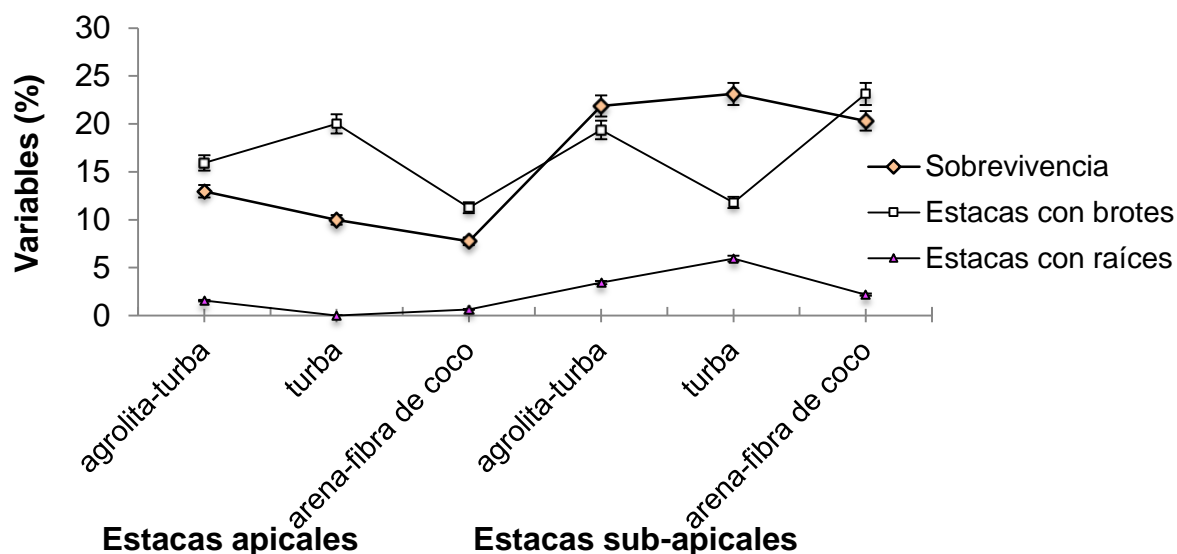


Figura 2. Efecto de los sustratos en los tipos de estaca, experimento 1 (Las mezclas son en proporción 3:1 v/v).

3.3.2 Brotación de estacas

El uso de promotores del enraizamiento (Cuadro 1) en la brotación no difirió significativamente comparado con el testigo, en el experimento 1. La brotación de las estacas sembradas en primavera fue mayor al usar AIB a 6000 ppm, aunque en estacas apicales el uso de concentraciones mayores a esta redujo considerablemente la brotación; mientras que en sub-apicales el testigo supero al AIB en 3000 y 10000 ppm.

Diferencias significativas se encontraron en los tratamientos del experimento 2. Las estacas leñosas con hojas presentaron mayor brotación en el testigo, seguido por el uso de AIB a 6000 ppm. Biozyme*TF® no presentó efectos positivos en ningún momento; usar enraizadores en líquido mejoró significativamente la brotación de las estacas leñosas.

La especie de frutos rojos (Cuadro 2) presentó mayor brotación. Se encontraron diferencias significativas entre los materiales utilizados, excepto en estacas sub-apicales del experimento 1. El nanche rosa presentó difícil enraizamiento en los dos experimentos, donde mostró menores porcentajes de brotación. Comparando los experimentos, las estacas sub-apicales establecidas en el otoño superaron a las de primavera, excluyendo al nanche rosa, ya que murieron todas. Esta investigación coincide con Moratinos *et al.* (2008), que evaluaron estacas de *M. glabra* y *M. emarginata* y obtuvieron 59.32 y 48 % de estacas con brotes.

La brotación de las estacas no indicó diferencias significativas en los diferentes sustratos (Figura 2). Las estacas apicales mostraron mayor brotación cuando se sembraron en turba, 20 %, las sub-apicales sembradas en arena-fibra de coco presentaron 23.13 % de brotación, estas últimas tuvieron porcentajes menores cuando se sembraron en turba, 11.8 %; mientras que las apicales fue en arena-fibra de coco con 11.25 %. Las estacas de *M. emarginata*, requieren de largo tiempo para emitir raíces, pues en investigaciones realizadas se ha encontrado que a las ocho semanas de establecido el experimento se encuentra sobrevivencia, brotación e inicios de enraizamiento (Rivero-Maldonado *et al.*, 2005a).

3.3.3 Estacas con raíces

El enraizamiento de las estacas fue relativamente bajo (Cuadro 1). No se encontraron diferencias significativas entre enraizadores y entre experimentos. Las estacas apicales de primavera presentaron enraizamiento cuando se sembraron usando AIB en 6000 y 10000 ppm; sin embargo, en las sub-apicales el testigo y el uso de 3000 ppm de AIB tuvieron igual porcentaje de estacas enraizadas; la concentración de 6000 ppm de AIB en

presentación sólida, obtuvo el mejor porcentaje de enraizamiento, seguido por AIB a 10000 ppm. Estudios muestran el uso de AIB desde 0 hasta 7500 ppm, en estacas semi-leñosas de *M. glabra* y *M. emarginata*, se han logrado porcentajes de 52.27 y 45.05 % de enraizamiento en cada especie, a los 3 meses después de la siembra (Moratinos *et al.*, 2008), por lo que se requiere realizar mayor experimentación. Investigaciones realizadas con *M. emarginata* reportan 53.27, 63.33, 48 y 56 % de enraizamiento en estacas de madera suave al tratarlas con AIB al 100 (Ferreira y Martins, 1996), 200 (Martins y Ferreira, 1996), 750 (Rivero-Maldonado *et al.*, 2005b) y 3000 ppm (Soriano, 1996), respectivamente.

En esta investigación, las estacas sub-apicales mantuvieron sobrevivencia y bajos porcentajes de enraizamiento, se usó AIB a 6000 ppm, en el experimento 2. La presencia de hojas pudo haber beneficiado la formación de raíces adventicias (Castrillón *et al.*, 2008; Davis, 2004). El tiempo es un indicador para el enraizamiento, las estacas se dejaron menos de 3 meses, por tanto la sobrevivencia de éstas después de cierto periodo de tiempo mostró la posibilidad de enraizamiento, solo que deben permanecer sembradas mayor tiempo (Moratinos *et al.*, 2008).

Las estacas enraizadas no presentaron diferencias estadísticas (Cuadro 2). Las estacas apicales de nanche rojo y amarillo presentaron bajos porcentajes de enraizamiento en el experimento 1, mientras que el rosa no mostró respuesta. Las estacas sub-apicales de primavera presentaron diferencias significativas, el nanche rojo superó al rosa y el amarillo indicó que hay posibilidades de realizar clones de nanche silvestre. Las estacas sub-apicales con hojas de otoño no lograron enraizar, excepto las del nanche rojo que presentaron enraizamiento en bajos porcentajes, en el experimento 2. Duarte *et al.* (2003), realizaron investigación en estacas apicales con hojas de *B. Crassifolia* y a los 10 meses del establecimiento obtuvieron 66.2 % de enraizamiento.

Las estacas con raíces no presentaron diferencias significativas en los diferentes sustratos (Figura 1). Las estacas apicales sembradas en turba no presentaron enraizamiento; mientras que en agrolita-turba se obtuvo 1.56 % y en arena-fibra de coco

0.63 %. Las estacas apicales sembradas en el experimento 1 mostraron mejores resultados, donde agrolita-turba presentó 3.44, turba 5.94 y arena-fibra de coco 2.19 % de enraizamiento. El enraizamiento se vio afectado considerablemente por el tiempo, pues se evaluaron antes de los tres meses.

La combinación de factores como usar estacas leñosas, promotores del enraizamiento y presencia de hojas, con el periodo otoño-invierno, mejoraron la sobrevivencia, pero el enraizamiento fue muy bajo; lo cual se atribuye a que las estacas fueron de arbustos completamente silvestres, poco tiempo para enraizamiento o que las condiciones de temperatura y humedad no se controlaron; sin embargo, en México estos trabajos son apenas el inicio de investigaciones con estas especies, indicando que el nanche tiene futuro en cuanto a la propagación vegetativa.

3.4 CONCLUSIONES

Las estacas leñosas de nanche sembradas en otoño-invierno presentaron mayor sobrevivencia y brotación que las que se establecieron en primavera.

Las estacas apicales y sub-apicales de nanche, presentaron mejor brotación cuando se usó AIB a 6000 ppm en los dos experimentos; concentración que también mejoró el enraizamiento de estacas sub-apicales. La sobrevivencia fue menor con el uso de AIB a 10000 ppm; en estacas sub-apicales, hubo mejor brotación que al utilizar AIB a 3000 ppm, lo que ayudó al enraizamiento.

El uso de Biozyme*TF® no es recomendable para el enraizamiento de nanche, pues no mejoró ninguna de las variables evaluadas, al menos bajo las condiciones de este experimento.

La presencia de hojas en estacas sub-apicales mejoró significativamente la sobrevivencia y brotación.

El nanche de frutos rojos presentó mejor comportamiento en las variables evaluadas. El uso de la agrolita-turba como sustrato, mejoró la sobrevivencia y el enraizamiento de estacas apicales; mientras que la turba ayudó en la sobrevivencia y enraizamiento de estacas sub-apicales y la brotación de apicales.

3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves R E (1993). Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.), fisiologia da maturacao e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente modificada. Tesis (M.Sc.). Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Lavras, Brasil. pp. 99.
- Araújo P S R y K Minami K (1994). Acerola. Campinas, Brasil. Fundação Cargill. pp. 81.
- Biasi L A (1996). Emprego do estiolamento na propagação de plantas. Ciência Rural, Santa Maria. 26:309–315.
- Botany, hawaii (2006). [www. Botny.hawaii.edu/faculty/carr/p families](http://www.Botny.hawaii.edu/faculty/carr/p_families). Consulta: 27 de Julio de 2013.
- Bueno S C S (1995). Estudos de diversos tipos de propagação da aceroleira (*Malpighia glabra* L.). Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Castrillón J C, E Carvajal, G Ligarreto and S Magnitskiy (2008). The effect of auxins on rooting of Andean blueberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) cuttings in different substrates. Agronomía Colombiana 26:16–22.
- CNA (2014). Comisión Nacional del Agua CONAGUA. Datos contenidos en la base de datos climatológica. CNA-SMN-SCDI. Citado: Mayo, 2015. Disponible en: <http://www.google.es/url?q=http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/20191.txt>
- Costa Júnior W H da (2000). Enraizamento de estacas de goiabeira: influência de fatores fisiológicos e mesológicos. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- Davis P J (2004). Plant hormones. Biosynthesis, signal transduction, action. Kluwer Academic Publ., Londres. pp. 750.
- Davis C C, W R Anderson (2010). A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. *American Journal of Botany*. 97: 2031–2048.
- Duarte O y O Escobar (2002). Propagación del nance (*Byrsonima crassifolia* (L) H.B.K.) por acodo aéreo e injerto. En: Resúmenes de la 48° Reunión Anual de la Sociedad Intramericana de Horticultura Tropical.
- Duarte O, O Escobar and L soriano (2003). Propagation of nance (*Byrsonima crassifolia* (L) H.B.K.) by terminal leafy cuttings and hardwood cuttings. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 47:167–169.
- Fernández N E y G Ribero M (2004). Efecto de ácido indolbutírico (AIB), sobre el enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.). *Revista Facultad de Agronomía* 21 supl. 1:42–46.
- Ferreira R y A Martins (1996). Efeito do ácido indolbutírico (AIB) e da sacarose no enraizamento de estacas herbáceas de acerola (*Malpighia glabra* L.). En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A Meneguim, A Yoshio, F Zanetti, M Miranda, L Stenzel, R Havagge, R Pereira, Z Tazima, W Stenzel (Eds.). Curitiba, Brasil. pp. 33.
- Gontijo A T C, J Darlán R, V Mendonça, R Pio, S E de Araújo N y F L de Oliveira C (2003). Rooting of different types of acerola cuttings using indol butiric acid. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*. 25:290–292.
- Gorinstei S, S Poovarodom, H Leontowicz, M Leontowicz, J Namiesnik, and S Vearasilp, S (2011). Antioxidant properties and bioactive constituents of some rare exotic Thai fruits and comparison with conventional fruits. *In vitro and in vivo studies. Food Research International*. 44: 2222–2232.
- Guizar E y A Sánchez V (1997). Guía para el conocimiento de los principales árboles del alto balsas, México. Universidad autónoma Chapingo. 109–146 pp.
- Hartmann H y D Kester (2000). Propagación de plantas. Principios prácticos. Octava edición. Editorial continental. México. pp. 760.

- Hartmann H T, D E Kester, JR F T Davies and R L Geneve (2011). Hartmann and Kester's Plant propagation: principles and practices. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall. pp. 915.
- Herrera L L E, y G Palomares V (2005). Escarificación física de las semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) en Xalisco Nayarit. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Nayarit.
- Herrera-Ruiz M, A Zamilpa, M González-Cortazar, R Reyes-Chilpa, E León, M P García, J Tortoriello and M Huerta-Reyes (2011). Antidepressant effect and pharmacological evaluation of standardized extract of flavonoids from *Byrsonima crassifolia*. *Phytomedicine*. 18:1255–1261.
- Hoffmann A, J C Fachinello y A M Santos (1995). Enraizamiento de estacas de duas cultivares de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) em diferentes substratos. *Rev. Bras. Agrociência*. 1:22–30.
- INEGI (2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Dirección General de Geografía. Coordinación de Desarrollo de Proyectos. Subdirección de Actualización de Marco Geoestadístico. www.inegi.gob.mx/prod_serv/..espanol/bvinegi/.../2005/agenda2005.pdf (Fecha de consulta: marzo 2015).
- Judd W S, S Campbell C, A Kellogg E y F Stevens P (2009). *Plant Systematics: a phylogenetic approach*. 2ed. Sinauer Associates, Sunderland.
- Kunh R P, A Zecca R e R Trevisan (2012). Influência do ácido indolbutírico e do substrato no enraizamento de estacas de acerola. Pelotas - Rio Grande do Sul – Brasil. VI Simpósio Nacional do Morango y V Encontro Sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul. pp. 146.
- Laskoswki L y D Bautista (1999). Características anatómicas de raíces adventicias en estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* DC) tratadas con ácido indolbutírico. *Bioagro*. 11:88–96.
- Maldonado-Peralta M A, García de los Santos G. y Rojas-García A R (2014a). Morfología de fruto y endocarpio de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.). 3^{er} Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas. 6 y 7 de diciembre Chapingo, México. 82–87 pp.

- Maldonado-Peralta M A, García de los Santos G, Rojas-García A R, García-Nava J R, Corona-Torres T, Cetina-Alcalá V M y Ramírez-Herrera C (2014b). Uso de reguladores del crecimiento y sustratos en la propagación vegetativa de nanche (*Malpighia mexicana* A. Juss.). XXV Congreso Nacional y V Internacional de Fitogenética. 29 de septiembre al 03 de octubre, San Luis Potosí México.
- Martínez M (1994). Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de la Cultura Económica. México. 276–2798 pp.
- Martínez-Moreno E, T Corona-Torres, E Avitia-García, A M Castillo-González, B Colinas-León, E de la C-L y R Medina-Torres (2010). Caracterización morfológica de hojas de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.). Revista Fitotecnia Mexicana. 33:15–19.
- Martins A y R Ferreira (1996). Efeito do tratamento de estacas herbáceas de acerola com auxinas (AIB e ANA) em diferentes doses. En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds). Curitiba, Brasil. pp. 32.
- Mezadri T, D Villano, M S Fernández-Pachón, M C García-Parrilla and A M Troncoso (2008). Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. Journal of Food Composition and Analysis. 21: 282– 290
- Moratinos P, E Flores, Á Gomez y M Ramirez-Villalobos (2008). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.). Revista. Facultad de Agronomía. 3:405–420.
- Musser R DS, M Couceiro E y H Albuquerque M (1987). Efeitos do ácido naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de acerola em sistema de microaspersão. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. 9. Campinas. Anais. Campinas. 79–83 pp.
- Pires E, N Suassuna, J Dos santos, W Okasaki y R Musser (1996). Comportamento de estacas subterminais de quatro seleções de aceloreira (*Malpighia glabra* L.) em ambiente de cámara úmida. En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds). Curitiba, Brasil. pp. 30.

- Rivero-Maldonado G, M Ramírez, B Caraballo y R Guerrero (2005a). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC). Revista Facultad de Agronomía. (LUZ). 22:129–141.
- Rivero-Maldonado G, R Guerrero y M Ramírez (2005b). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.). Revista Facultad de Agronomía. (LUZ). 22:34–41.
- SAS Institute. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc., USA.
- Silva M N da (1998). Enraizamiento de estacas de seis especies nativas de mata galería. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Universidade de Brasília, Brasília.
- Silva E M, J N S Souza, H Rogez, J F Rees and Y Larondelle (2006). Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region, Food Chemistry. 101:1012–1018.
- Soriano G L (1996). Propagación del nance (*Byrsonima crassifolia*) mediante estacas terminales con hojas y leñosas. Tesis de Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. pp. 23.
- Vendramini L A and L C Trugo (2000). Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. Food Chemistry 71:195–198. www.elsevier.com/locate/foodchem.

IV. MORFOLOGÍA Y CALIDAD DE FRUTOS Y SEMILLAS DE “NANCHE ROJO” (*Malpighia mexicana* A. Juss.)

MORPHOLOGY AND QUALITY OF FRUITS AND SEEDS OF “NANCHE ROJO” (*Malpighia mexicana* A. Juss.)

RESUMEN

En México, el nanche rojo es un arbusto silvestre, tropical, que produce la mayor parte del año; poco se conoce sobre su morfología, por ello, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la calidad y morfología de frutos y semillas del nanche rojo recolectados en Santiago Matatlán Oaxaca, México. La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Se evaluaron características morfológicas en cuatro repeticiones de cien frutos, semillas y embriones. Los frutos pesan 8.08 g, con 19.54 y 25.05 mm de diámetro polar y ecuatorial, tienen forma de oblato y presentan pulpa de color rosa a lila (64.42 %), epicarpio guinda a morado, con 1.13 % de ácido málico y un índice de sabor de 9 a 11.62; son frutos de buen sabor y firmeza. El ácido ascórbico fue bajo. El fruto tiene tres semillas, cada una pesa 0.92 g, fibrosas, de forma cono-triangular y frecuentemente dos presentan un embrión, de 0.02 g. El embrión es color crema sin endospermo, cotiledones doblados en el ápice y en el otro extremo la radícula, cubierto de un tegmen delgado color café. Hubo amplia variación en características morfológicas.

Palabras clave: acerola, calidad, relación SST/AT.

ABSTRACT

In Mexico, the red nanche is a wild, tropical shrub that produces most of the year; little is known about its morphology, therefore, the objective of this research was to characterize the quality and morphology of fruits and seeds of red nanche collected in Santiago Matatlán Oaxaca, Mexico. The research was conducted at the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Morphological characteristics were assessed in four replications of one hundred fruits, seeds and embryos. The analysis of measures of central tendency indicated that the fruits weigh 8.08 g, 19.54 and 25.05 mm of polar and equatorial diameter, oblate-shaped and have pink flesh color to purple (64.42 %), epicarpio cherry to purple sweets 1.13 % malic acid and a taste index of 9 to 11.62; fruits have good flavor and firmness. Ascorbic acid was low. The fruit has three seeds, each weighing 0.92 g, fibrous, cone-triangular form and often possess an embryo, 0.02 g. The embryo is creamy without endosperm, cotyledons bent at the tip and at the other end of the radicle, covered with a color thin tegmen coffee. There was great variation in morphology.

Key words: acerola, quality, relationship TSS/TA.

4.1 INTRODUCCIÓN

El nanche rojo (*Malpighia mexicana* A. Juss.), la acerola (*Malpighia glabra* L.) y el semeruco (*Malpighia puniceifolia* D.C. o *Malpighia emarginata* Sessé y Moc. Ex D.C.), son originarios del sur de México, América Central y de la zona septentrional de Sudamérica, donde los nativos de las islas de América Central consumen los frutos y dispersan las semillas (Couceiro, 1985; Nassif y Cícero, 2006). Los españoles nombran a éstos frutos como “la cereza de las Indias Occidentales” por su color, sabor y parecido a la cereza europea (Mezadri *et al.*, 2006). Actualmente, se conoce como cereza colorada, cereza de barbados, cereza de las antillas, manche, nanche, nanche rojo, acerola y semeruco (Mezadri *et al.*, 2006). *M. emarginata* se introdujo como ornamental a Estados Unidos en 1880 por Pliny Reasoner y posteriormente como comestible en 1903 (Ledin, 1958).

Este fruto tiene una alta demanda por el contenido de vitamina C, antioxidante y nutrimento nutracéutico (Dean *et al.*, 1997; Hassimotto *et al.*, 2005; Riguetto *et al.*, 2005). La planta se caracteriza por producir entre los meses de mayo a diciembre (Simão, 1971), son frutos de maduración rápida (Alves, 1996), que cuando se cosechan en madurez fisiológica y se almacenan su deterioro se da entre los cuatro y cinco días (Manica y Carvalho, 1995). En México, el nanche rojo silvestre, se distribuye en Durango, Jalisco, Michoacán, México, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Yucatán (Guízar y Sánchez, 1991; Juárez, 1998), donde se utiliza principalmente como cercas vivas, medicinal contra afecciones estomacales, diabetes, escorbuto, entre otras, y alimento (Morton, 1987). Es tolerante a la sequía y crece en suelos deficientes en nutrientes; sin embargo, las poblaciones han disminuido debido a la sobrepoblación, por lo que la exploración y recolecta del germoplasma para su domesticación es necesaria, ya que éste puede aprovecharse en diferentes zonas tropicales del país (Jarquín, 2007).

Los frutos de acerola tienen alto contenido de ácido ascórbico (Ito *et al.*, 1990; Matsuura *et al.*, 2001). Los frutos del nanche rojo tienen características morfológicas similares a los frutos de acerola o semeruco (Antunes *et al.*, 2006; Yamashita *et al.*,

2003). Consecuentemente, la investigación de los compuestos químicos en los frutos del nanche rojo es importante para iniciar la domesticación de esta especie silvestre. También se requieren estudios para evaluar su presencia y variabilidad según las condiciones climáticas donde crece este recurso genético. Por otro lado, esta especie mexicana puede ser utilizada para exportación o para la industria, por sus valores más altos de sólidos solubles totales (SST) que los que exige el mercado de exportación, Europa 7 %, Japón 7.5 % y la industria mayor a 8 % (Alves, 1996; Lopes y Pavia, 2002).

Información relacionada sobre el nanche rojo es escasa sobre todo aquella que describe la morfología de semillas y frutos, aspectos básicos de importancia taxonómica y de manejo (Von Teichman y Van Wyk, 1991); Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar la calidad y caracterizar la morfología de frutos y semillas del nanche rojo recolectados en Santiago Matatlán, Oaxaca, México.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de nanche rojo se recolectaron de arbustos silvestres en el municipio de Santiago Matatlán, Oaxaca, en septiembre de 2013. La localidad se ubica a 16°51'39.28" de LN y 96°22'50.11" LO, a una altitud de 1,729 m. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2012). Los frutos cosechados se trasladaron al laboratorio de semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Los frutos sanos, completos y homogéneos se seleccionaron, lavaron y secaron a temperatura ambiente.

Cuatro repeticiones de 100 frutos de diferentes individuos se incluyeron en el presente estudio para la obtención de los datos de morfología. El diámetro polar y ecuatorial de los frutos se midieron con vernier (vernier Truper Stainless® Steel). El diámetro polar del fruto se definió como el extremo apical hasta la base. El diámetro ecuatorial se midió en la porción media del fruto. El índice de forma del fruto resultó de dividir el diámetro

polar entre el diámetro ecuatorial (Alia-Tejacal *et al.*, 2012; Gaona-García *et al.*, 2008). El color del epicarpio y de la pulpa se determinaron con un colorímetro (Chroma meter CR-400) que registra los valores de L*, a* y b*, reportados como luminosidad (L*), ángulo de matiz ($\tan^{-1} b^*/a^*$) y cromaticidad ($\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$) (McGuire, 1992).

El peso del fruto, peso fresco de pulpa y peso seco de pulpa se obtuvieron con una balanza electro-analítica (Scientech ZSA120). Los frutos se secaron en una estufa durante setenta y dos horas a 70 °C. Los sólidos solubles totales (SST) se midieron con un refractómetro (HANNA HI 96801) utilizando una gota de jugo de pulpa de cada fruto; la acidez titulable (AT) se evaluó mediante el método volumétrico descrito a continuación: a) se tomaron muestras de 10 g de pulpa y se molieron utilizando agua destilada; b) el agua se filtró c) se tomaron alícuotas de cinco ml; d) se agregaron dos gotas de fenolftaleína (1 %) a las alícuotas y se tituló con NaOH 0.1 N. Un índice de sabor se obtuvo considerando la división de los valores de SST y AT. Los análisis de ácido ascórbico se realizaron con el método de Tillman. Los datos se reportaron en mg de ácido ascórbico/100 ml de jugo (A.O.A.C., 1990). La firmeza se midió con un texturómetro universal (marca Force-Five. Modelo: FDV-30) con precisión en Newton, considerando los parámetros designados por Fólger (1986) para *Fragaria spp.*

La forma, color, peso, grosor del endocarpio, y diámetro polar y ecuatorial de las semillas se midieron; el género *Malpighia* tiene tres semillas; también, el número de semillas por fruto se evaluó; relación entre el peso de las semillas y el peso de los endocarpios se calcularon. El color se registró. El peso (g) se tomó con una balanza analítica. El largo y ancho del embrión se midieron con un vernier Truper Stainless® Steel. Un índice de forma se calculó (diámetro polar entre diámetro ecuatorial). El color del tegmen se determinó. Con las variables se obtuvieron medidas de tendencia central, usando el paquete estadístico SAS (SAS, 1998).

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1 Morfología de fruto

El peso de los frutos silvestres de nanche rojo oscilaron entre 6.96 y 8.08 g (Cuadro 1). Freire *et al.* (2006) reportaron valores tres veces más chicos (1.62 a 2.83 g) en frutos cultivados de acerola (*M. emarginata* y *M. puniceifolia*); sin embargo, el peso de los frutos de nanche rojo fueron similares a los frutos de acerola (Brunini *et al.*, 2004; Silva, 2008). Los diámetros polar y ecuatorial variaron entre 19.54 y 25.03 mm, datos que coinciden con los valores reportados para acerola por França y Narain (2003), Freire *et al.* (2006) y Silva (2008). Los frutos de nanche rojo silvestre tienen forma de oblato (0.78), son más anchos que largos. Al respecto, las acerolas varían desde 41.93 hasta 93.88 % de pulpa (Freire *et al.*, 2008; Paiva *et al.*, 2003) y se consideran de calidad buena para consumo en fresco o procesado; el nanche rojo obtuvo en promedio 64.42 % de pulpa en relación al peso del fruto, de esta manera se afirma que los frutos son de calidad comercial y por lo tanto con potencial de uso en las zonas tropicales con bajo potencial productivo.

Cuadro 1. Calidad de frutos de nanche rojo (*Malpighia mexicana* A. Juss.).

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Rango	CV	EE
Peso (g)	6.96	8.08	7.39	1.12	5.99	1.19
Peso pulpa fresca (g)	4.06	5.24	4.76	1.18	11.03	0.24
Peso de pulpa seca (g)	0.62	0.84	0.73	0.22	12.41	0.04
Diámetro polar (mm)	19.04	20.01	19.54	0.97	1.84	0.16
Diámetro ecuatorial (mm)	24.32	25.91	25.03	1.59	2.41	0.27
Color del epicarpio						
Luminosidad (L*)	24.53	25.46	24.94	0.93	1.64	0.18
Cromaticidad (C*)	13.25	16.81	14.83	3.56	8.68	0.58
Matiz (H*)	80.58	82.7	81.48	2.12	1.24	0.45
Color del mesocarpio						
Luminosidad (L*)	21.61	32.27	27.58	10.66	15.04	
Cromaticidad (C*)	17.27	23.15	20.34	5.88	10.57	0.96
Matiz (H*)	74.81	87.67	81.04	12.86	5.92	2.15
Sólidos solubles totales (°Brix)	9.9	10.48	10.18	0.58	2.06	0.09
Acidez Titulable (%)	0.85	1.13	1.01	0.28	11.61	0.05
Índice de forma (Diámetro polar / Diámetro ecuatorial)	0.77	0.79	0.78	0.02	0.91	0.03
Índice de sabor (SST/AT)	9	11.62	10.23	2.62	11.04	0.51
Vitamina C mg/100	0.1	1	0.29	0.9	134.4	0.18
Firmeza (Newton)	4.53	7.09	5.69	2.56	16.42	0.42

n = 400; rango = rango de variación; CV = coeficiente de variación; EE = Error estándar.

Los frutos del nanche rojo son climatéricos. Presentaron diversidad en formas, color, olor y brillo (Figura 1). Estas características se pierden conforme los frutos maduran; la luminosidad (L*) en el epicarpio fue de 24.53 a 25.46. El mesocarpio tuvo mayor variabilidad con valores que oscilaron de 21.61 a 32.27; la cromaticidad (C*) fue menor en el epicarpio (14.83) que en el mesocarpio (20.34); el matiz (M*) tuvo el mayor valor el cual tiende a tomar un color claro tanto en pulpa (81.04) como en el epicarpio (81.48). El color del epicarpio de los nanches rojos fue guinda-morado brillante. El mesocarpio varió entre blanco, rosa y lila, posiblemente como consecuencia de la presencia de

antocianinas. Las antocianinas del grupo de los flavonoides responsables del color son comunes en frutos maduros de acerola (Maciel *et al.*, 2010; Medrazi *et al.*, 2008; Musser *et al.*, 2004), quienes reportaron diferentes cantidades de estos pigmentos relacionados con esta cualidad.



Figura 1. Frutos de nanche rojo (*Malpighia mexicana* A. Juss.), en madurez fisiológica.

Los sólidos solubles totales (SST) son otro atributo de calidad en el nanche rojo. Los SST fluctuaron entre 9.9 y 10.18 °Brix; éstos valores son similares a los obtenidos en acerola por Brunini *et al.* (2004), Godoy *et al.* (2008), Freire *et al.* (2008) y Maciel *et al.* (2010). La fructosa, glucosa y pequeñas cantidades de sacarosa son los principales azúcares presentes en acerola (França y Narain, 2003); sin embargo, los valores de los azúcares totales en los frutos de nanche rojo pueden variar de acuerdo a la época del año, cantidad de precipitación o a los procesos de degradación y biosíntesis de los polisacáridos (Kays,

1991). Por lo que se considera que esta especie mexicana puede ser utilizada para exportación o para la industria, por sus valores más altos de SST a los que exige el mercado de exportación, el mínimo para Europa es 7 %, Japón 7.5 y 8 % para la industria (Alves, 1996; Lopes y Pavia, 2002).

El ácido málico varió de 0.85 a 1.13 % en 100 g⁻¹ de pulpa (Cuadro 1). Valores equivalentes se encontraron en acerola (0.50 a 1.11, 0.83 a 1.35 y 0.69 a 1.65 %) por Brunini *et al.* (2004), Godoy *et al.* (2008) y Matsuura *et al.* (2001), respectivamente, y mayores de hasta 1.97 % (Maciel *et al.*, 2010). Los ácidos orgánicos son los responsables de la acidez y el aroma particular de los frutos (Maciel *et al.*, 2010); la acidez es una característica útil para conocer el estado de maduración de los frutos (Ladaniya, 2008). También la acidez tiene relación con los sólidos solubles totales que determinan la característica del sabor (Ladaniya, 2008).

El índice de sabor en los frutos maduros de nanche rojo presentó una variación de 9 a 11.62, por lo que los frutos de nanche rojo fueron relativamente deliciosos y dulces. Matsuura *et al.* (2001), encontraron 9.42 en acerola mientras que França y Narain (2003), obtuvieron valores menores del índice de sabor. Otros genotipos de acerolas alcanzaron 7.06 de relación SST/AT (Maciel *et al.*, 2010). Alves (1993) menciona que la proporción de SST/AT aumentó de 4 a 6.5 durante la maduración; estos atributos (SST/AT) tienen como finalidad establecer el índice de cosecha y la selección de variedades para exportación, consumo de frutos en fresco y procesados (Couceiro, 1986; Kays, 1991).

El ácido ascórbico tuvo baja concentración en los frutos de nanche rojo. Los frutos de acerola contienen entre 1500 y 2360 mg por 100 g de pulpa (Alves, 1996; Asenjo y Moscoso, 1950; Godoy *et al.*, 2008; Guadarrama, 1983; Matsuura *et al.*, 2001). Estas concentraciones de ácido ascórbico son cien veces mayores a las concentraciones que la naranja contiene (Todafruta, 2009). Los resultados de la presente investigación son similares a los mencionados por Asenjo (1959). La cantidad de vitamina C se relaciona con la altura (msnm), ya que a mayor altura hay menor contenido (Asenjo, 1959).

Cuando los niveles del índice de sabor por maduración aumentan, el ácido ascórbico disminuye (Alves, 1996; Cruz *et al.*, 1995). Esto se puede deber a la relación que hay entre el nivel de ácidos totales con el ácido ascórbico (Asenjo, 1959; Asenjo y Moscoso, 1950). Un genotipo con alto nivel de ácidos grasos y ácido ascórbico es difícil de obtener (Chitarra y Chitarra, 1990). Esta es la razón por la cual la selección se direcciona hacia la obtención de genotipos sobresalientes en una de las dos características (Arostegui *et al.*, 1955; Couceiro, 1986; Matsuura *et al.*, 2001). La concentración de vitamina C es mayor cuando la lluvia es escasa (Simão, 1971). También, la concentración de vitamina C depende de las prácticas culturales, luz, características genéticas, ubicación geográfica y edad de la planta (Maciel *et al.*, 2010; Nogueira *et al.*, 2002; Vendramini y Trugo, 2000).

La firmeza de los frutos de nanche rojo en madurez fisiológica varió de 4.53 a 7.09 Newton. Estos valores indican que son frutos duros, lo que indica que en este grado de maduración pueden resistir el manejo. Folder (1986) menciona que valores ordinales entre 3 y 4 corresponden a frutos con firmeza y dureza; sin embargo, cuando los frutos de nanche rojo presentan madurez comestible, cualquier presión o movimiento fuerte los daña afectando la calidad y acelerando la senescencia. Anderson (2005), menciona que cualquier fuerza externa superior a la soportada ocasiona cambios de sabor, color y aroma, lo que indica una relación directa entre el tiempo de cosecha y la dureza del fruto, dato que en nanche rojo no se conoce aún.

4.3.2 Morfología de semilla

El peso promedio de la semilla fue 0.92 g. El peso seco es 0.39 g, menos de la mitad del peso fresco de la semilla (Cuadro 2). La longitud promedio de la semilla fue 11.61 mm, y la parte más ancha midió 8.79 mm. El fruto presentó tres endocarpios, cada uno con cavidad para un embrión, pero cada fruto tiene uno o dos embriones viables. Nacif *et al.* (1996), Nassif y Cícero (2006) y Simão (1960) encontraron una y dos semillas fértiles en acerola (*M. emarginata*). Esto se puede deber a factores biológicos o genéticos, malformación o falta de fertilización del óvulo y degeneración del saco embrionario (Arujo y Minami, 1994; Azerêdo *et al.*, 1994; Costa *et al.*, 2003). Azerêdo *et al.* (1994), Nassif y Cícero, (2006) y Simplício *et al.* (1994) reportaron que el 29.4, 40 y 43 % de 100

semillas evaluadas presentaron embriones normales, resultados similares a los encontrados en la presente investigación. Costa *et al.*, (2003) encontró que el 51.33 % de 300 semillas evaluadas fueron normales. Las semillas se clasificaron como fibrosas y de forma cono-triangular (Figura 2). El color fue crema con una luminosidad de 57.18, con una cromaticidad y matiz de 19.25 y 25.37, debido a que en las fibras de la testa se tiñen con el color de la pulpa.

Cuadro 2. Calidad de la semilla y embrión de nanche rojo (*Malpighia mexicana* A. Juss.).

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Rango	CV	EE
SEMILLA						
Peso húmedo (g)	0.71	1.04	0.92	0.33	14.88	0.06
Peso seco al ambiente (g)	0.37	0.42	0.39	0.05	5.37	0.01
Diámetro polar (mm)	10.92	12.41	11.61	1.49	4.57	0.24
Diámetro ecuatorial (mm)	8.32	9.46	8.79	1.14	4.71	0.19
Número de semillas viables por fruto	1.13	1.86	1.42	0.73	19.7	0.13
Peso del endocarpio (g)	0.09	0.14	0.11	0.05	19.57	0.01
Índice de forma (Diámetro polar / Diámetro ecuatorial)	1.31	1.34	1.32	0.03	0.93	0.05
Color de endocarpio						
Luminosidad (L*)	55.53	59.79	57.18	4.26	2.91	0.74
Cromaticidad (C*)	18.22	20	19.25	1.78	4.69	0.4
Matiz (H*)	23.22	27.48	25.37	4.26	7.74	0.88
EMBRIÓN						
Peso (g)	0.02	0.03	0.02	0.01	20.33	0.002
Diámetro polar (mm)	6.48	6.66	6.59	0.18	1.03	0.03
Diámetro ecuatorial (mm)	4.08	4.41	4.22	0.33	2.85	0.05
Índice de forma (Diámetro polar / Diámetro ecuatorial)	1.51	1.62	1.56	0.11	2.74	0.01

n = 400 semillas; rango = rango de variación; CV = coeficiente de variación; EE = Error estándar.

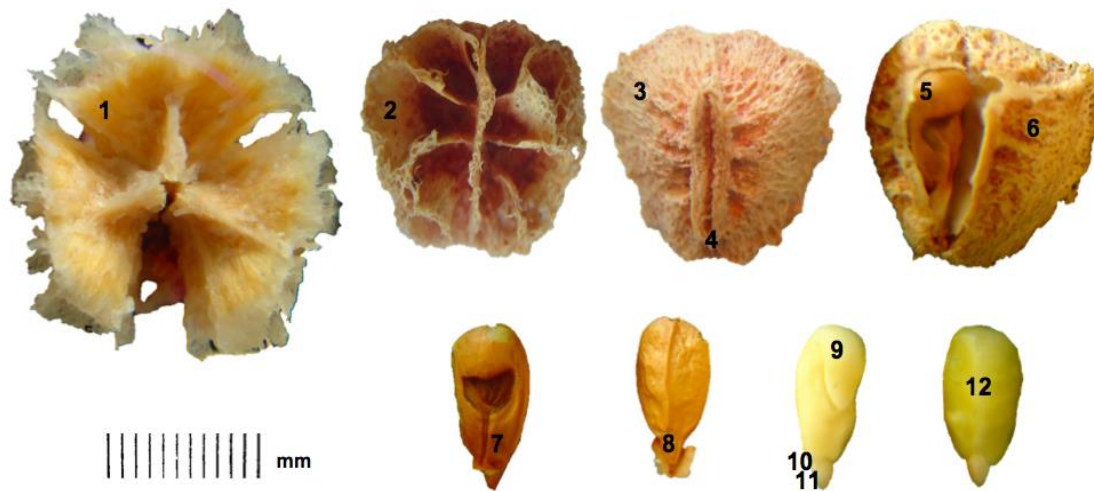


Figura 2. Semilla de nanche rojo. 1: semillas dispuestas en fruto, 2: vista posterior, 3: vista frontal, 4: hilo, 5: posición del embrión en la semilla, 6: testa, 7: rafe y calaza, 8: tegumento, 9: vista frontal del embrión con cotiledones doblados, 10: hipocótilo, 11: radícula y 12: vista posterior del embrión.

El peso promedio del embrión fue de 0.02 g y su longitud de 6.59 mm. La parte media presenta una anchura de 4.42 mm, es aplanado, recto, un extremo de forma elíptica donde el ápice de los cotiledones se encuentran doblados hacia un lado del embrión, y en el tegumento se marca el rafe y la calaza como una hendidura pequeña en forma de círculo acorazonado color café oscuro que se une al otro extremo del embrión donde se encuentra la radícula en forma cónica. El embrión es frágil, de color crema a amarillo, cubierto con un tegumento muy delgado color café. Las especies de la familia Malpighiaceae no tienen endospermo, pero tienen cotiledones grandes, bien desarrollados donde acumulan las reservas energéticas (Souto y Oliveira, 2008).

4.4 CONCLUSIONES

Los frutos del nanche rojo silvestre presentan excelentes cualidades en tamaño y calidad (color, índice de sabor: SST/AT, firmeza, etc.) para consumo en fresco y exportación.

Hubo variación de fruto en cuanto a forma, color de la pulpa y concentración de azúcar para consumo en fresco, lo cual debe homogeneizarse para su comercialización.

El índice de sabor en nanche rojo, fue mejor que en la acerola; la acidez titulable similar y la concentración de ácido ascórbico fue relativamente baja.

El fruto contiene tres semillas fibrosas de color crema, cotiledones grandes con reservas, varía en número de embriones viables y presentan bajo porcentaje de germinación. El embrión es pequeño, su color varía de crema a amarillo, de forma aplanada cónica, en la parte delgada se encuentra la radícula y en el extremo opuesto los cotiledones con el ápice doblado, cubierto con un tegumento delgado.

El nanche rojo es una especie con alto potencial, pero requiere de mayor investigación para domesticarla, conocer todas sus propiedades nutrimentales, y establecer huertas.

4.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alia-Tecajacal I, Y I Astudillo-Maldonado, C A Núñez-Colín, L A Valdez-Aguilar, S Bautista-Baños, E García-Vazquez, R Ariza-Flores and F Rivera-Cabrera (2012). Fruit characterization of mexican plum (*Spondias purpurea*) from southern México. Revista Fitotecnia Mexicana, 35: 21–26.

Alves R E (1993). Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): fisiologia da maturação armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente modificada. Dissertação (Tesis: Mestrado em Ciência dos Alimentos). Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Brasil. pp. 99.

- Alves R E (1996). Características das frutas para exportação. In: Netto, G. A., Ardito, E. F. G., Garcia, E. E. C. (Eds). Editores. Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI. (Série Publicações Técnicas FrupeX, 21). 09–21 pp.
- Anderson T L (2005). Fracture mechanics: Fundamentals and applications. Third Edition. United States: CRC. pp. 640.
- Antunes A M, J Valmórbida, E O Ono y J D Rodrigues (2006). Uso de reguladores vegetais na conservação refrigerada de acerolas (*Malpighia glabra* L.). Ciência e Agrotecnologia. 30: 1241–1245.
- A O A C (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. Fruits and fruits products. 13th ed. Washington, D.C. pp. 1023.
- Araújo P S R y K Minami (1994). Acerola. Campinas, SP: Fundação Cargill. pp. 81.
- Arostegui F, C F Asenjo, A I Muñiz and L Alemañy (1955). Studies on the West Indian Cherry, *Malpighia puniceifolia* L.; observations on a promising selection. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 67:250–255.
- Asenjo F C (1959). Aspectos químicos y nutritivos de la acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). Departamento de Bioquímica y nutrición, Escuela de Medicina, Universidad de Puerto Rico, San Juan 22, Puerto Rico. Ciencia. Revista hispano-americana de ciencias puras y aplicadas. 21:109–118.
- Asenjo C F y C G Moscoso (1950). Ascorbic acid content and other characteristics of the West Indian Cherry. Food Research International. 15:103–106.
- Azerêdo G A, P V Matos, R A M L Germeno y A A Lima (1994). Efeito da temperatura e períodos de embebição na germinação de sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.), 68-69 pp In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Salvador. Anais. Salvador: SBF. pp. 1211.
- Brunini M A, B N Macedo, V C Coelho e F G Siqueira (2004). Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal. 26:486–489.
- Chitarra M I F e A B Chitarra (1990). Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE. pp. 320.

- Costa L C, M C D M Do Pavani, F V Moro e D Perecin (2003). Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): avaliação da vitalidade dos tecidos. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal. 25:532–534.
- Couceiro E M (1985). Curso de extensão sobre a cultura da acerola. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. pp. 45.
- Couceiro E M (1986). Acerola (*Malpighia glabra* L.): Fabulosa fonte de vitamina C natural. In: Reunião nordestina de botânica, Natal. Anais... Natal, RN: RNB. pp. 10.
- Cruz V D, L P G D'Arce, V M Castilho, V A Lima, R Cruz e P H Godinho (1995). Variações no teor de ácido ascórbico de acerolas (*M. glabra* L.) em função do estágio de maturação e temperatura de estocagem. Arquivos de Biologia Tecnologia, Curitiba. 38:331–337.
- Dean R T, S Fu, R Stocker and M J Davies (1997). Biochemistry and pathology of radical-mediated protein oxidation. Biochemistry. 324:1–18.
- Folder F (1986). La frutilla o fresa. Estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires, Argentina. Edigraf, S. A. pp. 200.
- França V C e N Narain (2003). Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas. 23:157–160.
- Freire J L O, N A Lima, B G F Santos y L M J V Marinus (2006). Características físicas de frutos de acerola cultivada em Pomares de diferentes microrregiões do estado da Paraíba. Areia, PB. Revista Agropecuária Técnica. 27:105–110.
- Freire J L O, N A Lima, O A L Freire, M J V Marinus, J T Dias e P J Silva (2008). Avaliações biométricas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) e caracterização dos atributos externos e internos dos frutos. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, Pesquisa e Tecnologia. 5: 41–52.
- Gaona-García A, I Alia-Tejacal, V López-Martínez, M Andrade-Rodríguez, M T Colinas-León y O Villegas-Torres (2008). Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en el Suroeste del estado de Morelos. Revista Chapingo Serie Horticultura. 14:41–47.

- Godoy R C B de, S E L Matos, S T da Amorim, A M Sousa Neto, R Ritzinger y N Waszczynskyj (2008). Avaliação de genótipos e variedades de acerola para consumo *in natura* e para elaboração de doces. B.CEPPA, Curitiba. 26:197-204.
- Guadarrama A (1983). Algunos cambios químicos durante la maduración de frutos de semeruco (*Malpighia puniceifolia* L.). Universidad Central Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía. 13:111-128.
- Guízar N E y V A Sánchez (1991). Guía para el reconocimiento de los principales árboles del alto balsas, México. Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 207.
- Hassimotto N M A, M I Genovese and F M Lajolo (2005). Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulps. Journal Agriculture Food Chemistry. 53:2928-2935.
- INEGI (2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Dirección General de Geografía. Coordinación de Desarrollo de Proyectos. Subdirección de Actualización de Marco Geoestadístico. www.inegi.gob.mx/prod_serv/..espanol/bvinegi/.../2005/agenda2005.pdf (Fecha de consulta: Junio 2014).
- Ito S, M Aiba and K Ishihata (1990). Ascorbic acid content in acerola fruit from different production regions and degrees of maturity, and stability during processing. Journal of Japanese Society of Food Science and Technology. 37: 726-729.
- Jarquín L R (2007). Parasitoides asociados a insectos en frutos de nanche rojo (*Malpighia mexicana*) en Oaxaca. Tesis presentada para obtener el grado de Maestra en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. 1-53 pp.
- Juárez D J C (1998). La familia *Malpighiaceae* en el estado de Morelos. Tesis de Biología. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. pp. 110.
- Kays S J (1991). Postharvest physiology of perishable plant products. New York: Van Nostrand Reinhold. pp. 526.
- Ladaniya S M (2008). Citrus Fruits. Biology, Technology and Evaluation. Academic Press. San Diego, California, USA, pp. 558.

- Ledin R B (1958). The Barbados or West Indian cherry: Gainesville: University of Florida, Exp. Sta., (Bulletin, 594). pp. 28.
- Lopes R y J R Paiva (2002). Aceroleira. In: Bruckner, C. H. (Org.). Melhoramento de fruteiras tropicais. Viçosa: UFV. 1: 63–99.
- Maciel S M I, E Melo, V Lima, A K Souza e W Silva (2010). Physicochemical characterization of fruits from genotypes of acerola tree (*Malpighia emarginata* D.C.) Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas. 30: 865–869.
- Manica I e R I N Carvalho (1995). Acerola pesquisa e extensão no Rio Grande do Sul. En: São José, A.R. e Alves, R.E, editores. Acerola no Brasil: produção e mercado. Vitória da Conquista - BA, UESB. 133–141 pp.
- Matsuura F C A U, R L Cardoso, da M I S Folegatti, P J R Oliveira, J A B de Oliveira and D B Dos Santos (2001). Physicochemical evaluation in fruits from different genotypes of barbados cherry (*Malpighia puniceifolia* L.). Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal – SP. 23:602–606.
- McGuire R G (1992). Reporting of objective color measurements. Hort-Science. 27:1254–1255.
- Medrazi T, D Villaño, M S Fernández-Pachón, M C García-Parrilla and A M Troncoso (2008). Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits and derivatives. Journal of Food Composition and analysis. 21:282–290.
- Mezadri T, M S Fernández-Pachón, D Villaño, M C García-Parrilla y A M Troncoso (2006). El fruto de la acerola: composición, características productivas e importancia económica. Archivos Latinoamericanos Nutrición, Caracas. 56:101–109.
- Morton J F (1987). Barbados Cherry In: Fruits of warm climates Miami, FL. 204-207 pp.
- Musser dos S R, A M Lemos, G A V L de Lima, de A E Mélo, I E Lederman y V F dos Santos (2004). Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas. 24:556–561.
- Nacif R S, C M Guardia y R P L de Moraes (1996). Morfología e anatomía das sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.-Malpighiaceae). Revista Ceres. 43:597–610.

- Nassif P D S y M S Cícero (2006). Avaliação de sementes de acerola por meio de raios-X. *Revista Brasileira Fruticultura*, Jaboticabal. 28:542–545.
- Nogueira R J M C, J A P V de Moraes, H A Burity e J F da Silva Junior (2002). Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas da acerola. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, Brasília. 37:463–470.
- Paiva J R, R E Alves, L M Barro, R J Crisóstomo, H C F Moura, A S Almeida y P N Norões (2003). Clones de Aceroleira: BRS 235 ou Apodi, BRS 236 ou Cereja, BRS 237 ou Roxinha e BRS 238 ou Frutacor. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, (Comunicado Técnico, 76). 1–3 pp.
- Riguetto A M, F M Netto and F Carraro (2005). Chemical composition and antioxidant activity of juices from mature and immature acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Food Science and Technology International*. 11: 315–321.
- SAS Institute (1998). SAS Users guide: Statics. Version 6.12. SAS Institute, Cary, N. C. pp. 1848.
- Silva W S (2008). Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Ceará. Centro de Ciências Agrárias, Curso de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos. Fortaleza, CE. pp. 137.
- Simão S (1960). Viabilidade das sementes da cereja das antilhas. *O Solo*, Piracicaba. 77–80 pp.
- Simão S (1971). Manual de Fruticultura. São Paulo: Agronômica Ceres. 15:477–485.
- Simplício J B, A K S Silva, U S Souza Júnior, W Y Okasaki e R S Musser (1994). Avaliação da presença de embrião em sementes de duas seleções de acerola (*Malpighia glabra* L.) na Zona da Mata de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Salvador. Anais. pp. 81.
- Souto S L e T D M Oliveira (2008). Morfoanatomia e ontogênese das sementes de espécies de *Banisteriopsis* C.B. Robinson e *Diplopterys* A. Juss. (Malpighiaceae). *Acta botanica brasílica*. 22:733–740.
- Todafruta (2009). Características de la acerola. Disponible en: www.todafruta.com.br. Fecha de consulta: julio de 2014.

Vendramini A L y L C Trugo (2000). Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) at three stages of maturity. Food Chemistry. 71:195–198.

Von Teichman I and A E Van Wyk (1991). Trends in the evolution of dicotyledonous seeds based on character associations, with special reference to pachychalazy and recalcitrance. Botanical Journal of the Linnean Society, 105:211–237.

Yamashita F, M de T Benassi, A C Tonzar, S Moriya y J G Fernandes (2003). Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas. 23:92–94.

V. MORFOLOGÍA DE FRUTO Y ENDOCARPIO DE NANCHE (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.)

MORPHOLOGY ENDOCARP NANCHE (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.)

RESUMEN

En México, el nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K), es un arbusto tropical o árbol sub-tropical, silvestre y de traspatio, produce frutos con aceptación en el mercado regional; sin embargo, poco se conoce sobre su morfología, por ello, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la calidad y morfología de frutos y semillas del nanche colectado en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. La investigación se realizó en el laboratorio de semillas del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Se evaluaron características morfológicas en cuatro repeticiones de cien frutos y semillas. El análisis de tendencia central indicó que los frutos son drupas de tamaño mediano, en promedio pesan 4.65 g, con 16.90 y 19.66 mm de diámetro polar y ecuatorial, tienen forma de oblato y presentan mesocarpio color blanco a crema, con 89.47 % de pulpa en relación al peso, epicarpio amarillo tendiendo a verde. El fruto en su interior tiene un endocarpio con tres cavidades para un embrión cada una, pero normalmente uno o dos desarrollan, el endocarpio es leñoso, color café claro, tiene forma elíptica, es acuminado en una de sus extremidades, en la testa presenta surcos sinuosos. Cuando se desarrollan los tres embriones la testa ocupa el 35.7 % del endocarpio. Hubo homogeneidad en las características morfológicas.

Palabras clave: color, índice de forma, endocarpio leñoso.

ABSTRACT

In Mexico, the nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K), is a tropical shrub or tree subtropical, wild and backyard, produces fruits in the regional market acceptance; however, little is known about its morphology, therefore, the objective of this research was to study the physical and morphological characteristics of the fruit and seed of nanche collected in the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. The research was conducted at the seed laboratory of the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Morphological characteristics were evaluated in four replications of one hundred of fruits and seeds. The analysis of measures of central tendency indicated that the fruits are drupes of medium sized on average weigh of 4.65 g, 16.90 and 19.66 mm of polar and equatorial diameter, oblate shaped mesocarpio white to cream, with 89.47% of pulp to weight ratio, tending to yellow green epicarp. The fruit inside has a endocarpio with three cavities for an embryo each, but usually one or two develop, the endocarp is woody, light brown, is elliptical, is acuminado on one end, in the head has grooves winding. When the three embryos develop the head occupies 35.7 % of the endocarp. There was homogeneity in the morphological characteristics.

Key words: color, shape index, woody, endocarp.

5.1 INTRODUCCIÓN

La familia Malpighiaceae comprende alrededor de 60 géneros y 1200 especies (Botany Hawaii, 2006). El nanche (*Byrsomina crassifolia* (L.) H. B. K.) es originario del Sur y Centro América (Guzmán *et al.*, 2013; Kunh *et al.*, 2012). En México se le conoce como nance, nance agrio o nanchi (Guizar y Sánchez, 1997). En bosques secos se comporta como arbusto caducifolio y en trópicos húmedos como árbol perennifolio, es hermafrodita, se distribuye desde el sur de Tamaulipas y el este de San Luis Potosí hasta Yucatán y Quinta Roo en la vertiente del Golfo de México y de Sinaloa hasta Chiapas en el Pacífico (Herrera y Palomares, 2005). Es un cultivo silvestre y de traspatio, de consumo regional, donde aún no existe exportación; de tal forma que hay un gran interés en conocer su distribución, usos y domesticación para realizar plantaciones extensivas. Los frutos se consumen en fresco, conservas, jugos o helados; la planta se usa como cercas vivas, jardinería y medicinal (Morton, 1987).

Desde el punto de vista agronómico, esta especie es de gran importancia debido a que crece en suelos pedregosos, arenosos y areno-alcalinos, es eficiente en el uso de agua; además, es útil para la reforestación y restauración de campos infértiles en zonas áridas y semiáridas (Fernández y Ribero, 2004; Guzmán *et al.*, 2013), razón por la que el estudio de su conservación es fundamental para encaminar investigaciones científicas relacionadas a la preservación y conservación de los recursos naturales; y más aún, porque en México a pesar de su importancia regional en los estados donde se produce, sigue siendo un cultivo poco estudiado y prácticamente se desconoce la morfología de casi toda la planta.

A través de la historia se han estudiado parámetros morfológicos que se han utilizado como estimadores de calidad; esto es, debido a que son fácilmente medibles; sin embargo, no son los únicos importantes, pero se considera a la morfología como un estimador elemental de la supervivencia y crecimiento de las plantas (Thompson, 1985). De acuerdo a esto y a los pocos estudios desarrollados, es necesario realizar la

descripción que incluya aspectos de fruto, semilla y planta, ya que hoy en día, existen muy pocos trabajos relacionados con esta familia (Martínez-Moreno *et al.*, 2006; Medina-Torres *et al.*, 2012). El fruto es una drupa que presenta endocarpio leñoso (Pennington y Sarukhán, 2005), generalmente el epicarpio es color amarillo y la pulpa de sabor agridulce (Caballero *et al.*, 2012).

Expertos del Centro Internacional de Comercio (ITC, UNCTAD/GATT, Génova) señalan que el nanche tiene potencial para el mercado internacional, debido a las cualidades nutrimentales, antioxidantes, medicinales y múltiples usos del fruto (Barbeau, 1994), el cual presenta demanda por su aroma, sabor y tamaño tan llamativo. La presente investigación tiene como objetivo, estudiar los caracteres físicos y morfológicos del fruto y semilla de nanche *B. crassifolia* colectados en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México.

5.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de *B. crassifolia* se cosecharon en arboles de huertas de traspatio en Santo Domingo Tehuantepec Oaxaca, en julio de 2014. Tehuantepec se localiza a 16°19'28" LN y 95°14'20" LO, a una altitud de 50 m. El clima es de trópico cálido, con escasa oscilación térmica a lo largo del año (INEGI, 2012). Los frutos se trasladaron inmediatamente al laboratorio de semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Los frutos sanos, completos y homogéneos se seleccionaron, lavaron y secaron a temperatura ambiente. Cuatro repeticiones de 100 frutos de diferentes individuos se incluyeron en el presente estudio para la obtención de los datos de morfología. El número de frutos incluidos en la muestra se hizo con base en la disponibilidad en campo. El diámetro polar y ecuatorial de los frutos se midieron con un vernier (vernier Truper Stainless® Steel). El diámetro polar del fruto se define como el extremo apical hasta la base. El diámetro ecuatorial se midió en la porción media del fruto. El índice de forma del fruto resultó de dividir el diámetro polar entre el diámetro ecuatorial (Alia-Tejacal *et al.*, 2012; Gaona-García *et al.*, 2008). El color del epicarpio y de la pulpa se determinaron con un colorímetro (Chroma meter CR-400) que registra los valores de L*, a* y b*, reportados

como luminosidad (L^*), ángulo de matiz ($\tan^{-1} b^*/a^*$) y cromaticidad ($\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$) (McGuire, 1992); el peso del fruto, peso fresco de pulpa y peso seco de pulpa se obtuvieron con una balanza electro-analítica (Scientech ZSA120). Los frutos se secaron en una estufa durante setenta y dos horas a 70 °C. El diámetro polar y ecuatorial de los endocarpios se midió (Truper Stainless® Steel); el género *Byrsonima* tiene tres embriones por endocarpio; también, el número de embriones por endocarpio se evaluó; el color se registró. El peso (g) se tomó con una balanza analítica. Un índice de forma se calculó. Las variables se resumieron con el procedimiento de medidas de tendencia central (SAS, 2009).

5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.1 Morfología del fruto

El peso de los frutos fue homogéneo y osciló entre 4.31 y 4.65 g (Cuadro 1). Martínez-Moreno *et al.* (2006) reportaron valores de entre 2.28 y 6.35 g en frutos silvestres, colectados en la sierra de Tabasco; mientras que Hernández (2002), reporta que los frutos de nanche son de tamaño pequeño cuando pesan en promedio 4.06 g y grandes 8.09 g; sin embargo, en esta investigación se consideran frutos de tamaño medio, ya que oscilan entre los pesos reportados. El promedio del peso de la pulpa en fresco fue de 4.29 y de 0.89 g en seco, esto indica que gran parte de la pulpa es agua, perdiendo más de cuatro veces su peso al deshidratarse.

Los diámetros polar y ecuatorial variaron entre 16.90 y 19.66 mm, resultados menores a los reportados por Hernández (2002), quien encontró 18.29 y 20.04 mm, respectivamente. Los frutos de nanche tienen forma de oblato (0.86), son más anchos que largos. Es un fruto que presenta 89.47 % de pulpa en relación a su peso, que los ubica como de calidad comercial para exportación y con potencial para zonas de bajo potencial productivo, como lo reportan Freire *et al.* (2008) y Silva (2008) en *Malpighia emarginata* Sessé y Moc. Ex D.C., especie de la misma familia.

Los frutos son climatéricos y los de esta investigación se observaron homogéneos (Figura 1 (A)); características que se pierden conforme aumenta la senescencia. El epicarpio presentó una luminosidad (L*) en promedio de 54.97, cromaticidad (C*) de 2.52 y Matiz (H*) de 28.81, expresando un color amarillo claro brillante, con indicios a verde; sin embargo, el mesocarpio presentó altos valores en L*, C* negativa, indicando color blanco a crema ó amarillo.

Cuadro 1: Características morfológicas y de calidad de frutos de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.).

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Rango	CV	
Peso (g)	4.31	4.79	4.65	0.48	4.22	0.09
Peso pulpa fresca (g)	3.86	4.29	4.16	0.43	4.22	0.08
Peso de pulpa seca (g)	0.6	0.89	0.73	0.29	16.25	0.06
Diámetro polar (mm)	16.35	17.36	16.90	1.01	2.39	0.18
Diámetro ecuatorial (mm)	19.21	20.33	19.66	1.12	2.32	0.21
Índice de forma (Diámetro polar/Diámetro ecuatorial)	0.85	0.88	0.86	0.03	1.64	0.01
Color del epicarpio						
Luminosidad (L*)	52.6	57.59	54.97	4.99	3.46	0.85
Cromaticidad (C*)	0.93	3.98	2.52	3.05	54.64	0.62
Matiz (H*)	27.71	30.39	28.81	2.68	4.23	0.54
Color del mesocarpio						
Luminosidad (L*)	53.45	72.73	67.46	9.29	5.02	1.51
Cromaticidad (C*)	-3.03	-1.74	-2.38	1.30	-19.59	0.21
Matiz (H*)	18.95	23.89	21.61	4.94	10.08	0.98

n = 400 frutos; rango = rango de variación; CV = coeficiente de variación; EE = Error estándar.



Figura 1: (A) Fruto de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.) en madurez de consumo, (B) Vista lateral y frontal del endocarpio y (C) testa del endocarpio y embrión dispuesto en su interior.

5.3.2 Morfología del endocarpio

El peso promedio de los endocarpios fue de 0.49 g. El peso seco es más de la mitad del peso húmedo del endocarpio (Cuadro 2). Tienen una longitud promedio de 9.73 mm, y un ancho de 7.98 mm. La forma del endocarpio (Figura 1 (B)) presentó un índice de 1.22, lo que sugiere que son de circulares a elípticos, Guerrero *et al.* (2011) estudiaron semillas de *Spondias purpurea* L. y encontraron formas similares (índice de 1.2) a las de esta investigación. Cada fruto presenta un endocarpio con cavidad para tres embriones (Figura 1 (C)); sin embargo, solo uno o dos se desarrollan, rara vez los tres; en promedio se encontró que cada endocarpio contiene 1.18 embriones, esto es, uno a dos embriones por endocarpio. Cuando en un endocarpio se desarrollan los tres embriones, la testa ocupa el 35.7 %. La testa está dispuesta en forma comprimida, es acuminada en

una de sus extremidades, muy dura y con surcos sinuosos. El color de los endocarpios mostraron 44.70 de L*, 4.63 C* y 11.59 de H*, indicando un color café claro, lo que pudo deberse a los residuos de la pulpa, ya que cuando ésta se elimina por completo, adquieren un café oscuro o negro.

Cuadro 2: Características de endocarpios de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.).

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Rango	CV	EE
Peso húmedo (g)	0.38	0.55	0.49	0.17	14.73	0.04
Peso seco al ambiente (g)	0.28	0.38	0.33	0.10	15.15	0.03
Diámetro polar (mm)	8.32	10.45	9.73	2.13	8.89	0.39
Diámetro ecuatorial (mm)	7.79	8.12	7.98	0.33	1.53	0.06
Número de embriones por endocarpio	1.05	1.40	1.18	0.35	11.44	0.06
Peso del endocarpio sin embrión (g)	0.26	0.29	0.28	0.03	4.55	0.00
Índice de forma (Diámetro polar/Diámetro ecuatorial)	1.02	1.33	1.22	0.31	10.08	0.06
Color de endocarpio						
Luminosidad (L*)	40.91	46.76	44.70	5.85	4.50	0.10
Cromaticidad (C*)	4.25	5.16	4.63	0.92	8.12	0.17
Matiz (H*)	10.98	12.17	11.59	1.19	3.85	0.20

n = 400 semillas; rango = rango de variación; CV = coeficiente de variación; EE = Error estándar.

5.4 CONCLUSIONES

La naturaleza de la familia Malpighiaceae es presentar frutos pequeños pero con calidad comercial y de exportación, los frutos de *B. crassifolia* tienen 89.47 % de pulpa en relación a su peso, más de tres partes del fruto es comestible.

El epicarpio es de color amarillo con indicios a verde, el mesocarpio presentó color blanco a crema ó amarillo y el endocarpio es café claro.

Los frutos mostraron forma de oblato, siendo más anchos que largos, y los endocarpios circulares a elípticos, es decir más largos que anchos.

En cada endocarpio regularmente se encuentra en promedio 1.18 embriones completos, rara vez se presentan tres.

5.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbeau G (1994). Tropical fruit trees in the non-french Caribbean. Crops, exports, trends. Fruits (Paris). 49 (5/6), 335–339; 436–439.

Botany Hawaii (2006). [www. Botny.hawaii.edu/faculty/carr/p families](http://www.Botny.hawaii.edu/faculty/carr/p_families). Consultada: 27 de Julio de 2013.

Caballero R A, G Vela, J Pérez, R Escobar & J Ballinas (2012). Uso de nanche, *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, en gelatina artesanal para niños. Etnobiología. 10:50–55.

Fernández N E, & M G Ribero (2004). Efecto de ácido indolbutírico (AIB), sobre el enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.). Rev. Fac Agron. 21 (Supli.1). 42–46 pp.

Freire J L O, N A Lima, O A L Freire, M J V Marinus, J T Dias & P J Silva, (2008). Avaliações biométricas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) e caracterização dos atributos externos e internos dos frutos. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, Pesquisa e Tecnologia. 5:41–52.

Guerrero R, M Manzanilla, C Hernández, J Chacín y C Clamens (2011). Caracterización fisicoquímica de frutos ciruelo de huesito (*Spondias purpurea* L.) en el municipio de Mara. Revista Facultad de Agronomía (LUZ). 28:670–676.

Guizar E y V A Sánchez (1997). Guía para el conocimiento de los principales árboles del alto balsas, México. Universidad Autónoma Chapingo. 109–146 pp.

Guzmán P A M, C E Cruz and C C A Miranda (2013). Germination of *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth seeds. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 4:82–89.

- Hernández G B (2002). Fenología, componentes del rendimiento y calidad de fruto en árboles jóvenes de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) en Xalisco, Nayarit. Tesis como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nayarit, Facultad de agricultura. 1–45 pp.
- Herrera L L E & V G Palomares (2005). Escarificación física de las semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) en Xalisco Nayarit. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Nayarit.
- INEGI (2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Dirección General de Geografía. Coordinación de Desarrollo de Proyectos. Subdirección de Actualización de Marco Geoestadístico. www.inegi.gob.mx/prod_serv/..espanol/bvinegi/.../2005/agenda2005.pdf (Fecha de consulta: Junio 2014).
- Kunh R P, R A Zecca y Trevisan R (2012). Influência do ácido idolbutírico e do substrato no enraizamento de estacas de acerola. Pelotas - Rio Grande do Sul – Brasil. VI Simpósio Nacional do Morango y V Encontro Sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul. pp.146.
- Martínez-Moreno E, T Corona-torres, E Avitia-García, A M Catillo-González, T Terrazas-Salgado & M T Colinas-León (2006). Caracterización morfológica de frutos y semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.). Revista Chapingo, serie Horticultura. 12:11–17.
- Medina-Torres R, S Salazar-García, R Valdivia-Bernal & E Martínez-Moreno (2012). Fenología de la floración y ciclos reproductivos del nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.] en Nayarit. Universidad y Ciencia, tropico húmedo. 28: 259–269.
- Morton J F (1987). Barbados Cherry In: Fruits of warm climates Miami, FL. 204–214 pp.
- Pennington T D y J Sarukhán (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. México. pp. 523.
- SAS Institute (2009). SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc., USA.

Silva W S (2008). Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Ceará. Centro de Ciências Agrárias, Curso de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos. Fortaleza, CE. pp. 137.

Thompson B E (1985). Seedling morphological evaluation - what you can tell by looking. *In: Proceeding: evaluation seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of mayor test.* Duryea, M. L. (ed.). Oregon State University. Corvallis, Oregon. U.S.A. 59-71 pp.

**VI. VIABILIDAD Y VIGOR DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE NANCHE
(*Malpighia mexicana* A. Juss. Y *Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.)**

**VIABILITY AND VIGOUR OF SEEDS FROM TWO NANCHE SPECIES
(*Malpighia mexicana* A. Juss. AND *Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.)**

RESUMEN

La evaluación de la calidad de la semilla es importante para la obtención de plantas vigorosas. El objetivo de la investigación fue determinar los tiempos de acondicionamiento, tinción y concentración de tetrazolio para evaluar la condición biológica de los embriones, en dos especies de nanche, *Malpighia mexicana* A. Juss. colectada en Matatlán y *Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K. de Tehuantepec, Oaxaca; esta investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Los frutos se despulparon, las semillas se lavaron y secaron; el embrión se separó y acondicionó en agua destilada por 18 y 24 h, luego se colocaron en tetrazolio al 0.1 y 1 %, durante 18, 24 y 48 h a 30 °C. Se usó un DCA, 12 tratamientos, cuatro repeticiones de 25 embriones cada una. Se evaluó el porcentaje de viabilidad y vigor según su patrón de tinción. Hubo significancia, indicando que en *M. mexicana*, se obtiene el 90 % de embriones viables vigorosos acondicionandolos por 24 h, y con tetrazolio al 0.1 %, durante 48 h; mientras que en *B. crassifolia* se alcanza el 90 % con 1 % de tetrazolio. La prueba de tetrazolio es útil para evaluar el vigor de los embriones con base en el patrón e intensidad de la coloración obtenida.

Palabras clave: acondicionamiento, imbibición, tinción, embriones.

ABSTRACT

The evaluation of seed quality is important to obtaining vigorous plants. The research aim was to find adjust the time of preparation, staining and concentration of tetrazolium to assess the biological status of the embryo, in two species of nanche, *Malpighia mexicana* A. Juss. collected in Matatlán and nanche *Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K. of Tehuantepec, Oaxaca; This research was conducted at the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Once the fruits were depulped the fruits, seeds were washed and dried; the embryo was removed and conditioned in distilled water for 18 to 24 h, then placed in tetrazolium 0.1 and 1 %, for 18, 24 and 48 at 30 ° C. A completely randomized desing was used, twelve treatments and four replicates of 25 embryos were assesd. The viability and vigor percentage was evaluated by the staining pattern of tetrazolium. There was statistically significance, indicating that *M. mexicana*, obtain 90 % viable and vigorous embryos by conditioning for 24 and 48 hours using concentration of 0.1 % of tetrazolium; whereas nanche *B. crassifolia* obtain 90 % using 1 % tetrazolium. Tetrazolium test is useful to evaluate the effect of embryos based on the pattern and intensity of the coloration.

Key words: Conditioning, soaking, dyeing embryos.

6.1 INTRODUCCIÓN

La semilla es el insumo de multiplicación de las especies vegetales (Victoria *et al.*, 2006), y su calidad es fundamental para la obtención de buenas cosechas (Ávila-Marioni *et al.*, 2012). La Asociación Internacional de Analistas de Semillas ISTA (2010) investiga y publica procedimientos para el análisis de calidad de las semillas, pero los trabajos se enfocan en cultivos económicamente rentables (Victoria *et al.*, 2006); sin embargo, hay especies que requieren mayor investigación, debido a que presentan cualidades importantes para el bienestar humano (Victoria *et al.*, 2006). Tal es el caso de especies de la familia Malpighiaceae, donde se han realizado pocos trabajos de investigación relacionados con la evaluación de la calidad de semillas como viabilidad y vigor, utilizando pruebas rápidas como la prueba de tetrazolio (Costa *et al.*, 2003; Jaimes *et al.*, 2014). Las semillas de las especies de esta familia se caracterizan por presentar bajos porcentajes de viabilidad y germinación (Costa *et al.*, 2003; Gomes, 2001), y se distribuyen en zonas de trópico húmedo y seco (Araújo y Minami, 1994) de Brasil, Honduras, México y Florida EUA (Anderson, 1979; García-Hoyos *et al.*, 2011).

Los frutos de *Malpighia mexicana* A. Juss. son drupas de color rojo, que contienen tres endocarpios fibrosos y un óvulo en cada lóculo (Araújo y Minami, 1993; Costa *et al.*, 2003; Souto y Oliveira, 2008); mientras que, *Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.) presenta frutos en forma de drupa color amarillo, naranja y café, una semilla de endocarpio duro con tres compartimentos, para un embrión cada uno (Maldonado-Peralta *et al.*, 2014). Regularmente, en cada fruto se encuentran de uno a dos embriones desarrollados (Azeredo *et al.*, 1994; Nacif *et al.*, 1996).

La prueba de tetrazolio (Cloruro de 2,3,5, trifenil tetrazolio) es uno de los métodos oficiales para evaluar viabilidad y vigor en las semillas (Piña-Rodrihes *et al.*, 2004). Ésta se basa en reacciones bioquímicas de ciertas enzimas de las células vivas (Moreno, 1984). La actividad de esos sistemas enzimáticos decrece con la viabilidad de las semillas y cuando la coloración es rojo intenso indica la presencia de células vivas del embrión,

mientras que una coloración rosa, rosa pálido y la no reacción al conservar su color natural indican baja viabilidad o la muerte de las células embrionarias (Moreno, 1984; Russi *et al.*, 2010); esta reacción ocurre en las células, y el pigmento rojo (formazán) resultante es insoluble, por lo tanto no hay difusión de color a otras células, manteniendo las zonas muertas su color original (França *et al.*, 1998; Vieira y Carvalho, 1994); además, con esta prueba se pueden identificar daños causados por insectos, fracturas o inmadurez del embrión (Ruiz, 2009). Para ello es importante considerar la concentración de tetrazolio, el tiempo y la temperatura, que varían de acuerdo a la especie e incluso entre semillas de la misma muestra (Victoria *et al.*, 2006); se ha observado que, la tinción es más rápida en soluciones concentradas a temperaturas altas y en oscuridad (Peretti, 1994; Mello y Tillmann, 2001).

El vigor es un indicador de la calidad fisiológica de las semillas (Spina y Carvalho, 1986), siendo éste la suma de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y desempeño durante la germinación y emergencia de la plántula (ISTA, 2005). Semillas vigorosas presentan una rápida emergencia de plántulas normales y uniformes que pueden adaptarse con facilidad a una amplia gama de condiciones ambientales (Carvalho y Nakagawa, 2000; Krzyzanowski y França-Neto, 2001).

En las Malpighiaceae existen trabajos relacionados con el cultivo, propagación, descripción morfológica y anatómica de sus órganos vegetales (Barbosa *et al.*, 2014; Elesbao y Barbosa, 1995; Gomes *et al.*, 2001; Laskowski y Bautista, 1998; Laskowski y Bautista, 2003; Mariutti *et al.*, 2014; Mondin *et al.*, 2010); sin embargo, estudios relacionados a la examinación de la calidad de las semillas, porcentajes de germinación, viabilidad, latencia y deterioro acelerado, son escasos. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el tiempo de acondicionamiento, tinción y concentración de tetrazolio para evaluar la viabilidad y el vigor de las semillas de dos especies de nanche (*M. mexicana* y *B. Crassifolia*).

6.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de *M. mexicana* se colectaron de arbustos silvestres en el municipio de Santiago Matatlán, Oaxaca, mientras que los de *B. crassifolia* se obtuvieron en la central de abastos de la ciudad de Oaxaca, cosechados de árboles de huertas de traspatio en Santo Domingo, Tehuantepec, Oaxaca, en julio de 2014. Matatlán se ubica a 16°51'39.28" LN y 96°22'50.11" LO, a una altitud de 1,729 m, el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2012). Tehuantepec se localiza a 16°19'28" LN y 95°14'20" LO, a una altitud de 50 m, el clima es de trópico cálido, con escasa oscilación térmica a lo largo del año (INEGI, 2012).

Los frutos se trasladaron al Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, y se seleccionaron solo los sanos, completos y de tamaño homogéneo, después se lavaron, y en un tamiz metálico se friccionaron hasta eliminar la mayor cantidad de pulpa posible, los endocarpios se enjuagaron y secaron durante 72 h a temperatura ambiente. Posteriormente se les cortó la base del extremo opuesto a la posición de la radícula (Figura 1), para facilitar la entrada de agua, la separación de la testa y la eliminación del tegumento; los embriones se seleccionaron, contaron y se sometieron a los siguientes tratamientos: antes de la tinción, se acondicionaron en agua destilada durante 18 y 24 h para imbibición. Se emplearon concentraciones de tetrazolio al 0.1 y 1 % con tiempos de tinción de 18, 24 y 48 h, en ausencia de luz, utilizando un diseño completamente al azar; de esta combinación resultaron veinticuatro tratamientos, con cuatro repeticiones de 25 embriones.

Cada repetición se colocó en pequeños recipientes etiquetados, se adicionó la concentración de la solución de tetrazolio correspondiente, hasta cubrir los embriones por completo, los recipientes se colocaron en una estufa (Central Scientific División OF. CENCO) a 30 °C; transcurrido el tiempo de cada tratamiento, los embriones se sacaron de la solución de tetrazolio, se enjuagaron con agua destilada y permanecieron en humedad durante la evaluación. La prueba y evaluación se llevó a cabo con base a observaciones

cuidadosas y aplicando criterios derivados de los patrones de tinción observados preeliminarmente en las semillas de nanche y en fotografías de patrones de tinción definidos para otras especies. Las variables evaluadas fueron: número de embriones viables y no viables, porcentaje de viabilidad y vigor con base al color que adquirieron; viables vigorosos se calificaron a todos los embriones que presentaron coloración rojo intenso en su totalidad, viables pero de poco vigor a aquellos cuya coloración fue de un tono rosa ligeramente pálido pero teñido en su totalidad y como muertos a los que no presentaron tinción.

Los embriones sometidos a pruebas de viabilidad y vigor con tetrazolio, se representaron de forma esquemática de acuerdo a la categoría de tinción considerada por las normas de la ISTA (2010), sugeridas para especies que producen semillas con testa dura. Para obtener esta secuencia de imágenes, los embriones se fotografiaron en un Microscopio tessoar (Marca Carl Zeiss) con una cámara digital para microscopía (PAXcam 3), luego se procesaron con el software GIMP, versión 2.8.14. Los datos obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS® 9.2, (SAS Institute, 2009) transformados con la función de arcoseno. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias Tukey.



Figura 1. Corte transversal de los endocarpios, en el extremo opuesto a la radícula para acelerar la imbibición.

6.3 RESULTADOS

La viabilidad y el vigor de los embriones en ambas especies de nanche mostraron significancia ($P \leq 0.01$); pues al utilizar tetrazolio en solución al 1 %, en *M. mexicana* se obtuvo 74.8 % de embriones viables vigorosos y en *B. crassifolia* 72.4 %. La concentración de tetrazolio es importante ya que mejora la tinción, y cuando se utilizó la concentración del 0.1 %, *M. mexicana* presentó 64.6 % y *B. Crassifolia* 70.8 % de embriones viables aunque con bajo vigor, pues la coloración fue rosa pálido pero con el tejido teñido en su totalidad; situación que pudo deberse a la baja tasa respiratoria de las células embrionarias que no logró reducir el tetrazolio a formazán o bien, a que no alcanzaron a reaccionar con esta concentración de tetrazolio.

Los embriones se acondicionaron en agua destilada, y esto resulta de gran importancia para la imbibición antes de la tinción, pues al comparar por separado estos tratamientos, los dos tiempos de acondicionamiento en agua resultaron estadísticamente iguales; sin embargo, el efecto se pudo observar mejor cuando se evaluó el tiempo en solución de tetrazolio, donde *M. mexicana* presentó 69.9 % de embriones con coloración rojo intenso y uniforme, al permanecer 48 h en tetrazolio, indicando buena viabilidad y vigor,

superando a *B. crassifolia* quien obtuvo 58.8 %, aunque los resultados con embriones de esta última especie fueron estadísticamente iguales a los obtenidos en embriones teñidos por 24 h, con 46.8 %; cuando se evaluó el tiempo de 18 h para tinción, los porcentajes que sobresalieron fueron aquellos que mostraron embriones viables pero con poco vigor, pues *M. mexicana* resultó con 56.8 % y *B. crassifolia* 58.3 % de embriones teñidos con un color rosa pálido uniforme, lo que indica la capacidad de estas especies para originar plántulas normales, pero posiblemente presenten lenta germinación o problemas para emerger por el bajo vigor.

En esta investigación se utilizaron semillas de frutos recién cosechados, lo cual contribuyó a que los porcentajes de embriones con viabilidad y vigor fueran mejores. *M. mexicana* y *B. crassifolia* se caracterizan por producir semillas recalcitrantes; en semillas de frutos de *M. mexicana* no se tuvieron embriones muertos y en los de *B. crassifolia* se presentaron bajos porcentajes, pero sin diferencias estadísticamente significativas. En los factores principales al usar concentraciones de 1 y 0.1 % de la solución de tetrazolio, se obtuvieron 0.5 y 0.7 % de embriones muertos, resultados que se obtienen también cuando el acondicionamiento en agua destilada fue por 18 y 24 h, respectivamente; solo se encontró 1.8 % de embriones sin teñir cuando el tiempo de tinción fue por 24 h.

La Figura 2 muestra la representación esquemática de las categorías de tinción con tetrazolio, para embriones viables vigorosos, viables con bajo vigor y no viables. Por ejemplo, con *M. Mexicana*, donde 1-a corresponde es un embrión teñido de rojo intenso en su totalidad, sin defectos, por tanto se considera como viable con alto vigor; seguido por un embrión 1-b con coloración celular rojo, pero éste presenta en los cotiledones pequeñas áreas de color blanco, que pueden estar indicando etapas iniciales de inviabilidad, no obstante se considera un embrión viable y vigoroso debido a que en el ápice radicular no hay daño alguno; los embriones 1-c y 1-d muestran colores rojo intenso en una parte de los ápices cotiledonares, indicando viabilidad y vigor, pero con más de un tercio con color rosa pálido en la zona de la radícula, por tanto éste embrión presenta baja viabilidad y vigor, por lo que probablemente originaría plántulas

anormales o en última instancia no habría emergencia. Finalmente se tiene un embrión 1-e completo pero sin tinción, mostrando la no viabilidad y por consiguiente nulo vigor.

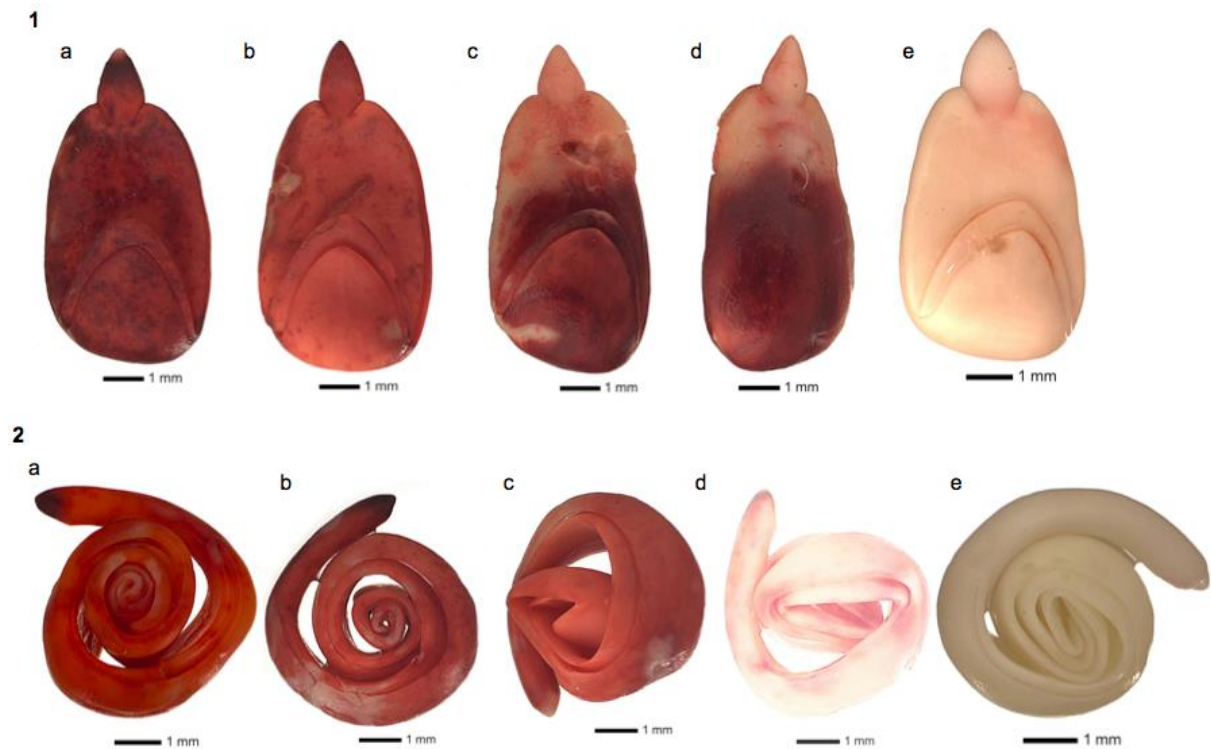


Figura 2. Representación esquemática de embriones de dos especies de nanche, *Malpighia Mexicana* A. Juss (1) y *Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K. (2), teñidos con tetrazolio según su viabilidad y vigor.

En la parte inferior de la Figura 2 se representa la secuencia de imágenes en embriones de *B. crassifolia*, donde 2-a indica la presencia de buena viabilidad y alto vigor, la coloración es intensa y a simple vista se observa la actividad en el ápice radicular, como resultado de éste se obtendrían plántulas con potencial para un buen desarrollo y establecimiento en campo; un embrión 2-b teñido de rojo, con pequeñas manchas de color blanco en la parte de los cotiledones, pero con una radícula con coloración intensa, sinónimo de viabilidad y vigor; sin embargo, en el embrión 2-c la situación es diferente, pues se observa una tinción de color rojo claro y con presencia de daños en los cotiledones, menor coloración en el ápice radicular, lo que significa una disminución de viabilidad y vigor. El embrión 2-d es completamente blanco, con pequeñas áreas rosas,

indicando una avanzada muerte celular, y consecuentemente baja viabilidad y vigor, por lo que éste no tendría la capacidad para producir una plántula vigorosa; finalmente se presenta un embrión 2-e con características morfológicas bien definidas, pero no presentó ninguna actividad celular respiratoria ni tinción, por tanto se considera como un embrión muerto.

Tanto en *M. mexicana* como en *B. crassifolia* los resultados de las pruebas para viabilidad y vigor fueron semejantes. En el Cuadro 1 se presentan los resultados de cada tratamiento estudiado, donde se observa que los embriones de *M. mexicana* que permanecieron en imbibición durante 24 h y 48 h para tinción, presentaron los mejores porcentajes de viabilidad y vigor, y en esta especie el uso de la concentración de la solución de tetrazolio en los tiempos mencionados, no fueron un obstáculo para que los embriones mostraran su viabilidad y vigor; sin embargo, para *B. crassifolia* la concentración de tetrazolio al 1 % fue la que presentó embriones con mayores porcentajes de viabilidad y altos en vigor, cuando el tiempo de acondicionamiento en agua destilada y de tinción fue de 24 y 48 h, respectivamente.

Cuadro 1. Porcentaje de embriones viables vigorosos y poco vigorosos de dos especies de nanche con diferentes tratamientos.

Trata- mientos	Concentración de tetrazolio (%)	Acondicionamiento en agua (h)	Tinción (h)	Embriones			
				Viables y vigorosos (%)		Viables y poco vigorosos (%)	
				<i>M.mexicana</i>	<i>B. crassifolia</i>	<i>M.mexicana</i>	<i>B. crassifolia</i>
1	0.1	18	18	0 c	0 e	90 a	90 a
2	0.1	18	24	78.3 ab	0 e	11.8 bc	90 a
3	0.1	18	48	0 c	23.5 de	90 a	66.7 ab
4	0.1	24	18	78.3 ab	0 e	11.8 bc	90 a
5	0.1	24	24	47.4 b	47.4 cd	42.8 b	40.4 bcd
6	0.1	24	48	90 a	33.3 cd	0 c	56.8 bc
7	1	18	18	0 c	79.9 ab	90 a	10.2 ef
8	1	18	24	54.9 ab	76.8 ab	35.3 bc	11.8 ef
9	1	18	48	49.7 b	76.1 ab	40.4 b	14.1 def
10	1	24	18	56.9 ab	58.2 bc	33.3 bc	31.9 cde
11	1	24	24	56.9 ab	54.4 bc	33.2 bc	35.7 cde
12	1	24	48	90 a	90 a	0 c	0 f
			CV	18.6	15.8	23.4	14.9
	n = 1200 embriones		DMS	37.1	28.2	37.1	26.6

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$); h: horas; n: Número; CV: Coeficiente de variación; DMS: Diferencia mínima significativa.

En *M. mexicana*, el tiempo de acondicionamiento en agua y el tiempo para tinción se comportaron de manera homogénea, pues el uso de tetrazolio al 0.1 y 1 % con 18 h de imbibición, la tinción dio por resultado embriones viables pero con bajo vigor; en esta misma especie también se encontraron altos porcentajes de embriones viables pero poco vigorosos cuando se utilizó tetrazolio al 0.1 % más 18 h de imbibición y 48 h de tinción; estos resultados indican que cada especie presentó resultados diferentes; pues *B. crassifolia*, mostró altos porcentajes de embriones viables pero con poco vigor, al emplear tetrazolio al 0.1 % con 18 h de imbibición y tinción, 18 y 24 h, y 24 y 18 h de imbibición y tinción, respectivamente.

También en *B. crassifolia*, (datos no mostrados en el Cuadro 1) se encontró que al usar tetrazolio al 0.1 %, 24 h de imbibición y tinción (tratamiento 5), se obtuvo 8.3 % de embriones muertos y 5.8 % al emplear 1 % de tetrazolio, 18 h de imbibición y 24 h de tinción.

6.4 DISCUSIÓN

Costa *et al.* (2003), evaluaron embriones de *Malpighia emarginata* D.C., y encontraron que al usar tetrazolio al 0.5 % durante 12 horas de tinción, mostraron color rojo intenso y uniforme, lo que indicó embriones viables y vigorosos; resultados que concuerdan con los encontrados en la presente investigación donde los embriones de las dos especies se comportaron de manera semejante en viabilidad y vigor.

Los embriones teñidos de color rosa pálido uniforme, son considerados con capacidad para originar plántulas normales, pero posiblemente tengan lenta germinación o problemas para emerger por el bajo vigor que presentan (Jorge *et al.*, 2006). Salinas *et al.* (2001) mencionan que las semillas que presentan alta viabilidad y vigor son aquellas que tienen altas probabilidades de emerger y establecerse sin ningún problema; sin embargo, las Malpighiaceae han presentado problemas que pueden deberse a algún tipo de dormancia o a la malformación del óvulo (Araújo y Minami, 1994). Jaimes *et al.* (2014), usaron embriones de semillas de *B. Crassifolia* almacenadas por seis meses, a -20 °C y humedad variable, que presentaron viabilidad pero con reducido vigor. Por otro lado Martinelli (1997) e ISTA (2007), mencionan que en especies forrajeras, un embrión es considerado viable, cuando éste presenta tinción en más de una tercera parte de la radícula.

La germinación en especies silvestres, en general, es baja, situación que posiblemente se deba a que las semillas presentan algún tipo de latencia, evitando la germinación inmediata (Gómes, 2001). Benito-Matias *et al.* (2004) señalan que la prueba de viabilidad con tetrazolio no siempre predice el potencial germinativo de las semillas, porque cada

especie es diferente y la calidad de la semilla varía de acuerdo a factores internos y externos. En los tejidos de embriones acondicionados en agua, se acelera la respiración y se mejora la tinción celular (Benito-Matías *et al.*, 2004), lo que concuerda con esta investigación, que a mayor tiempo de imbibición, concidió con mejores resultados.

Estudios realizados en acerola (*Malpighia puniceifolia* D.C.), concluyen que la imbibición influye en la viabilidad y vigor de las semillas (Azerêdo *et al.*, 2005). Esta investigación coincide con Jaimes *et al.* (2014), quienes mencionan que los embriones con baja tinción coinciden con poco vigor e incapaces para generar una plántula vigorosa (Moreno, 1996); sin embargo, el origen de esta situación puede ser ocasionada por factores propios o ajenos a la misma semilla (Salinas *et al.*, 2001).

6.5 CONCLUSIONES

Los embriones de *M. mexicana* y los de *B. crassifolia* requieren acondicionamiento en agua destilada durante 24 h y tiempos para tinción de 48 h; sin embargo, para una mejor evaluación de la viabilidad y vigor, *M. mexicana* demanda una concentración del 0.1 % de tetrazolio y *B. crassifolia* del 1 %, respectivamente.

La prueba con tetrazolio permitió identificar diferentes niveles de calidad, según el patrón de tinción mostrado; donde el rojo intenso indicó semillas con alta viabilidad y vigor, colores rosa pálido baja viabilidad y por consiguiente poco vigor, y la no tinción mostró la muerte del embrión.

6.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson W R (1979). Floral Conservatism in Neotropical Malpighiaceae. *Biotropica*. 11: 219–223.
- Araújo P S R and K Minami (1994). *Acerola*. Campinas, SP: Fundação Cargill. pp. 81.

- Araújo P S R and K Minami (1993). Cultura da acerola. [Cultivation of acerola]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP. pp. 115.
- Ávila-Marioni M R, J L Jacobo-Cuellar, R Rosales-Serna, J de J Espinoza-Arellano, H González-Ramírez and A Pajarito-Ravelero (2012). Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México. *Tecnociencia Chihuahua*. 6:158–164.
- Azerêdo G A, V P Matos, K P Lopes, A Silva and L F Rodrigues (2005). Viabilidade e vigor de sementes de acerola (*Malpighia puniceifolia*) submetidas à embebição sob diferentes temperaturas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 35:81–84.
- Azerêdo G D, V P Matos, M L A R Germeno and A A de Lima (1994). Efeito da temperatura e períodos de embebição na germinação de sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13. Salvador. Anais... Salvador: SBF. Resumos, 1. pp. 1211.
- Barbosa dos R C Z, M S de Mendonça and S R Rodrigues (2014). Seedling morphology of three sympatric savanna species of *Byrsonima*: First evidence of cryptogeal germination in Malpighiaceae and an overlooked seedling type in eudicots. *Journal, Elsevier, Flora*, 209: 401–407.
- Benito-Matías L F, N Ferrero-Sierra, I Jiménez and J L Peñuelas-Rubira (2004). Application of colorimetric methods for the viality determination of *Pinus pinea* seeds: tetrazolium and indigo carmine tests. *Actas de la III Reunión sobre Repoblaciones Forestales. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. 17:23–28.
- Carvalho N M and J Nakagawa (2000). Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP. pp. 588.
- Costa L C, M C M D Pavani, F V Moro and D Perecin (2003). Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia emarginata* DC): avaliação da vitalidade dos tecidos. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*. 25: 532–534.
- Elesbao J and M Barbosa (1995). Botânica. Do acerola. In: Sao José A y R Alves (eds.). *Acerola en Brasil*. Bahía, Brasil.

- França N J B, F C Krzyzanowski and N P O Costa (1998). Teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, (EMBRAPA-CNPO. Documentos, 116). pp.72.
- García-Hoyos A, J Sánchez-Robles, L A García-Hernández and F de León-González (2011). Reproducción sexual e influencia de sustratos en el desarrollo de *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae). Polibotánica. ISSN 1405-2768; México. 32:119–133.
- Gomes J E (2001). Aspectos botânicos, físicos-químicos, genéticos e influências meteorológicas em aceroleiras (*Malpighia emarginata* D C.) no processo seletivo de genótipos de Itápolis, Viradouro e Jaboticabal, SP. Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidad Estadual Paulista, Jaboticabal. pp. 250.
- Gomes J E, M Do C Pavini, D Perecin and G A B Martins (2001). Flower morphology and reproductive biology of west Indian cherry genotypes. Scientia Agricola. 58:519–523.
- INEGI (2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Dirección General de Geografía. Coordinación de Desarrollo de Proyectos. Subdirección de Actualización de Marco Geoestadístico. (Fecha de consulta: Junio 2014).
- ISTA (2010). International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. ISBN 3-906549-38-0. Zürich, 21. pp. 288.
- ISTA (2007). International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Chapter 6: Tetrazolium Test. Seed Science and Technology. 6–10 pp.
- ISTA (2005). International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- Jaimes A C, G de los S García, A C Carballo, G Z Calderón, F A Jaimes, and J A S Cuevas (2014). Tolerancia a la desecación en semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) Kunth. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5:819–831.
- Jorge A, T Victoria, R Carmen, C Bonilla, S Manuel and O Sánchez (2006). Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. Acta agronómica. 55:1–15.
- Krzyzanowski F C and J B França-Neto (2001). Vigor de sementes. Informativo ABRATES, Londrina. 11:81–84.

- Laskowski L y D Bautista (1998). Evaluación de las características vegetativas, productivas y de calidad de las plantas de semeruco cultivadas en zonas áridas. *Agronomía Tropical*. 48:239–249.
- Laskowski L y D Bautista (2003). Estudio fenológico del crecimiento y desarrollo de la plántula de semeruco *Malpighia emarginata* D.C. *Bioagro*. 15:183–191.
- Maldonado-Peralta M A, G de los S García y A R Rojas-García (2014). Morfología de fruto y endocarpio de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.). 3^{er} Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas. 6 y 7 de diciembre Chapingo, México. 82–87 pp.
- Mariutti R B L, E Rodrigues, C R Chisté, E Fernandes and A Z Mercadante (2014). The Amazonian fruit *Byrsonima crassifolia* effectively scavenges reactive oxygen and nitrogen species and protects human erythrocytes against oxidative damage. *Food Research International*. 64:618–625.
- Martinelli A H (1997). Tetrazolium test procedure for *Eragrostis curvula*. ISTA Tetrazolium Workshop, 3-7 November, Buenos Aires, Argentina. National Seed Institute Official Seed Testing Station Argentina. pp. 4.
- Mello V D C e M A A Tillmann (2001). Análise de sementes. Módulo 4. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS. Curso de Especialização por Tutoria a Distância. Brasília, D.F. pp. 88.
- Mondin M, C A De Oliveira and C M L Vieira, (2010). Karyotype characterization of *Malpighia emarginata* (Malpighiaceae). *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP*. 32:369–374.
- Moreno M E (1984). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. [Physical and biological analysis of agricultural seeds]. (1a edición). Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México, México. 169–184 pp.
- Moreno M E (1996). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. [Physical and biological analysis of agricultural seeds]. (3ra. Edición). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. México, México. pp. 393.

- Nacif S R, M C Guardia and P L R Moraes (1996). Morfologia e anatomia das sementes de acerola (*Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae)). (Morphology and anatomy of seeds of acerola (*Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae))). Revista Ceres. 43:597–610.
- Peretti A (1994). Manual para análisis de semillas. [Manual analysis of seeds]. (1a ed. Editor: Hemisferio Sur). Buenos Aires. Vol. II., Buenos Aires, Argentina. pp. 282.
- Piña-Rodrihes F C M, M B Figliolia and M C Peixoto (2004). Testes de qualidade. In: Ferreira A G and F Borghetti (2004). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre, Artmed. 283–297 pp.
- Ruiz M A (2009). El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas. [Tetrazolium analysis quality control seeds]. Caso de estudio: cebadilla chaqueña. EEA INT Anguil, Publicación Técnica 77. 1–19 pp.
- Russi D, J Rodríguez, R Bartosik and A Peretti (2010). Adaptación del test de tetrazolio para la detección rápida del daño en la calidad del trigo por altas temperaturas durante el secado. [Adaptation of tetrazolium test for rapid detection of damage in wheat quality by high temperatures during drying]. Análisis de semillas. 4:60–65.
- Salinas A R, A M Yoldiján, R M Craviotto and V Bisaro (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. [Vigor tests and physiological quality of soybean]. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília. 36:371–379.
- SAS Institute (2009). SAS/STAT® 9.2. User's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc., USA.
- Souto S L and T D M Oliveira (2008). Morfoanatomia e ontogêse das sementes de espécies de *Banisteriopsis* C.B. Robinson e *Diplopterys* A. Juss. (Malpighiaceae). Acta botanica. Brasilica. 22:733–740.
- Spina L A T and N M Carvalho (1986). Testes de vigor para selecionar lotes de amendoim antes do beneficiamento. Ciência Agronômica, Jaboticabal. 1:13– 18.
- Victoria T, A Jorge, C Bonilla, R Carmen, O Sánchez And S Manuel (2006). Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. Acta agronómica. 55:1–15.

Vieira R D and N M Carvalho (1994). Testes de vigor em sementes. FUNEP, Jaboticabal, SP, Brazil. (in Portuguese). pp. 164.

VII. GERMINACIÓN Y FENOLOGÍA DE LA PLÁNTULA DE NANCHE (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.)

GERMINATION AND SEEDLING PHENOLOGY OF NANCHE (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.)

RESUMEN

La fenología del nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.), está vinculada a diferentes ciclos de adaptación para el crecimiento y desarrollo. Con el objetivo de evaluar la morfología y fenología de la germinación, desde la protrusión hasta la emisión de hojas verdaderas en nanche, se realizó esta investigación en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados. Los frutos se colectaron en Oaxaca, se despulparon y las semillas se lavaron y secaron. Se contaron 100 semillas, se sembraron en charolas llenadas con agrolita, se colocaron en el invernadero y se monitorearon diariamente para observar cada fase de desarrollo. De las plántulas germinadas, con hojas cotiledonales se determinaron las características morfológicas y de calidad de Dickson. Se hicieron observaciones de cada fase de desarrollo desde la protrusión, salida de raíz primaria, y secundarias, hasta hojas verdaderas. Se encontró que en esta fase de plántula las características son normales. De acuerdo al índice de calidad de Dickson, las plántulas serán de buena calidad, si el desarrollo continua con condiciones adecuadas se podrán establecer en campo sin problema alguno.

Palabras clave: semilla, protrusión, calidad, morfología

ABSTRACT

Nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.), phenology is linked to different cycles for growing adaptation and development. In order to evaluate the morphology and phenology of germination, from the protrusion to the issue of true leaves in nanche, this research was conducted at the Laboratory. of seeds of the Colegio de Postgraduados. The fruits were collected from Oaxaca. Then seeds were depulped and seeds were washed and dried. 100 seeds were counted, seeded into pots filled with perlite, they were placed in the greenhouse and were monitored daily to observe each phase of development. Seedlings were evaluated according with the standars of Dickson morphological and quality characteristics. It was observed each stage of development from the protrusion, primary and secondary output taproot, to true leaves. It was found that at this stage the seedling were normal. The seedlings could be established in the field without no problem.

Key words: seed, protrusion, quality, morphology.

7.1 INTRODUCCIÓN

La fenología se define como el estudio de la variación temporal en los fenómenos biológicos vinculados a ciertos periodos o ciclos (Arteaga, 2007; Mundarain *et al.*, 2005), así como la adaptación de la planta a diversas condiciones ambientales, lo cual hace posible su supervivencia y crecimiento (Birchler *et al.*, 1998). Esto es esencial para el estudio de las plantas (Mostacedo y Fredericksen, 2000), porque permite conocer todas las fases; sin embargo, las plantas experimentan cambios visibles o no y que están en estrecha relación con la especie, el clima, disponibilidad de agua y condiciones biológicas (Gastiazoro, 2000; Mundarain *et al.*, 2005). En el manejo forestal, la fenología se ha utilizado para la planeación del establecimiento de árboles semilleros (Guariguata, 1998).

El esfuerzo por el conocimiento y el control de los factores que pueden condicionar el éxito o el fracaso de las poblaciones vegetales, es históricamente la principal preocupación de los profesionales del área, es por eso la importancia del estudio de la morfología, la misma que se define como la forma o estructura de un organismo en alguna de sus partes, concepto que deriva el hecho de la gran diversidad de atributos físicos que pueden medirse en una planta, desde los más visibles y obvios como la altura, diámetro, peso en fresco y seco, hasta los más complejos como el número de estomas, espesor de corteza, semillas etc., parámetros que actualmente se pueden usar como estimadores de calidad de planta.

Por lo anterior, es conocido que las características de calidad de una planta son el resultado del efecto del estado hídrico, nutrimental, concentración de carbohidratos y su sanidad; la altura, diámetro, sistema radical y lignificación de la planta constituyen las características morfológicas, donde se utilizan índices que estiman con mayor precisión la calidad, entre ellos se mencionan: la relación tallo/raíz, el cociente altura/diámetro, el índice de vigor y el índice de calidad, de calidad de plántula de Dickson (Dickson *et al.*, 1960; Duryea, 1984; Lopushinsky, 1976). A nivel general, se ha comprobado que la morfología, el tamaño y la cantidad de nutrimentos en los tejidos de una planta tiene

influencia directa en la supervivencia y crecimiento de las plantas (Rose, 1995). Por ello, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la germinación, así como la calidad morfológica y fenológica de la plántula, desde la protrusión hasta la emisión del primer par de hojas verdaderas en el nanche *Byrsonima Crassifolia* (L) H. B. K.

7.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el laboratorio del Programa de Análisis de Semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, en Texcoco; en el periodo noviembre-diciembre de 2013. Los frutos de *B. crassifolia* se adquirieron en el mercado de la central de abastos de la ciudad de Oaxaca, traídos del Istmo de Tehuantepec, ubicado a 16°19'28" LN y 95°14'20" LO, a una altitud de 50 m, el clima es de trópico cálido, con escasa oscilación térmica a lo largo del año (INEGI, 2012). Se colocaron en cajas de madera y se trasladaron al laboratorio, donde se despulparon tallándolos en un tamíz de malla de alambre y se enjuagaron hasta eliminar la mayor pulpa posible, se dejaron secar durante una semana a la sombra. Para observar las características morfológicas de la plántula se pusieron a germinar 100 semillas, sembradas en charolas de 500 mL llenadas con agrolita húmeda como sustrato, se colocaron en el invernadero y se monitorearon diariamente para observar las siguientes características:

- a). Protrusión.
- b). Emisión de raíz primaria.
- c). Emisión del hipocótilo.
- d). Elongación de los cotiledones y aparición de otras partes de la plántula.
- e). Emisión de raíces laterales.
- f). Emisión del primer par de hojas verdaderas.

Para la evaluación morfológica del índice de calidad de Dickson, se tomaron plántulas completas sanas y sólo con el par de cotiledones; para ello, se consideraron cinco repeticiones de cinco unidades experimentales cada una, las plántulas se sacaron

cuidadosamente del sustrato, se lavaron con agua y se trasladaron al laboratorio, donde con una regla (cm) se evaluó la altura de planta desde el cuello de raíz hasta el ápice, longitud y ancho de hojas cotiledonales, y longitud del peciolo. El diámetro de tallo se midió con un vernier Truper Stainless® Steel, dado en mm. Con una báscula electroanalítica (Scientech ZSA 120), se tomó el peso (g) en fresco y seco (secadas en estufa a 75 °C por 72 h). Se determinó el índice de calidad de las plantas, mediante las siguientes estimaciones:

$$\text{Índice de esbeltez o vigor} = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} \quad (\text{Thompson, 1985}).$$

$$\text{Relación parte aérea/raíz} = \frac{\text{Peso seco del tallo (g)}}{\text{Peso seco de la raíz (g)}} \quad (\text{Thompson, 1985}).$$

$$\text{Índice de calidad de Dickson} = \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco de raíz (g)}}}$$

Dickson *et al.*, (1960).

7.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.3.1 Fenología de la germinación

La semilla del nanche presenta dificultades para germinar. En la Figura 1 se puede observar la secuencia de la germinación y emergencia de *B. crassifolia*. Dentro de cada semilla hay de uno a tres embriones, los tres tienen la capacidad para germinar al mismo tiempo, pero normalmente germina de uno en uno. Indicando que la primer semilla que se encuentra en el lado izquierdo es completa sin presencia de rotura alguna; sin

embargo, la aparición de la radícula o raíz embrionaria evidencia la germinación (Solomón *et al.*, 2001), la siguiente imagen ya registra germinación del primer embrión, luego hay otra imagen donde han germinado los tres embriones; en esta investigación la ocurrencia promedio de este evento en las semillas de nanche, quedó determinado a los 25 días después de la siembra, fenómeno que se siguió observando hasta el día 100, con 30 % de plántulas emergidas.



Figura 1. Fenología de la germinación de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.), y plántula con hojas verdaderas.

La radícula es blanca cuando emerge y continua creciendo en longitud y grosor. En ocasiones la germinación de los tres embriones es sincronica o asincronica. Por ejemplo, se presentó el caso en que un embrión germinó y cuando la radícula de éste tenía 5 mm de longitud, germinó el segundo, apareciendo la segunda raíz. Cuando la radícula tuvo en promedio 2 cm de longitud, el hipocótilo blanco comenzó a crecer, éste se desarrolló a la par con los cotiledones rompiendo el tegumento, el desdoblamiento de cotiledones inició cuando el hipocótilo tenía 1 cm de longitud. Los cotiledones color amarillo, empalmados y enrollados en forma espiralada comienzan a expandirse. Gregori (1994) indica que existe un equilibrio funcional entre el crecimiento de los órganos del vástago y el sistema radicular, de tal forma que el desarrollo de uno afecta el crecimiento del otro.

Se observó que normalmente la hoja cotiledonal interna o izquierda (posición en la que se observó en esta investigación) es de tamaño mayor a la externa o derecha, esto es consecuencia de la disposición de éstos en el embrión dentro de la semilla, la plántula sigue viviendo de las reservas de los cotiledones, porque esta especie no presenta endospermo; los cotiledones comienzan a expandirse hasta quedar uno lateral del otro, tomando color verde y preparandose para la realización de la fotosíntesis y a la vez claramente se observa el inicio del desarrollo de raíces secundarias, que salen muy cerca del cuello de raíz, el tallo cambia a color café, la radícula es de menor grosor que el tallo.

Después crece el ápice formando el epicótilo y cuando éste presenta un tamaño como de 1 cm en promedio, salen las primeras hojas verdaderas y también un mayor número de raíces secundarias y terciarias convirtiéndose ya propiamente en una plántula completa. Monterrey y Trujillo (1994), mencionan que una plántula comprende desde la emergencia, alargamiento del hipocótilo hasta la caída de los cotiledones. Las dicotiledóneas se caracterizan por presentar un sistema radical fijo con raíz primaria y sus ramificaciones (Mundarain *et al.*, 2005). En plántulas de nanche se observó el desarrollo de un sistema radical bien establecido y los cotiledones se mantuvieron hasta un máximo de 6 meses.

7.3.2 Características y calidad de las plántulas

Las plántulas fueron normales en su desarrollo (Cuadro 1). En promedio el peso fresco fue de 123.37 mg y tuvieron 6.06 cm de longitud. Se encontró que el hipocótilo tenía mayor crecimiento que la radícula. La hoja cotiledonar izquierda fue de mayor longitud, superando en esta etapa por 2.09 mm al derecho y el diámetro medio fue igual en los dos cotiledones. Como se ha mencionado en esta etapa de desarrollo se encontró que la parte aérea es de mayor peso que la parte radicular; en total promedio una plántula presenta 110.84 mg de agua y 12.53 mg de materia seca, por su tamaño se puede observar que la parte aérea es fundamental en el proceso de desarrollo, pues también el diámetro de tallo fue mayor al del cuello de la raíz.

Cuadro 1. Promedio de características morfológicas de las plántulas de nanche.

Variable	Dato
Peso fresco aéreo	106.01 mg
Peso fresco de raíz	17.362 mg
Peso seco aéreo	11.31 mg
Peso seco de raíz	1.22 mg
Longitud del hipocótilo	3.21 cm
Longitud de raíz primaria	2.85 cm
Longitud de cotiledon izquierdo	2.40 cm
Longitud de cotiledon derecho	2.191 cm
Diámetro de cotiledon izquierdo	0.381 cm
Diámetro de cotiledon derecho	0.381 cm
Diámetro del hipocótilo	1.265 mm
Diámetro de raíz (cercano al cuello)	0.843 mm

Los cotiledones en la semilla se encuentran expuestos en forma de espiral, dispuestos en posición contraria a las manecillas del reloj. La calidad de las plántulas de nanche fue buena (Cuadro 2). El índice de esbeltez o la relación entre la altura y el diámetro fue de 2.538. Mateo-Sánchez *et al.* (2011), estudiaron plantas de pino de 30 cm de altura aérea y

mencionan que cuando el índice de esbeltez fue de 4.76, estas presentaron calidad media. Este índice relaciona directamente la capacidad fotosintética con la resistencia de la plántula (Toral, 1997); adicionalmente, Thompson (1985) menciona que valores bajos caracterizan a una plántula robusta y con menos probabilidad de daños físicos. En esta investigación se encontró buena calidad en las plántulas, pero el índice es bajo en comparación con Reyes (2005) y Roman *et al.* (2001), quienes encontraron 6.55 y 12.08 de índice de esbeltez en plántulas de pino, respectivamente. Las plantas que crecen en condiciones adecuadas presentan calidad y esbeltez, lo que se refleja en un buen desarrollo (Piña y Arboleda, 2010).

Cuadro 2. Parámetros de calidad en las plántulas de nanche de acuerdo a Dickson.

Índices de calidad	Dato
Índice de esbeltez o vigor	2.54
Relación parte aérea-raíz	0.0093
Índice de calidad de Dickson	0.0044

La relación parte aérea-raíz mostraron valores bajos (Cuadro 2). Por lo que a esta edad de las plántulas, no es posible saber si serán capaces de sobrevivir o no en campo. Estas plantas tropicales crecen en condiciones de sequía extrema, por ello requieren suficientes reservas para sobrevivir. Plantas listas para trasplantarse en campo, que crecen en selva alta caducifolia requieren una relación parte aérea-raíz de 2 (Mateo-Sánchez *et al.*, 2011; Reyes, 2005).

El índice de Calidad descrito por Dickson en las plántulas de nanche fue de 0.004 (Cuadro 2); éste dato indica el equilibrio presente en las plántulas. Valores superiores a 0.6 en éste índice, muestra crecimiento aéreo excesivo (Román *et al.*, 2001), mientras que un índice de 0.2 no es adecuado (Cobas *et al.*, 2001). Las plántulas evaluadas en esta investigación tienen la oportunidad de seguir desarrollándose con calidad, pues si se

mantien con las características de humedad, nutrimentos y temperatura, tendrán éxito al trasplantarse en campo. Da silva *et al.* (2007), mencionan que las plantas desarrolladas bajo condiciones de sombra, tienen menor calidad, con menor resistencia a condiciones de campo impuestas por factores ambientales.

7.4 CONCLUSIONES

La germinación es un proceso extraordinario de la naturaleza, y en el nanche se lleva a cabo apartir de un embrión pequeño sin endospermo.

Las plántulas de nanche presentaron características morfológicas normales, con capacidad para convertirse en plantas fuertes.

El índice de esbeltez y el índice de calidad de Dickson en el nanche, mostraron plántulas que podrian establecerse en campo, contando con condiciones agroclimáticas adecuadas.

7.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga L L (2007). Fenología y producción de semillas de especies arboreas maderables en un bosque húmedo montano de Bolivia (PN ANMI Cotapata). Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental. 21:57–68.
- Birchlet Y, R W Rose, A Royo y M Pardos (1998). La planta ideal: Revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. Investigación Agrícola: Sistema de Recursos Forestales. 7:109–121.
- Cobas L M, I Castillo, I E González (2001). Comportamiento de diferentes parámetros morfológicos en la calidad de la planta de *Hibiscus elatus* sw., cultivada en viveros sobre tubetes en la provincia de Pinar del Río. Revista Avances. 3:17–21.
- Da Silva R, G de Freitas, S Siebeneichler, J de Mata y J Chagas (2007). Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. Acta Amazonica. 37:365–370.

- Dickson A, A Leaf L and J Hosner F (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry chronicle*. 36:10–13.
- Duryea M L (1984). Nursery cultural practices: impacts on seedling quality. In: Duryea M L and T D Landis (Eds.): *Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings*. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. Oregon State University. Corvallis, OR. USA. 143–164 pp.
- Gastiazoro T (2000). *Fenología Agrícola*. Facultad de Ciencias Agrarias. U.N.C. Argentina.
- Gregory P (1994). Root growth and activity. In: K. Boote, J. Bennett, T. Sinclair y G. Paulsen (eds) *Physiology and Determination Crop yield*. Amer. Soc. Agron. Crop Sci. Madison, WI. 65–93 pp.
- Guariguata M R (1998). Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo foresta. Serie técnica. Informe Técnico N°304, CATIE, Costa Rica. pp.25.
- INEGI (2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Dirección General de Geografía. Coordinación de Desarrollo de Proyectos. Subdirección de Actualización de Marco Geoestadístico. www.inegi.gob.mx/prod_serv/..espanol/bvinegi/.../2005/agenda2005.pdf (Fecha de consulta: Enero 2014).
- Lopushinsky W (1976). Relationship of shoot-root ratio to survival and growth of outplanted Douglas -fir and ponderosa pine seedling. U.S.D.A. Forest Serv., Pacific NW Forest and Range Exp. Sta., Res. Note PNW-274. Portland, OR. USA. pp.7.
- Mateo-Sánchez J J, R Bonifacio-Vázquez, S R Rérez-Ríos, L Mohedano-Caballero y J Capulín-Grande (2011). Producción de (*Cedrela odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai*. 7:123–132.
- Monterrey P C A y B Trujillo (1994). Identificación de plántulas de Cactaceae representativas de algunos géneros presentes en Venezuela. *Ernstia*. 4:37–67.
- Mostacedo B y T S Fredericksen (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. BOLFLOR, Santa Cruz. pp.87.

- Mundarain S, M Coa y A Cañizares (2005). Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.). Revista UDO Agrícola. 5:62–67.
- Piña M y M E Arboleda (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de planta de *Crescentia cujete*. Bioagro. 22:61–66.
- Reyes R J (2005). Prácticas culturales para mejorar la calidad de plantas de *Pinus patula* y *P. Pseudostrobus* var. *Apulcensis* en vivero. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados, Montecillos, México. pp.95.
- Román J A R, H J J Vargas, H, C G A Baca, A S Trinidad y M P B Alarcón (2001). Crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* Engelm., en respuesta a la fertilización. Ciencia Forestal en México. 26:19–43.
- Rose R (1995). The target seedling concept. In Target Seedling Symposium. Proceedings, combined meeting of the western forest Associations. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- Solomon E, L Berg y D Martín (2001). Biología. Quinta Edición. México.
- Thompson B E (1985). Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking. In: Evaluating seedling quality; Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Test. M. L. Duryea (ed.). Forest Res. Lab., Oregon State University, Corvallis, Or. USA. 59-71 pp.
- Toral I M (1997). Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo forestal integral de Jalisco. SEDER., Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. México. pp.28.

VIII. IMBIBICIÓN EN SEMILLAS RECIÉN COSECHADAS DE NANCHE (*Malpighia mexicana* A. Juss. Y *Birsonima crassifolia* (L.) H. B. K.)

WATER UP TAKE OF FRESHLY HARVESTED SEEDS OF NANCHE (*Malpighia mexicana* A. Juss. Y *Birsonima crassifolia* (L.) H. B. K.)

RESUMEN

La imbibición de las semillas es un proceso fundamental para la activación bioquímica interna. La investigación se realizó en el Laboratorio de Semillas y de Botánica del Colegio de Postgraduados, con el objetivo de estudiar la imbibición en dos especies de nanche, (*Malpighia mexicana* A. Juss. Y *Birsonima crassifolia* (L.) H. B. K.) sometidas a diferentes tratamientos para determinar la capacidad y velocidad de absorción de agua en las semillas durante el proceso de germinación. En el primer experimento se utilizaron 80 semillas de cada especie, colocadas en cajas de Petri sobre algodón húmedo; en el segundo, se tomaron 4 repeticiones de 100 semillas, cada una se envolvió en un saco y se colocaron en un recipiente con 3 L de agua; en el último, se usaron 4 repeticiones de 25 semillas de cada especie y se separó la testa del embrión, se colocaron en cajas de Petri sobre algodón húmedo. El peso se registró y la tasa de imbibición se calculó restando el peso final al inicial. Los resultados mostraron que cada especie presenta un comportamiento diferente; *B. crassifolia* presenta latencia física de testa y *M. mexicana* pierde solutos. El embrión individual de *B. crassifolia* absorbe mayor cantidad de agua mientras que en *M. mexicana* hay mayor imbibición en la testa.

Palabras clave: absorción, agua, latencia, embrión.

ABSTRACT

Water uptake of seeds is a fundamental internal biochemical activation process. The research was conducted at the Laboratory of Botany and Seeds at the Colegio de Postgraduados, with the aim of studying the embedding nanche of two species (*Malpighia mexicana* A. Juss. Y *Birsonima crassifolia* (L.) H. B. K.), subjected to different treatments, in order to determine the potential and germination speed of intake of water uptake during the germination process. In the first experiment 80 seeds were placed in petri dishes on moist cotton; in the second, four replications of 100 seeds, each wrapped in a bag and placed in a container with 3 L of water were taken. Four replications of 25 seeds of each species were used and the head of the embryo was removed, then they were put in Petri dishes on on wet cotton. The weight was recorded and the rate of imbibition was calculated by subtracting the final weight initial. The results showed that each species of this family was different, *B. Crassifolia* presents physical latency of head and *M. mexicana* lose solutes. The individual embryo *B. crassifolia* absorbs more water whereas in *M. mexicana* there is greater imbibition of the seed coat.

Key words: absorption, water, latency, embryo.

8.1 INTRODUCCIÓN

El nanche (*Malpighia mexicana* A. Juss.), la acerola (*Malpighia emarginata* Sessé y Moc. Ex D.C. ó *Malpighia puniceifolia* D.C.) y el semeruco (*Malpighia glabra* L.) crecen en zonas de trópico seco, donde desarrollan plantas de porte arbustivo, tallos retorcidos y frutificación casi todo el año (Araujo y Minami, 1994, Nassif y Cícero, 2006); mientras que en trópicos húmedos son árboles mejor formados y de mayor altura. El nanche amarillo (*Byrsonima crasifolia* (L.) H. B. K.) presenta igual crecimiento, en las montañas secas con selva baja caducifolia sus tallos son arbustivos, retorcidos de porte bajo y en zonas de mayor humedad son árboles frondosos de hasta 8 m de altura.

El agua es esencial para la vida, diversidad y cantidad de vegetación existente en los diferentes ecosistemas y es el factor de mayor influencia en el proceso de hidratación de las semillas. La imbibición es la absorción de agua por parte de la semilla dependiendo de la permeabilidad de la testa, siendo ésta una barrera fundamental en la velocidad de incorporación de agua, permitiendo que ocurra o no la imbibición por el embrión, con consecuentes efectos en los cotiledones y en la semilla (Azcón y Talon, 2003; Méndez-Natera *et al.*, 2008; Moreno *et al.*, 2006). La imbibición ocurre en las semillas, sin importar si éstas son viables o no, de tal forma que la absorción del agua por ellas está fuertemente influenciada por la testa y la permeabilidad que ésta tenga (Méndez *et al.*, 2008). Los tejidos de reserva absorben agua a una velocidad intermedia hasta completar la hidratación (Moreno *et al.*, 2006); entre más grande sea la disponibilidad para las semillas más rápido será el proceso de imbibición (Carvalho y Nakagawa, 1983; Guimarães *et al.*, 2008).

La velocidad de absorción de agua por la semilla varía de acuerdo con la especie, permeabilidad, disponibilidad del agua y temperatura (Popinigis, 1985), y en aquellas semillas que presentan lenta germinación, se puede acelerar mediante tratamientos de imbibición (Hartmann y Kester 1975). Hay reportes de que en acerola no hay ninguna

respuesta a estos tratamientos (Frazão *et al.*, 1984; Lopes, 1993; Souza, 1999; Souza *et al.*, 1999); sin embargo, Azeredo *et al.* (2005) indican que es al contrario, pues en semillas de acerola la imbibición en agua a temperatura ambiente durante 72 h aumenta considerablemente la germinación.

Los frutos de nanche tienen tres semillas pequeñas y son proporcionales al tamaño del fruto; estas semillas presentan bajo porcentaje de germinación y, dependiendo del grado de maduración del fruto al cosecharse es el tiempo que tardan para germinar, lo que puede llevar hasta varios meses, siendo muy común la ocurrencia de semillas vanas, afectando la futura germinación; esto es porque de los tres óvulos presentes, algunos sufren malformación, degeneración del saco embrionario o falta de fertilización, y solamente uno o dos se desarrollan, lo que resulta en baja germinación (Costa *et al.*, 2003). *M. puniceifolia* presenta entre 15 y 30 % de germinación, porcentajes causados por problemas de anomalías de la formación del ovulo, degeneración del saco embrionario, ineficiencia de agentes polinizadores y otros factores que aun faltan por estudiarse (Araujo y Minami, 1994; Azerêdo *et al.*, 1994; Azerêdo *et al.*, 2005; Germano *et al.*, 1994). Estudios realizados en semillas de acerola han demostrado que en muchos casos existe ausencia del embrión en una proporción mayor al 50 % (Muser *et al.*, 1986), que se atribuye a posibles problemas de incompatibilidad.

En México, estas especies presentan un bajo grado de explotación, debido a que no se le ha dado la importancia al valor nutrimental, aceptación del fruto en el mercado y a las condiciones en las que se desarrolla el cultivo; sin embargo, uno de los problemas más serios que presentan estas especies es el relacionado a la propagación tanto sexual como asexual, es por ello que se tiene la necesidad de realizar trabajos desde aquellos más simples y que sirvan como base de futuras investigaciones. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar el fenómeno de la imbibición en la semilla de dos especies de nanche, sometidas a diferentes tratamientos para determinar su importancia en la germinación.

8.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de las curvas de imbibición, que mostraron la dinámica del agua en la semilla, se utilizaron dos especies de nanche, *B. crassifolia* y *M. mexicana*. Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Semillas y de Fisiología Vegetal, Ambiental y Biofísica de Botánica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo; donde se utilizaron diferentes procedimientos. En el primer método se pesaron individualmente cuatro repeticiones de 20 semillas de cada especie para cada tratamiento, 80 se escarificaron y 80 se dejaron completas. Cada repetición se colocó en algodón dentro de cajas de Petri, se humedecieron con igual cantidad de agua destilada (25 mL), sin inundar, se taparon y se colocaron en una estufa (Central Scientific División OF. CENCO) a 25 °C, 90 % de humedad relativa y 12 h luz, adicionando agua constantemente para evitar pérdida. Con el uso de una balanza electro-analítica (Scientech ZSA 120), las semillas se pesaron cada hora por 12 h, luego cada 12 h hasta que se obtuvieron pesos constantes o la germinación de las mismas.

En el segundo método se contaron 4 repeticiones de 100 semillas para cada especie, se envolvieron en un saco de malla fina de tela, con un listón se amarraron, se etiquetaron y se pesaron. Se sumergieron en un recipiente con 3 L de agua destilada a temperatura ambiente, se le colocó una bomba de aire para oxigenar el agua. Durante 24 h, el peso se realizó cada 4 h usando una balanza electro-analítica (Scientech ZSA 120), posteriormente, se continuó pesando cada 12 h hasta que los pesos se mantuvieron constantes y algunos disminuyeron. A la par de éste, se evaluaron embriones individuales y testa por separado, para ello se contaron 100 semillas de cada especie y con una tijera se abrieron. Sobre cajas de Petri se colocó el o los embriones y a un lado la testa, se humedecieron constantemente. El peso se realizó cada 4 h, luego cada 24, hasta que se observó reducción del mismo. La tasa de imbibición se calculó restando el peso de las semillas después de la imbibición menos el peso inicial.

8.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tasa de agua absorbida y el tiempo de imbibición se encontraron diferencias entre especies (Figura 1). Para *B. crassifolia* se observó que las semillas imbibieron igual cantidad de agua; las escarificadas presentaron entre 2 y 5 % de agua absorbida mayor a las no escarificadas o completas, manteniéndose hasta las 168 h, tiempo en el que se detuvieron las mediciones debido al inicio de la germinación. Las semillas completas a las 120 h presentaron una pequeña reducción, aumentando a las 144 y 148 h pero en menor peso a las escarificadas; en *B. crassifolia* la máxima absorción de agua fue de 36.04 %, mientras que en *M. mexicana* de 188.94 %, cantidad equivalente a casi dos veces mayor a su peso.

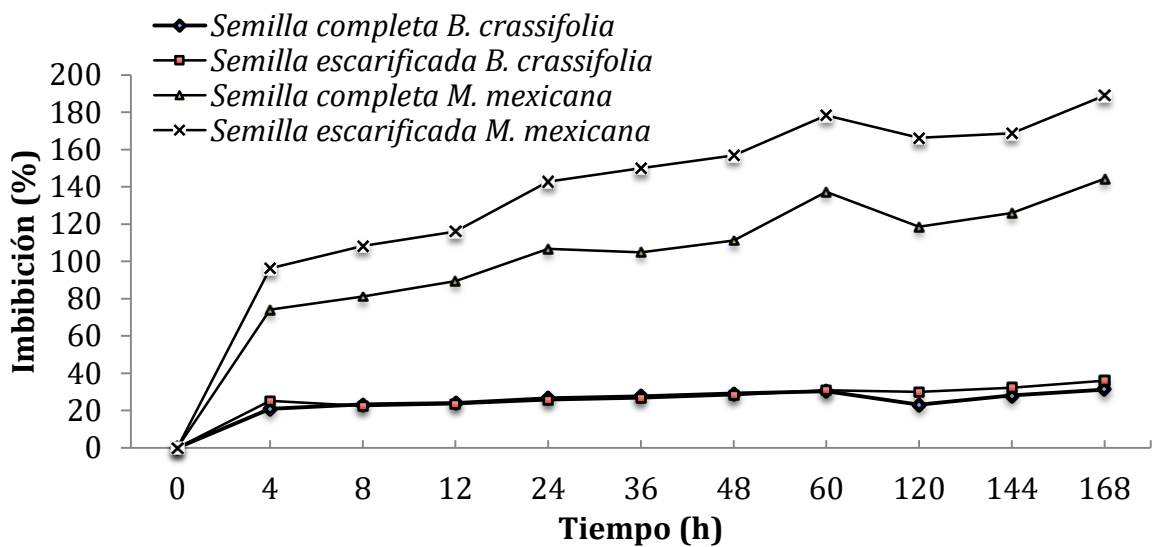


Figura 1. Absorción de agua en semillas escarificadas y completas de dos especies de nanche (*Malpighia mexicana* A. Juss. y *Birsonima crassifolia* (L.) H. B. K.).

Las dos especies presentaron mayor absorción de agua durante las primeras 4 h después de establecido el experimento. *M. mexicana* presentó tasas relativamente altas en comparación con *B. crassifolia*. En *M. mexicana* se observó que la imbibición fue continua, con picos de mayor absorción a las 24 y 60 h, posteriormente se encontró una reducción y a las 144 h inició una recuperación aumentando hasta las 168 h. En las dos especies de

nanche se presentó diferente cantidad de absorción de agua; se observó que al principio éstas imbiben mayor cantidad, luego disminuye para después reiniciarse nuevamente. Estudios realizados en *Swietenia macrophylla* indican que durante la imbibición hay un incremento considerable en peso (Paiva *et al.*, 2006). Méndez *et al.* (2008), observaron el mismo patrón de absorción rápida, luego una fase de detención y nuevamente un incremento aunque más lento, terminando con la protrusión de la radícula.

En la Figura 2 se observa que a medida que las semillas se mantienen sumergidas en el agua aumenta la imbibición; sin embargo, éste suceso es hasta cierto tiempo. Las semillas de *B. crassifolia* son de testa dura y leñosa, este lote presentó 30.59 % de absorción inicial, luego fue aumentando lentamente hasta las 108 h, donde hubo una reducción que se recuperó a los 4 días, manteniéndose hasta los 8 días que volvió a descender, luego con pequeños incrementos hasta los 14 días, donde hubo una disminución constante, posteriormente se realizaron observaciones a los embriones y se encontraron muertos.

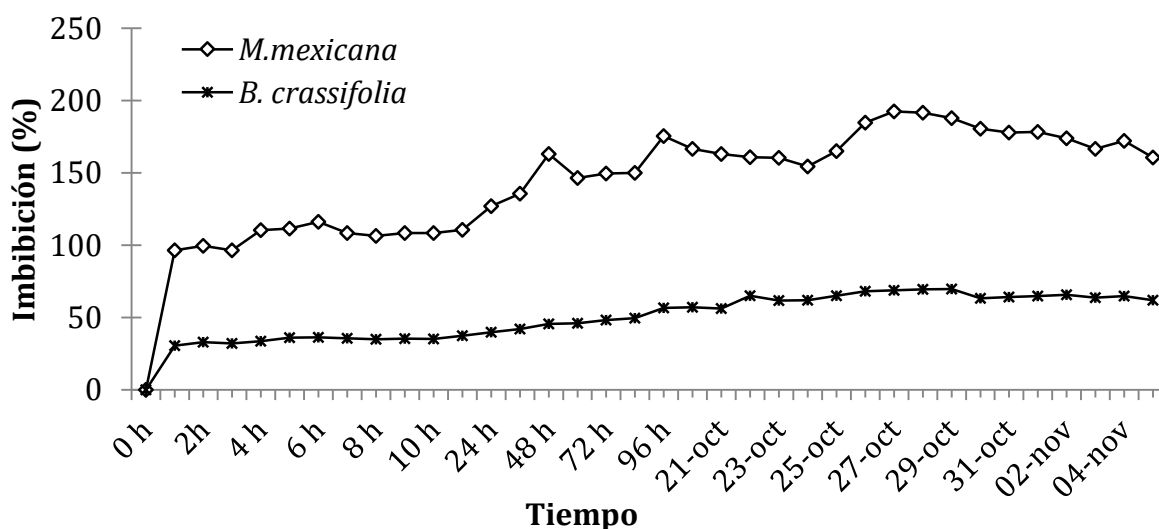


Figura 2. Cantidad de agua imbibida (%), en diferentes tiempos (h), en lotes de 100 semillas de dos especies de nanche (*Malpighia mexicana* A. Juss. y *Birsonima crassifolia* (L.) H. B. K.).

El lote de *M. mexicana* imbibió mayor cantidad de agua (Figura 2). La respuesta fue similar a la imbibición realizada en las semillas individuales; sin embargo, aquí las semillas se mantuvieron en agua durante todo el experimento, por ello se pudo observar y medir con mayor exactitud. Se encontró que a los 60 min del establecimiento, *M. mexicana* imbibió el 100 % de agua, posteriormente hasta las 11 h aumentó su peso pero de forma discreta, continuando con una rápida absorción por 37 h (hasta las 48 h), a las 60 h nuevamente se redujo, manteniéndose hasta las 84 h, donde empezó a imbibir nuevamente, pero a las 96 h descendió hasta los 8 días, para posteriormente volver a absorber hasta los 11 días, donde comenzó una pérdida sin recuperación. En esta especie se observaron con mayor exactitud las tres fases de incremento y decremento en la absorción de agua, como lo mencionan Bewley y Black (1983), y Mei y Song (2008); mientras que en *B. crassifolia* se encontraron incrementos pequeños pero constantes.

Los resultados de la Figura 3 muestran que el embrión de *B. crassifolia* absorbe agua en mayor cantidad que el endocarpio. Esta especie se caracteriza por presentar un endocarpio leñoso con surcos sinuosos y poros pequeños, y en cada semilla hay tres embriones ocupando el 64.3 %, y sólo el 35.7 % es testa (Maldonado-Peralta *et al.*, 2014). Se observó que una hora después de iniciado el experimento, el endocarpio presentó 29.17 % de imbibición; comparando éstos resultados con los de la Figura 2, se observa que una semilla completa sin escarificación, en el mismo tiempo absorbe sólo 1.42 % más que un endocarpio solo, éste porcentaje correspondería entonces al que ha sido absorbido por el embrión; sin embargo, fue interesante observar que cuando se evaluó el embrión, después de la primera hora, absorbió 86.60 % de su peso, después se mantiene un pequeño incremento, considerando que en este tiempo ocurre activación de eventos internos fisiológicos-bioquímicos; posteriormente, a las 5 h nuevamente hay un incremento abrupto hasta las 20 h, llegando a imbibir 158.38 %, y después se presenta un fuerte descenso de manera constante. Situación que no se pudo observar en las Figuras 1 y 2.

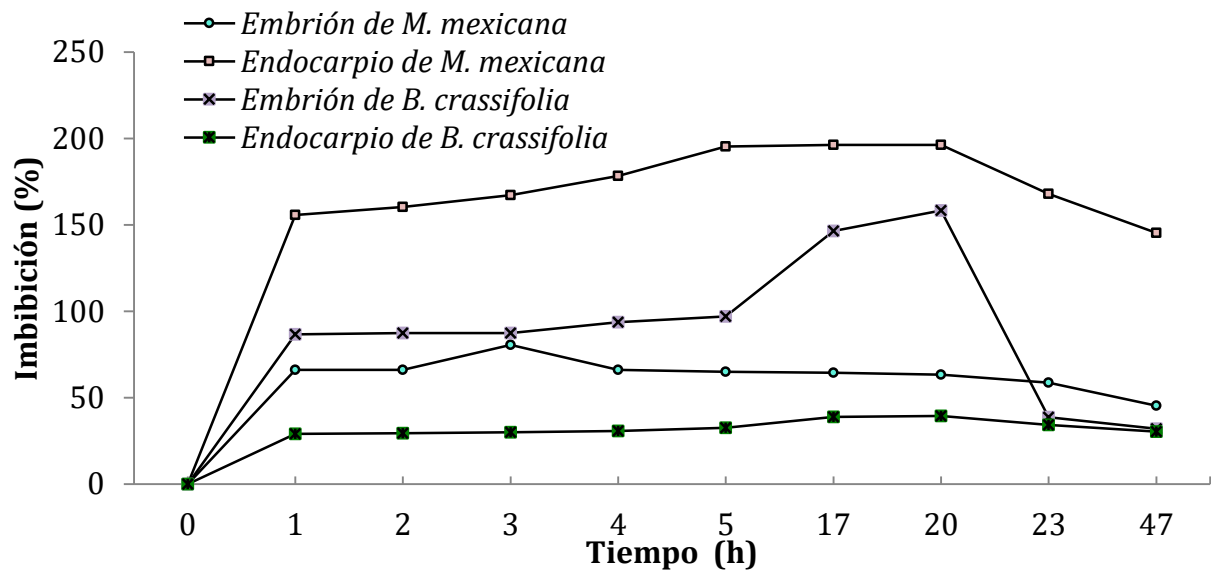


Figura 3. Cantidad de agua imbibida (%), en diferentes tiempos (h), en endocarpios y embriones de dos especies de nanche (*Malpighia mexicana* A. Juss. y *Birsonima crassifolia* (L.) H. B. K.).

En *M. mexicana* se encontró una situación diferente a *B. crassifolia* (Figura 3). El embrión de *M. mexicana* una hora después de puesto a imbibir, absorbió 66.20 % de agua, y éste incremento se observó hasta las 3 h, posteriormente perdió agua sin recuperación. La testa presentó un comportamiento similar a la semilla completa, pero ésta inició absorbiendo 155.66 % de agua, aumentando constantemente hasta las 20 h, momento en que se detuvo y comenzó a descender. Una hora después, la testa absorbió mayor cantidad de agua que una semilla completa, y que correspondió al 59.25 %; y, el embrión más el endocarpio empezaron imbibiendo 221.86 %, cuando una semilla sin escarificar absorbió solo el 96.41 %.

La gráfica comparativa (Figura 3) indica que la testa de *B. crassifolia* no mostró un incremento acelerado inicial del peso, como lo hicieron los embriones, ésta diferencia se debió a la intervención del endocarpio en el proceso de imbibición (Moreno *et al.*, 2006). Bewley y Black (1994), mencionan que la imbibición es la primera etapa de la germinación y la permeabilidad que mostró la testa permitió observar que la absorción

de agua es estable durante el proceso y se reduce por la influencia de la testa, esto en gran medida indica que la presencia de la testa en la semilla retrasa naturalmente el proceso de germinación; también indicaría que las semillas de *B. crassifolia* presentan latencia física, lo que ocasiona que la germinación y el crecimiento de la plántula se retrase, y que si no existen las condiciones de humedad y temperatura, solo se dañe la semilla o el embrión sin que llegue a germinar. Además, cuando se remueve la cubierta el agua entra demasiado rápido causando un daño irreparable a las membranas embrionales (Jara, 1996). *M. mexicana* por el tipo de testa fibrosa que presenta absorbió mayores cantidades de agua que el propio embrión, pues al parecer en esta especie, que es de origen tropical y templado, el embrión en vez de imbibir, libera solutos, reduciendo constantemente su peso.

8.4 CONCLUSIONES

La tasa de imbibición para cada especie de nanche es diferente.

La semilla completa de *B. crassifolia* imbibite tasas bajas comparadas con las de *M. mexicana*, en la que se alcanzó una absorción casi 2 veces mayores a su peso.

El endocarpio de *M. mexicana* es el que absorbe mayor cantidad de agua, mientras que en *B. crassifolia* es el embrión.

p

B. crassifolia presentó latencia física. El embrión de *M. mexicana* en vez de aumentar el peso, bajó, y se debió a la pérdida de solutos.

8.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo P S R de e K Minami (1994). Acerola. Campinas: Fundação Cargill. pp. 81.

- Azcón B J y M Talón (2003). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGrawHill/Interamericana. Barcelona, España. pp.522.
- Azerêdo G A, V P Matos, M L A R Germano y A A Lima (1994). Efeito da temperatura e períodos de embebição na germinação de sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.). p. 68-69. In Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13. Salvador, BA. Resumos. pp. 1211.
- Azerêdo G A, V Matos P, K Lopes P, A da Silva y L Rodrigues de F (2005). Viabilidade e vigor de sementes de acerola (*Malpighia puniceifolia*) submetidas à embebição sob diferentes temperaturas. Pesquisa Agropecuária Tropical. 35:81-84.
- Bewley J D y M Black (1994). Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press, New York. pp. 445.
- Carvalho M N y Nakagawa J (1983). Sementes: tecnologia da produção. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill. pp.426.
- Costa L C, M do C M Pavani D, F Moro V y D Perecin (2003). Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia emarginata* DC): avaliação da vitalidade dos tecidos. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP. 25:532-534.
- Frazão D A C, J E Carvalho U, F J Figueiredo C e A Kato K (1984). Efeito da préembebição e do préesfriamento sobre a emergência e vigor de sementes de guaraná. Revista Brasileira de Sementes. 6:45-50.
- Germano M L A R, V P Matos, G A Azerêdo y A A Lima (1994). Influência de diferentes substratos na germinação de sementes de acerola (*Malpighia glabra* L.). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 13. Salvador, BA. Resumos. 70-71 pp.
- Guimarães R P Jr, M Galetti and P Jordano (2008). Seed Dispersal Anachronisms: Rethinking the Fruits Extinct Megafauna Ate. PLoS ONE 3(3): e1745. doi: 10.1371/journal.pone.0001745
- Hartmann H T and D Kester E (1975). Plant Propagation: principles and practices. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. pp. 662.
- Jara N L F (1996). Biología de las semillas forestales. 2 ed. CATIE III. Turrialba, Costa Rica. pp.32.

- Lopes F J S (1993). Efeito do tempo de embebição em água destilada no vigor de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) cv. valenciano amarelo. Trabalho de Graduação. Universidade Federal da Paraíba. Terezina, PI. pp. 80.
- Maldonado-Peralta M A, García de los Santos G, Rojas-García A R, García-Nava J R, Corona-Torres T, Cetina-Alcalá V M y Ramírez-Herrera C (2014). Uso de reguladores del crecimiento y sustratos en la propagación vegetativa de nanche (*Malpighia mexicana* A. Juss.). XXV Congreso Nacional y V Internacional de Fitogenética. 29 de septiembre al 03 de octubre, San Luis Potosí México.
- Mei Y and S Song (2008). Early morphological and physiological events occurring during germination of maize seeds. *Agricultural Sciences in China*. 7:950–957.
- Méndez-Natera J R, J F Merazo P, M Zerpa Z y C E Bolívar (2008). Efecto de la colocación de semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en papel toallín (enrollados y sin enrollar) sobre la germinación y el vigor. *Revista UDO Agrícola*. 8:67–71.
- Méndez N J R, J F Merazo P y N J Montaña M (2008). Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.). *Revista UDO Agrícola*. 8:61–66.
- Moreno F, G A Plaza y S V Magnitskiy (2006). Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.). *Agronomía Colombiana*. 24:290–295.
- Musser R S, E M Couceiro y M H Albuquerque (1986). Efeito do ácido naftaloacético no enraizamento de estacas semi-lenhosas de acerola (*Malpighia glabra* L.) em sistema de microaspersão. UFRPE. Recife, PE. (Mimeografado). pp. 9.
- Nassif P S D y S Cícero M (2006). Valiação de sementes de acerola por meio de raios-X. *Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal – SP*. 28:542–545.
- Paiva S E A, J P Lemos Filho and D M T Oliveira (2006). Imbibition of *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) Seeds: The Role of Stomata. *Annals of Botany*. 98:213–217.

Souza F X (1999). Préembebição em água e hipoclorito de sódio na germinação de sementes de cajarana (*Spondias cytherea* Sonn. - Anacardiaceae). Informativo Abrates. pp. 157.

Souza F X, A M Costa G, S Medeiros-Filho e J B Freitas S (1999). Germinação de sementes de cajazeira (*Spondias mombim* L. - Anacardiaceae) com pré- embebição em água e hipoclorito de sódio. Informativo Abrates. pp. 158.

IX. DISCUSIÓN GENERAL

En México, el nanche es un fruto que se consume de forma local y regional; sin embargo, éste presenta la calidad y contenido nutrimental para ser consumido internacionalmente. Los arbustos de la familia Malpighiaceae se desarrollan en condiciones de sequía, deficiencias nutrimentales y suelos relativamente pobres, se ha encontrado que en lugares invadidos por el fuego, tienen la capacidad de brotar nuevamente; por lo que hoy en día deberíamos verlos como una alternativa de producción, realizando huertas productoras con manejo; realizar propagación vegetativa mediante injertos ó enraizamiento, para acortar el inicio de entrada en producción y mejorar la calidad de los frutos.

El nanche rojo (*M. mexicana*), en otros países se ha reportado con nombres comunes diferentes, como acerola, barbados cherri o semeruco, donde se indica que se produce por los altos niveles de vitamina C que contiene; además se han realizado estudios de propagación vegetativa con éxito; sin embargo, en México este arbusto sólo se encuentra de forma silvestre, donde sus frutos se conocen localmente y en vez de comenzar a realizar investigación científica, se ha reportado pérdida de plantas por sobrepoblación. El nanche rosa no se ha reportado, el fruto es parecido al rojo, de menor tamaño, sabor diferente y dulce. En cambio el amarillo (*B. crassifolia*), en algunos estados del País se ha empezado a cultivar, domesticar y seleccionar, tiene calidad y aceptación en los mercados regionales, sólo que requiere de mayor auge para ser conocido y exportado.

Existe la necesidad de conservar éstas poblaciones que en estado silvestre se encuentran con problemas fitosanitarios, afectadas por fenómenos naturales y por el pastoreo (Chaideftou *et al.*, 2009); pero, es necesario resguardarlas para la producción de patrones en la producción frutícola, para la generación de plantas en la reforestación, ello requiere de germinación de semillas provenientes de plantas silvestres con las características necesarias para soportar condiciones ambientales.

El nanche se propaga principalmente por semilla y cuando no se injerta genera heterogeneidad en la producción. La propagación vegetativa es una alternativa con mejores ventajas, pues reduce la variabilidad y homogeniza la producción. En esta investigación se abordaron temas sobre propagación vegetativa, utilizando diferentes sustratos, promotores del enraizamiento en diferentes tipos de estacas y tiempos; se confirmó que las especies leñosas como el nanche, colectadas de arbustos completamente silvestres, tienen la posibilidad de ser propagadas por éste método, pues a los 85 días que se evaluaron las variables se encontró sobrevivencia, brotación y bajos porcentajes de enraizamiento.

Las estacas leñosas con hojas que se establecen en otoño presentaron mayor capacidad de sobrevivencia. Esto indica la falta de investigación en nuestro país para estas especies, pues investigaciones realizadas en otros países, reportan 74 % de sobrevivencia y 59.32 % de brotación (Moratinos *et al.*, 2008); 66.2 (Duarte *et al.*, 2003), 63. 33 (Martins y Ferreira, 1996), 56 (Soriano, 1996) y 52.25 % (Moratinos *et al.*, 2008) de enraizamiento, respectivamente, utilizando diferentes concentraciones de auxinas, tipos de estaca y sustratos, realizando la evaluación desde los 3 hasta los 10 meses. La combinación de factores como por ejemplo, el usar estacas leñosas o no, promotores del enraizamiento y presencia de hojas, con el periodo otoño-invierno, mejoraron la sobrevivencia, pero el enraizamiento fue muy bajo; lo cual se atribuye a que las estacas probablemente fueron tomadas de arbustos completamente silvestres, se mantuvieron poco tiempo para enraizamiento o que las condiciones de temperatura y humedad no fueron las apropiadas; sin embargo, en México estos trabajos constituyen apenas el principio de investigación con estas especies, indicando que el nanche tiene futuro en la propagación vegetativa.

El nanche es originario del sur de México y de América central. El fruto del nanche rojo, acerola o semeruco tiene demanda por la cantidad de ácido ascórbico que contiene, antioxidantes y como nutrimento nutracéutico (Hassimotto *et al.*, 2005; Matsuura *et al.*, 2001; Riguetto *et al.*, 2005). Este frutal se caracteriza por presentar varios picos de producción al año, la desventaja es que los frutos presentan corta vida de anaquel. Los

frutos del nanche rojo silvestre son similares a los de acerola cultivada (Brunini *et al.*, 2004; Silva, 2008), tienen forma de oblato, es decir son más anchos que largos y presentan valores dentro de los porcentajes indicados de pulpa en relación al peso del fruto (Freire *et al.*, 2008), afirmando que los frutos de nanche rojo silvestre de México tienen calidad comercial.

El epicarpio de los frutos es de color rojo, guinda y morado brillante, el brillo se pierde conforme entra en senescencia, el mesocarpio entre blanco, rosa y lila. La presencia de sólidos solubles se encuentran dentro de los niveles de la acerola comercial (Godoy *et al.*, 2008; Maciel *et al.*, 2010) y valores mayores a los que exige el mercado de exportación (Lopes y Pavia, 2002), también se encontró el índice de sabor mayor a lo reportado (França y Narain 2003; Maciel *et al.*, 2010), indicando que son frutos relativamente deliciosos. Cada fruto tiene tres endocarpios fibrosos en forma cono-triangular, color crema, en cada endocarpio hay un embrión en forma cónica aplanada, color crema con cotiledones grandes doblados en el ápice, no tienen endospermo.

El nanche amarillo es un arbusto silvestre y árbol de traspatio. La caracterización morfológica del fruto mostró que éstos se encuentran dentro de los tamaños indicados (Hernández, 2002), presentan gran cantidad de agua en la pulpa y también tienen forma de oblato, presenta 89.97 % de pulpa en relación a su peso, esto muestra que los frutos presentaron calidad para venta comercial y de exportación (Freire *et al.*, 2008). Son de color amarillo con indicios a verde con pulpa blanca a crema. El endocarpio al secarse pierde menos agua que la pulpa, tiene forma circular a elíptica, cada endocarpio o semilla tiene tres cavidades con un embrión cada una, pero normalmente se desarrollan uno o dos. La testa es dura y leñosa (Pennington y Sarukhán, 2005), tiene surcos sinuosos, acuminada en una de sus extremidades, color café a negra.

La calidad de las semillas es esencial para la obtención de buenas cosechas. Las Malpighiaceae se caracterizan por presentar bajos porcentajes de germinación; por tal motivo, en esta investigación se usó la prueba de tetrazolio, siendo una de las más utilizadas para evaluar la viabilidad y vigor de las semillas. Se encontró que el tiempo de

preacondicionamiento es importante para la tinción; pues durante este, se agilizan las actividades enzimáticas internas del embrión. La tinción de embriones de *M. emarginata*, durante 12 h mostraron un color rojo intenso (Costa *et al.*, 2003). Se pudieron observar embriones teñidos de una coloración rosa pálido, considerados con capacidad para germinar pero con baja calidad (Jorge *et al.*, 2006). En otras especies se ha reportado que el embrión es viable cuando presenta tinción en más de un tercio de la radícula (Martinelli, 1997). En la presente investigación se encontró viabilidad y vigor en los embriones, lo que demuestra que estas semillas presentan algún tipo de latencia.

En la fenología de la germinación, se observó cada una de las fases desde la protrusión de la radícula hasta la emisión del primer par de hojas verdaderas. Las características morfológicas indicaron que a esta edad las plántulas presentan calidad y forma normal. Se reporta que las plantas que presentan excesivo tamaño aéreo no tienen calidad, al ser trasplantadas tienen menos posibilidades de sobrevivencia (Piña y Arboleda, 2010; Thompson, 1995). A esta edad las plántulas de nanche presentan un equilibrio entre el desarrollo radicular y aéreo. Las plantas con calidad de Dickson que sobrepasan el valor de 0.2 no es adecuada (Cobas *et al.*, 2001), indicando que las plántulas evaluadas en esta investigación son de buena calidad; y, siempre y cuando se desarrollen en estas condiciones, ello contribuirá a un buen establecimiento.

Las semillas que presentan germinación lenta, necesitan ser tratadas mediante imbibición, porque la velocidad de absorción varía de acuerdo a la especie. Las pruebas de imbibición reportan que las semillas de *B. crassifolia* imbiben bajos porcentajes de agua. Hay especies que muestran una rápida absorción (Paiva *et al.*, 2006), luego una fase de detención o reducción y nuevamente un incremento (Méndez *et al.*, 2008). En *M. mexicana* se encontró mayor imbibición inicial, con marcadas reducciones e incrementos con recuperación; sin embargo, en el embrión solo, se encontró una baja imbibición y después de cierto tiempo perdió peso sin recuperación, por lo que el agua es absorbida por la testa. Remover la cubierta seminal hace que el agua entre demasiado rápido al embrión y en algunos casos causa daños irreparables en las membranas (Jara, 1996). En

B. crassifolia el embrión al encontrarse sin testa imbibió cantidades mayores a las de la testa sola, pues la testa absorbió igual a una semilla completa; se observó intervención de la testa en la imbibición (Moreno *et al.*, 2006); indicando que esta especie presenta latencia física.

9.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brunini M A, B N Macedo, V C Coelho e F G Siqueira (2004). Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*. 26:486–489.
- Chaideftou E, T A Costas, E Bergmeier, A Kallimanis y P Dimopoulos (2009). Seed bank composition and above-ground vegetation in response to grazing in sub-Mediterranean oak forests (NW Greece). *Plant Ecology*. 201:255–265.
- Cobas L M, I Castillo, I E González (2001). Comportamiento de diferentes parámetros morfológicos en la calidad de la planta de *Hibiscus elatus* sw., cultivada en viveros sobre tubetes en la provincia de Pinar del Río. *Revista Avances*. 3:17–21.
- Costa L C, M C M D Pavani, F V Moro and D Perecin (2003). Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): avaliação da vitalidade dos tecidos. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*. 25:532–534.
- Duarte O, O Escobar and L soriano (2003). Propagation of nance (*Byrsonima crassifolia* (L) H.B.K.) by terminal leafy cuttings and hardwood cuttings. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 47:167–169.
- França V C e N Narain (2003). Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*. 23:157–160.
- Freire J L O, N A Lima, O A L Freire, M J V Marinus, J T Dias e P J Silva (2008). Avaliações biométricas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) e caracterização dos atributos externos e internos dos frutos. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, Pesquisa e Tecnologia*. 5:41–52.

- Godoy R C B de, S E L Matos, S T da Amorim, A M Sousa Neto, R Ritzinger y N Waszczynskyj (2008). Avaliação de genótipos e variedades de acerola para consumo *in natura* e para elaboração de doces. B.CEPPA, Curitiba. 26:197–204.
- Hassimotto N M A, M I Genovese and F M Lajolo (2005). Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulps. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 53:2928–2935.
- Hernández G B (2002). Fenología, componentes del rendimiento y calidad de fruto en árboles jóvenes de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) en Xalisco, Nayarit. Tesis como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nayarit, Facultad de agricultura. 1–45 pp.
- Jara N L F (1996). Biología de las semillas forestales. 2 ed. CATIE III. Turrialba, Costa Rica. ppp. 32.
- Jorge A, T Victoria, R Carmen, C Bonilla, S Manuel and O Sánchez (2006). Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. *Acta agronómica*, 55: 1-15.
- Lopes R y J R Paiva (2002). Aceroleira. In: Bruckner, C. H. (Org.). Melhoramento de fruteiras tropicais. Viçosa: UFV. 1:63–99.
- Maciel S M I, E Melo, V Lima, A K Souza e W Silva (2010). Physicochemical characterization of fruits from genotypes of acerola tree (*Malpighia emarginata* D.C.) *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas. 30:865–869.
- Martinelli A H (1997). Tetrazolium test procedure for *Eragrostis curvula*. ISTA Tetrazolium Workshop, 3-7 November, Buenos Aires, Argentina. National Seed Institute Official Seed Testing Station Argentina. pp. 4.
- Martins A y R Ferreira (1996). Efeito do tratamento de estacas herbáceas de acerola com auxinas (AIB e ANA) em diferentes doses. En: XIV Congresso Brasileiro de Fruticultura. A. Meneguim, A., Yoshio, F. Zanetti, M. Miranda, L. Stenzel, R. Havagge, R. Pereira, Z. Tazima, W. Stenzel (Eds). Curitiba, Brasil. pp. 32.
- Matsuura F C A U, R L Cardoso, da M I S Folegatti, P J R Oliveira, J A B de Oliveira and D B Dos Santos (2001). Physicochemical evaluation in fruits from different genotypes of barbados cherry (*Malpighia puniceifolia* L.). *Revista Brasileira Fruticultura*, Jaboticabal – SP. 23:602–606.

- Méndez N J R, J F Merazo P y N J Montaña M (2008). Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.). Revista UDO Agrícola. 8:61–66.
- Moratinos P, E Flores, Á Gomez y M Ramirez-Villalobos (2008). Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *M. emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.). Revista. Facultad de Agronomía. 3:405–420.
- Moreno F, G Plaza A y S Magnitskiy V (2006). Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.). Agronomía Colombiana 24:290–295.
- Paiva S E A, J P Lemos Filho and D M T Oliveira (2006). Imbibition of *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) Seeds: The Role of Stomata. Annals of Botany. 98:213–217.
- Pennington T D & J Sarukhán (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. México. pp. 523.
- Piña M y M E Arboleda (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de planta de *Crescentia cujete*. Bioagro. 22:61–66.
- Riguetto A M, F M Netto and F Carraro (2005). Chemical composition and antioxidant activity of juices from mature and immature acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Food Science Technology International. 11:315–321.
- Silva W S (2008). Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Ceará. Centro de Ciências Agrárias, Curso de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos. Fortaleza, CE. 137 pp.
- Soriano G L (1996). Propagación del nance (*Byrsonima crassifolia*) mediante estacas terminales con hojas y leñosas. Tesis de Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. p. 23.

Thompson B E (1985). Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking.
In: Evaluating seedling quality; Principles, Procedures, and Predictive Abilities of
Major Test. M. L. Duryea (ed.). Forest Res. Lab., Oregon State University,
Corvallis, Or. USA. 59-71 pp.

X. CONCLUSIONES GENERALES

La familia Malpighiaceae es una alternativa importante de producción, aunque requiere mayor investigación ya que incluye especies frutales que ofrecen innumerables ventajas y propiedades nutrimentales que mejoran la dieta humana.

Hubo bajos porcentajes de enraizamiento, aunque se encontraron importantes tendencias por la sobrevivencia y brotación que presentaron los tratamientos evaluados.

El uso de estacas leñosas con hojas sembradas en turba, en el periodo de Otoño y AIB a 6000 ppm es un buen comienzo para posteriores evaluaciones; sin embargo, como recomendación es necesario mantener las estacas sembradas en tiempos mayores a tres meses para tener mayores posibilidades de enraizamiento.

Los frutos del nanche rojo silvestre presentaron calidad y tamaño, con características deseables para ser comercializados en el mercado nacional e internacional. La forma y el color presentaron gran heterogeneidad, que puede ser aprovechada mediante el mejoramiento genético. El índice de sabor demostró que es mejor a la acerola comercial e iguales en acidez titulable.

El fruto de nanche amarillo traído del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, tiene calidad comercial, se compone de más de tres partes de pulpa en relación a su peso, son amarillos con indicios a verde, la pulpa es blanca a crema y el endocarpio café claro.

Los frutos del nanche amarillo tienen forma de oblato (más anchos que largos) y el endocarpio circular a elíptico; cada endocarpio presenta tres cavidades, cada una para un embrión, pero en promedio sólo desarrollan uno o dos, los embriones son blancos, dispuestos en forma de espiral compactos, cubiertos por un tegumento café oscuro, no presentan endospermo.

En cada fruto del nanche rojo hay tres endocarpios fibrosos, color crema; en cada uno, un embrión con cotiledones grandes doblados en el ápice, con reservas, color crema a amarillo y tiene forma cónica.

La viabilidad indicó que los embriones de las dos especies requieren de preacondicionamiento, un tiempo de 24 y 48 h para tinción, pero para mayor eficiencia, *M. mexicana* demanda una concentración del 0.1 % de tetrazolio y *B. crassifolia* del 1 %, respectivamente. Esta prueba permitió evaluar la calidad y firmeza de los embriones de acuerdo al color al que se tornaron.

Se monitoreó la fenología de la germinación, que incluyó desde una semilla, la protrusión y hasta la emisión del primer par de hojas verdaderas. Las plántulas a esta edad son normales con índice de esbeltez y de calidad de Dickson adecuadas, para continuar su desarrollo sin ningún problema.

Las características de la imbibición son diferentes para cada especie de ésta familia. *M. mexicana* presentó índices altos de imbibición, mientras que la semilla completa de *B. crassifolia* imbibió agua en bajos porcentajes; sin embargo, cuando se separó la testa del embrión, fue diferente; pues éste, en *M. mexicana* absorbió menos agua que la testa y en *B. crassifolia* el embrión imbibió mayor cantidad de agua y la testa se comportó igual a una semilla completa; el embrión después de cierto tiempo descendió constantemente, sin recuperación.

XI. ANEXOS



Figura 1. Características de frutos de *M. mexicana*.

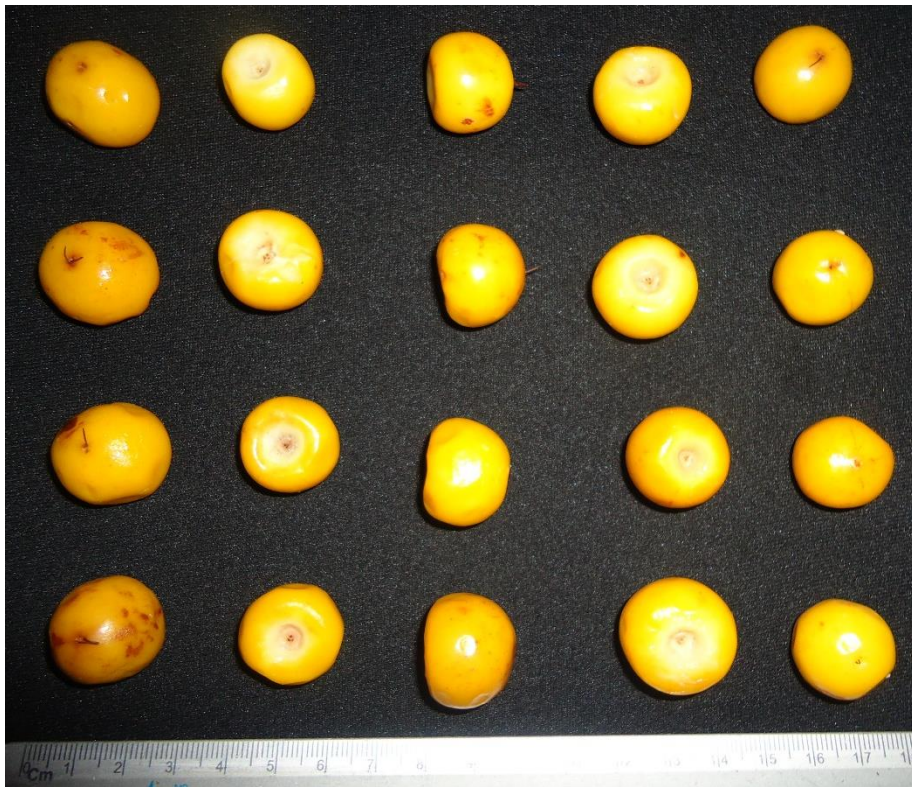


Figura 2. Características de frutos de *B. crassifolia*.

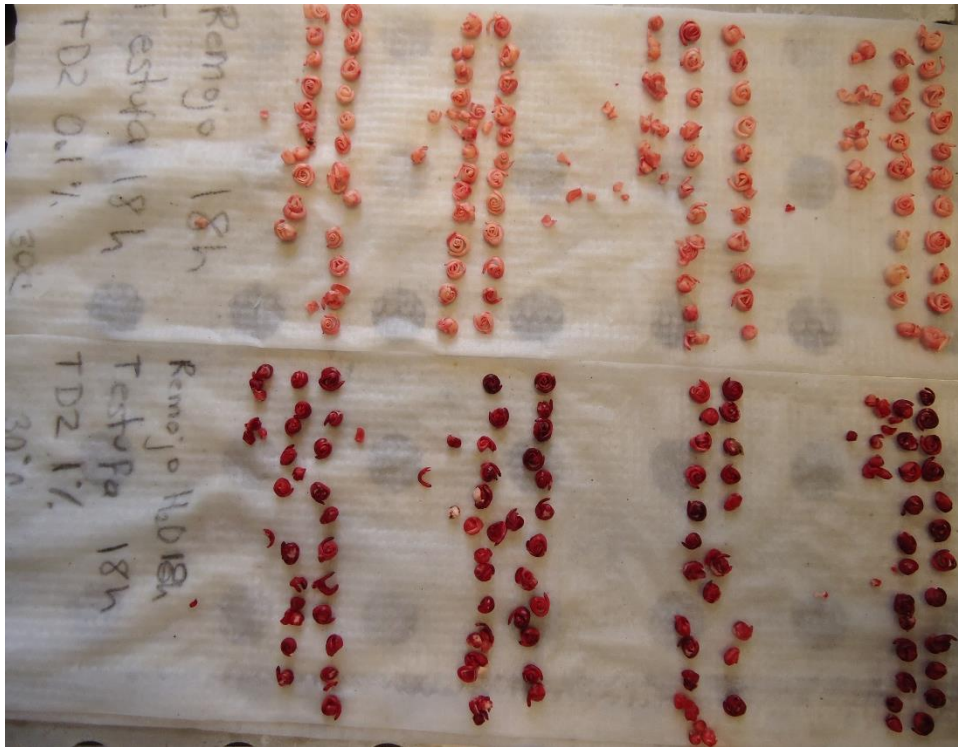


Figura 3. Prueba de tetrazolio en embriones de *B. crassifolia*..



Figura 4. Prueba de tetrazolio en embriones de *M. mexicana*.



Figura 5. Plántulas germinadas de *B. crassifolia*.



Figura 6. Experimento de enraizamiento de *M. mexicana* y *B. crassifolia* bajo condiciones de invernadero.



Figura 7. Brotación de estaca de *M. mexicana*.



Figura 8. Estaca enraizada de *M. mexicana*.