

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**TRAS LAS HUELLAS DEL NOGAL: INVESTIGACIÓN HISTÓRICA Y MORFOLÓGICA
DE SUS SEMILLAS EN SAN RAYMUNDO JALPAN**

TESIS QUE PRESENTA:

Chantal Daimarely Vásquez Contreras

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS

DIRECTOR:

DR. Vicente Arturo Velasco Velasco

CODIRECTOR:

M.C Jasciel Chairez Aquino



Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**TRAS LAS HUELLAS DEL NOGAL: INVESTIGACIÓN HISTÓRICA Y
MORFOLÓGICA DE SUS SEMILLAS EN SAN RAYMUNDO JALPAN**

TESIS QUE PRESENTA:

Chantal Daimarely Vásquez Contreras

Como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN
AGROECOSISTEMAS**

DIRECTOR:

DR. Vicente Arturo Velasco Velasco

CODIRECTOR:

M. C Jasciel Chairez Aquino



Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca.
Agosto de 2024

La presente tesis titulada: **“TRAS LAS HUELLAS DEL NOGAL:
INVESTIGACIÓN HISTÓRICA Y MORFOLÓGICA DE SUS
SEMILLAS EN SAN RAYMUNDO JALPAN”**, fue realizada bajo la
dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y
aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS

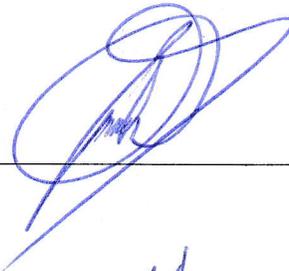
DIRECTOR:

DR. VICENTE ARTURO VELASCO
VELASCO



CODIRECTOR:

M.C JASCIEL CHAIREZ AQUINO



ASESOR:

DR. YURI VILLEGAS APARICIO



ASESOR:

DR. GERARDO RODRÍGUEZ ORTIZ





Nombre de la Información Documentada:
Formato Autorización del comité para entrega de tesis.

Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.5.2

Código: ITVO-AC-PR-08-02

Revisión: 1

Página 1 de 1

EXPEDIENTE: **20DIT0009G**

No. DE OFICIO: **DEPI/0876/2024**

Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca: **16/Agosto/2024**

ASUNTO: **Autorización del comité para entrega de Tesis.**

C. CHANTAL DAIMARELLY VÁSQUEZ CONTRERAS
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS
P R E S E N T E

Los que suscriben, miembros de su Comité Tutorial, le comunicamos que hemos revisado el contenido de su tesis "Tras las huellas del nogal: investigación histórica y morfológica de sus semillas en San Raymundo Jalpan". Por lo que con base en los lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México se le otorga la **AUTORIZACIÓN** para que proceda a la entrega del documento final de la misma en formato digital (PDF); para continuar con su trámite y asignarle la fecha de su examen de grado.

Sin más por el momento nos permitimos reconocer su esfuerzo y felicitarle por el logro de su documento de tesis.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®.
Ciencia y Tecnología para el Campo*

VICENTE ARTURO VELASCO VELASCO
DIRECTOR DE TESIS

JASCIEL CHAIREZ AQUINO
CO-DIRECTOR

YURI VILLEGAS APARICIO
ASESOR

GERARDO RODRÍGUEZ ORTIZ
ASESOR

YURI VILLEGAS APARICIO
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p. Comité Tutorial.
Expediente.
YVA/mglh

	Nombre de la Información Documentada: Formato Autorización de DEPI para entrega de Tesis.	Código: ITVO-AC-PR-08-03
	Referencia a la Norma ISO 9001:2015 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3, 8.5.2	Revisión: 1
		Página 1 de 1

EXPEDIENTE: 20DIT0009G
No. DE OFICIO: DEPI/0879/2024
 Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca: 16/Agosto/2024
ASUNTO: Autorización de entrega de Tesis.

C. CHANTAL DAIMARELLY VÁSQUEZ CONTRERAS
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS
P R E S E N T E

Con base en los Lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, respecto a la presentación del examen de grado, me es muy grato comunicarle que esta División de Estudios de Posgrado e Investigación a mi cargo, **AUTORIZA** la entrega del documento final de su tesis en formato digital (PDF) titulada: "Tras las huellas del nogal: investigación histórica y morfológica de sus semillas en San Raymundo Jalpan".

Cuyo contenido ha sido revisado y aprobado por su Comité Tutorial y cumple en lo general con el formato establecido para este documento, como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas.

Sin más por el momento le felicito cordialmente por el logro de esta meta y le reitero el respaldo institucional de su Alma Mater.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®.
 Ciencia y Tecnología para el Campo*



DR. YURI VILLEGAS APARICIO
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.p. Expediente.
 Alumno interesado.
 YVA/mglh

El presente trabajo se llevó a cabo con el apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), a través del número de becario (1240432), con el tema de investigación: **Tras las huellas del nogal: investigación histórica y morfológica de sus semillas en San Raymundo Jalpan.**

AGRADECIMIENTOS

“Todos dicen: “Sueña en grande”. Pero no creo que tengas que vivir presionado todo el tiempo. Solo confía en ti mismo, y vive una vida saludable y feliz como yo”. RM BTS.

Mi gratitud al Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca y CONAHCYT.

A mi hermano César Alberto Vásquez Contreras por el apoyo en esta investigación, su ayuda en los diferentes recorridos de campo para georreferenciación, paciencia y habilidades.

A Diego López Cruz por su dedicación y paciencia en la ayuda brindada para la extracción y pesaje de los diferentes frutos estudiados, fue fundamental para el éxito del proyecto, además tus ánimos constantes a lo largo de la actividad hicieron que el proceso fuera más llevadero, aprecio tu apoyo en esta investigación, compromiso y esfuerzo.

“Estamos en un camino marcado desde que nacimos, pero todavía creo que podemos cambiar algunas cosas”. “Soy quien soy, con todos mis fallos y errores. Quizás mañana sea un poco más sabio y también seré yo. Estos defectos y errores me definen, conforman las estrellas más brillantes en la constelación de mi vida”. Kim Namjoon (RM) para UNICEF 2019.

Agradezco a cada productor que participó en la investigación, así mismo, a los integrantes del comisariado ejidal de San Raymundo Jalpan que me brindaron su apoyo en el año 2023.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.1.1 Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Origen de la nuez	3
2.2 Taxonomía.....	3
2.3 Unidad de producción familiar (UPF).....	4
2.3.1 Elementos sociales y técnicos.....	5
2.4 Importancia de la nuez	5
2.4.1 Producción	5
2.4.2 Situación nacional de la nuez	6
2.4.3 Situación estatal	6
2.4.4 Dieta	6
2.5 Requerimientos edafoclimáticos	6
2.6 Descriptores morfológicos	7
2.6.1 Directrices - UPOV 2015 (frutos).....	7
2.6.2 Directrices – UPOV 2015 (árboles)	7
2.6.3 NMX-FF-084-SCFI-2009 Y NMX-FF-093-SCFI-2011	8
2.6.4 Caracterización de semillas.....	8
CAPÍTULO III.SUCESOS HISTÓRICOS DE NOGAL (<i>Carya illinoensis</i>) EN SAN RAYMUNDO JALPAN, OAXACA, MÉXICO	9

INTRODUCCIÓN.....	9
DESARROLLO	12
Área de estudio	12
Talleres participativos.....	12
Línea del tiempo.....	14
PROSPECTIVA	21
AGRADECIMIENTOS.....	22
REFERENCIAS	22
CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DE NUEZ CRIOLLA (<i>Carya</i>	
<i>illinoinesis</i>) DE SAN RAYMUNDO JALPAN, OAXACA, MÉXICO.....	27
ABSTRACT	27
RESUMEN.....	28
INTRODUCCIÓN.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS	31
Área de estudio	31
Variables evaluadas en árboles progenitores.....	32
Variables evaluadas en frutos de nogal	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
Características de nogales	33
Características morfológicas de nuez	35
AGRADECIMIENTOS.....	43
REFERENCIAS	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES GENERALES	48
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES	49
CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFIA GENERAL	51
CAPÍTULO VIII. ANEXOS	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Comparación de fenotipos de nuez pecanera criolla.	38
2	Comparación de fenotipos de nuez pecanera criolla.	39
3	Comparación de fenotipos de nuez pecanera criolla.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	a) Localización del área de estudio. Fuente: propia. b) Precipitación anual (pa) de 1942-2017, en San Raymundo Jalpan, Centro, Oaxaca. Elaboración: propia. Fuente: (CONAGUA, 2020)	14
2	Transporte, comercialización y plagas del nogal de San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México. a) Carretón antiguo con llantas de fierros. b) Carreta actual con llantas de carro. c) Medida de venta de nuez "mana". d) Piscador, utilizado para guardar nuez o maíz. e) "Liria" (<i>Psittacanthus calyculatus</i>) (D.C) G. Don (Heike, 2010) observada en nogal pecanero. f) Larva urticante (<i>Automeris metzli</i>) encontrada en nogales (Collantes-González, 2022).	16
3	Plagas y fruto de nogal. a) Capullos de <i>Megalopyge</i> sp en nogal (<i>Carya illinoensis</i>) criollo. b) Nuez criollas. c) "Liria" tipo enredadera, seca. d) Afectación de termitas en tronco de nogal criollo.	20
4	Localización del área de estudio. Fuente: Propia	32
5	Localización de árboles progenitores y tabla de atributos: nogal, altura, tronco, color ID.	34
6	Análisis Clúster de productores de nuez, en agrupamientos de acuerdo a sus características que comparten sus nogales	35

7	Clasificación de las 17 muestras de nuez pecanera criolla	36
8	Clasificación por nivel del tamaño de las nueces de acuerdo a la norma mexicana.	37
9	Clasificación del color de contenido comestible por nivel, con dos colores predominantes ámbar (nivel 4) y ámbar oscuro (nivel 3).	37
10	Muestra y forma de las 17 nueces con que se trabajó.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
I	Código asignado a cada muestra de nuez con que se trabajó, en conjunto del nombre del productor.	54
II	Mapa con la ubicación de nogales existentes 2023, en la localidad.	55

RESUMEN

En México, Chihuahua es el principal productor de nuez pecanera, seguido de Sonora y Coahuila. En la localidad de San Raymundo Jalpan, Oaxaca, se cultiva nuez pecanera criolla y nuez de papel para su comercialización y autoconsumo. Históricamente, las unidades de producción de nogal han enfrentado desafíos como presencia de plagas y fenómenos ambientales, y en la actualidad, continúan enfrentando problemas como la falta de un programa de manejo técnico-productivo y la escasez de agua. La investigación proporciona una línea de tiempo detallada de estos eventos, que sirve como base para abordar desafíos actuales y futuros. Además, se identificó una amplia variabilidad morfológica y genética, destacando importancia de conservar la diversidad genética y documentar sus características fenotípicas para su preservación y uso sostenible de la producción agrícola.

Palabras clave: nuez pecanera, unidades de producción, línea del tiempo, caracterización.

SUMMARY

In Mexico, Chihuahua is the main producer of pecan nuts, followed by Sonora and Coahuila. In the locality of San Raymundo Jalpan, Oaxaca, native pecan nuts and paper shell pecans are cultivated commercialization and self-consumption. Historically, walnut production units have faced challenges such as pest presence and environmental phenomena, and currently, they continue to face issues such as the lack of technical -productive management program and water scarcity. The research provides a detailed timeline of these events, serving as basis for addressing current and future challenges. Additionally, a wide morphological and genetic variability was identified, highlighting the importance of conserving genetic diversity and documenting its phenotypic characteristics for its preservation and sustainable use of agricultural production.

Keywords: pecan nut, production units, timeline, characterization.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El árbol de nuez (*Carya illinoensis*) es nativo de América del Norte y México. Las nueces pecanas se cosecharon durante mucho tiempo como alimento antes del arribo de los exploradores europeos, las primeras arboledas de nueces nativas se remontan al valle del río Mississippi de EE. UU. y los valles de los ríos de México (Ernst, 2017).

En México el principal estado productor de nuez pecanera es Chihuahua con una participación de 62.9%, seguido de Sonora con 14.3% y Coahuila con 10.7%, de acuerdo al SIAP, la superficie sembrada de nuez a nivel estatal fue de 140.5 ha, con una producción de 418.97 t (SIAP, 2021).

En la localidad de San Raymundo Jalpan, Oaxaca, se cultiva una especie de nuez pecanera criolla y una variedad de nuez de papel, las cuales se cosechan para su comercialización y autoconsumo. Se realizó un trabajo de investigación sobre la recopilación de sucesos históricos de las unidades de producción familiar

de nogal, además se analizaron muestras de nueces a través de descriptores morfológicos.

1.1 Objetivo general

Analizar la historia de las unidades de producción de nogal y la diversidad morfológica de nuez, con el fin de comprender su desarrollo y conservación en la localidad de San Raymundo Jalpan

1.1.1 Objetivos específicos

Describir los sucesos históricos y actuales de las unidades de producción de nogal en la localidad de San Raymundo Jalpan, Oaxaca. México.

Comparar fenotipos locales de nuez pecanera, mediante descriptores morfológicos para su registro en San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de la nuez

Originario del sureste de América del Norte y del norte y centro de México, los individuos son árboles vigorosos de gran tamaño; los adultos alcanzan 30 m de altura, llegando algunos hasta los 55 m con 2 m de diámetro a la base, su longevidad, reportándose ejemplares de 100 años de edad, con una producción de más de 100 kg de nueces/año/planta (Bennadji et al.,2008).

El nombre de pecana o pecanera deriva del vocablo indígena Algonquin, que le da el nombre de “Pakan” el cual significa “nueces tan duras que requieren una piedra para quebrarlas” (Medina y Cano, 2002).

2.2 Taxonomía

Reino: Plantae.

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Orden: Fagales.

Familia: Juglandaceae

Subfamilia: Juglandoideae.

Género: *Carya*.

Especie: *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch, 1969. (Medina y Cano, 2002)

2.3 Unidad de producción familiar (UPF)

El proceso productivo se lleva a cabo en unidades, por lo tanto, se caracteriza a las UPF por utilizar la fuerza de trabajo desde el núcleo familiar, en la cual no es común emplear a personas, de tal manera que queda integrada por aquellas tierras con las que cuentan, proporcionándoles un sustento a la familia (Hernández, 2013).

La agricultura llevada a cabo en las UPF surge como una actividad económica mediante la producción de grano, hortaliza y frutales dentro del límite de su propiedad, con el fin de que una familia obtenga suficientes alimentos inocuos a precios accesibles (Ramírez, 2015).

De acuerdo con Schneider (2014), la agricultura familiar es cualquier unidad de producción de acuerdo en la medida en que cumplen con dos características básicas; como actividad principal la agropecuaria y utilizan mayoritariamente mano de obra familiar, en relación con el total de la fuerza de trabajo involucrada en las actividades productivas.

La forma de ver a la agricultura familiar como fuente destinada de obtención de autoconsumo, cambio en varios países, al declarar en 2014 la ONU como el año

Internacional de la agricultura familiar, apreciando así el valor del trabajo de los agricultores (Muñoz, 2020).

2.3.1 Elementos sociales y técnicos

Los elementos sociales en las unidades de producción de nogal pecanero están concentrados en un ambiente social dinámico, donde las interacciones humanas, la cultura local, el progreso económico y el bienestar colectivo se entrelazan de manera significativa. Estas unidades de producción, estructuradas en base a diversos componentes técnicos fundamentales para su desarrollo, son vitales para asegurar un funcionamiento óptimo y una productividad sostenida en el tiempo, abarca desde la selección adecuada de variedades hasta las prácticas de manejo de suelo y el control de plagas, son imprescindibles para mantener la viabilidad económica y agronómica de las UP de nogal pecanero en diversos contextos.

2.4 Importancia de la nuez

2.4.1 Producción

En los últimos 10 años, el área sembrada de nuez en México pasó de 88 mil hectáreas, en el año 2010, a 141 mil en el año 2019, lo que representa un incremento del 60% (Nogaleros, 2020).

México y Estados Unidos lideran la producción de nuez pecanera, de acuerdo al ranking mundial México se posiciono como 4° productor mundial con 164, 652 toneladas (SIAP, 2021).

2.4.2 Situación nacional de la nuez

Con una participación de 14.9 % en el mercado mundial, México se ubicó en 2020 como el segundo exportador en volumen de nuez pecanera sin cáscara, informó la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2020). El principal destino de las ventas mexicanas al exterior en dicho periodo fue Estados Unidos, con una participación de 78.4%, mientras que China fue el segundo con 14 % y Hong Kong tercero con 4.1 % (Benítez, 2021).

2.4.3 Situación estatal

La producción a nivel estatal ha ascendido en los últimos años, de acuerdo a las estadísticas del SIAP, en el cual nos muestra un gran aumento en comparación al año 2015 la superficie sembrada de nuez pecanera era de 128 Ha con una producción de 320.63 ton, mientras que, para el 2021 en sus estadísticas nos muestra una superficie sembrada en el estado de Oaxaca de 110.50 Ha, con una producción de 395.71 ton (SIAP, 2021).

2.4.4 Dieta

Al incluir a la nuez en la dieta se puede obtener beneficios como es: la reducción de los niveles de colesterol malo LDL, previene el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, aumentan la memoria, evita la aparición prematura de arrugas e incluso favorece la pérdida de peso (Montes, 2020).

2.5 Requerimientos edafoclimáticos

Periodo de heladas: requiere 210 días libres de heladas.

Temperatura: temperatura media en verano 25°-30°, promedio de 26.7°.

Horas frío: 400 h mínimo.

Suelo: francos, arcillosos arenosos bien drenados. Suelos profundos, de textura media y libre de sales.

pH: entre 6.5-7.5.

Precipitación: 760-2010 mm anuales (Medina y Cano, 2002; INIFAP, 2015; Calderón, 2021).

2.6 Descriptores morfológicos

2.6.1 Directrices - UPOV 2015 (frutos)

De acuerdo a las directrices que proporciona la unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV, 2015), son de orientación para la identificación de los caracteres apropiados de variedades, para nogal pecanero. En frutos del nogal maneja los siguientes caracteres: 19: Nuez: longitud, 20: Nuez anchura en vista lateral, 21: Nuez anchura en vista lateral con la sutura de frente, 22: Nuez: forma en vista lateral, 23: Nuez: forma en vista lateral con la sutura de frente, 24: Nuez: forma en vista lateral con el punto de inserción de frente, 25: Nuez: forma del ápice en vista lateral (excluida la punta), 26: Nuez: longitud de la punta, 27: Nuez: color de fondo, 30: Semilla: tamaño en relación con el tamaño de la nuez y 31: Semilla: peso.

2.6.2 Directrices – UPOV 2015 (árboles)

Los caracteres manejados son, 1: Árbol: vigor, 2: Árbol: densidad de las ramas, 3: Árbol: hábito de crecimiento, 33: Árbol: persistencia de la vaina tras la caída de la nuez, 34: Época de brotación de las yemas foliares, 35: Época de caída de las hojas y 36: Época de dehiscencia de la vaina.

2.6.3 NMX-FF-084-SCFI-2009 Y NMX-FF-093-SCFI-2011

Las normas mexicanas “establecen especificaciones de calidad para la nuez pecanera con cáscara”, para las nueces criollas que no cuentan con un registro, se clasifica en calidad de acuerdo al contenido comestible; calidad I y calidad II, tipo: criolla y mejoradas, tamaño: Muy grande, extragrande, grande, mediana y pequeña. La NMX-FF-093-SCFI-2011 contiene una normatividad de guía de colores: Pantone Coated®, donde esta se utiliza para el color del contenido comestible, determinado en categorías: Claro: 458 C, 459 C, y 460 C, Ámbar claro: 110 C, 116 C, y 117 C, Ámbar: 470 C y 471 C y Ámbar oscuro: 478 C, 490 C y 491 C.

2.6.4 Caracterización de semillas

Los viveros que producen especies nativas utilizan semillas desconociendo su origen y más aún las características de los árboles desde los cuales se recolecta (Quiroz *et al*, 2009). Existen antecedentes que toman relevancia con la calidad de las plantas que se pretenden producir, no sólo las características de los árboles progenitores y la variabilidad de la especie en la recolección de las semillas, sino que también el tamaño de las semillas y apoyarse en indicadores de madurez del fruto, tales como tamaño, forma, color, inicio de apertura de la nuez e inicio de su caída (Quiroz *et al*, 2009).

La caracterización morfológica de los frutos de nuez es de gran importancia por ser una especie apreciada en el consumo, en condiciones de secado y traspasado, la característica de los mismo como es cáscara y almendra, obteniendo procedencias sobresalientes mediante esta caracterización (Cruz, 2017).

CAPÍTULO III

SUCESOS HISTÓRICOS DE NOGAL (*Carya illinoensis*) EN SAN RAYMUNDO JALPAN, OAXACA, MÉXICO

(Sucesos históricos de nogal)

HISTORICAL EVENTS OF WALNUT (*Carya illinoensis*) IN SAN RAYMUNDO JALPAN, OAXACA, MEXICO

INTRODUCCIÓN

Frei-Jonas (2021) menciona que diferentes especies de ardillas, otros roedores y cuervos contribuyeron a la evolución de las Juglandaceae en dos géneros: nuez inglesa, conocida en México como nuez de castilla (*Juglans*) y nuez pecanera (*Carya*), estos grupos se dispersaron por América del Norte, Asia y Europa, posteriormente, los humanos fueron agentes clave con la propagación mundial de las especies de nuez inglesa y nuez pecana (*Carya illinoensis*).

El nogal pecanero es originario del sureste de EE. UU de los estados de Texas, Luisiana, Mississippi, Arkansas y Missouri, extendiéndose hasta el norte, sur de

Nebraska, Iowa, Illinois e Indiana, oeste de Kentucky, este de Tennessee y norte de México; las nueces crecieron en suelos aluviales del río Mississippi y sus afluentes de donde derivan las primeras arboledas; así mismo, se extiende hacia los ríos de México de acuerdo a diferentes investigaciones (Ernst-Matt, 2017; Hurrell-Julio et al., 2011; Driver-Steve & Ames-Guy, 2000; Gray, 1973).

En 1818 Thomas Nuttall, propuso el nombre del género *Carya* en su libro “The Genera of North American Plants”, nombre tomado del griego antiguo “karya” que significa nuez (Frei-Jonas, 2021).

Conocidas también como “nueces de Illinois” aun cuando no eran de Illinois, EE. UU, debido a que fueron introducidas a la costa atlántica por mercaderes de pieles, de esta manera obtuvieron el nombre botánico “illinoensis”, *Carya illinoensis* frecuentemente se escribe incorrectamente como *Carya illinoensis*, (Rollenbeck-Richmud, 2014). A partir de 1871 se iniciaron las primeras plantaciones comerciales del nogal pecanero en Estados Unidos de América y, en 1904 se establecieron las primeras plantaciones comerciales en el estado de Nuevo León, México (Gray, 1973). Este cultivo de interés económico en los últimos años, ha posicionado a México en el mercado como actor importante en su producción y exportación (Orona-Castillo et al., 2019).

La nuez pecanera representa una actividad económica con una producción nacional de 174 736.12 t, en 2020 se posicionó como segundo exportador de nuez pecanera sin cáscara, los principales destinos fueron EE. UU 78.4 %, China 14 % y Hong Kong 4.1 % (SADER, 2021). Los principales estados productores

son: Chihuahua (105 035.08 t), Sonora (32 031.60 t), Coahuila (18 593.61 t) y en noveno lugar Oaxaca (413.72 t) (SIAP, 2022).

En Valles Centrales de Oaxaca se produce nuez pecanera en los municipios de Zaachila en 72.50 ha (268.25 t), Cuilápam de Guerrero en 31.00 ha (116.87 t) y San Raymundo Jalpan en 5.50 ha (21.40 t) (SIAP, 2022); las tres localidades acumulan el 98.3 % de la producción total estatal.

Se establecieron las primeras plantaciones en la década de los 40, como prueba piloto por las expectativas que ha mostrado el cultivo a nivel nacional, a la fecha los productores no cuentan con un programa de manejo técnico productivo, se han presentado plagas que han co-evolucionado con el sistema de producción, la extensión de plantaciones se ha reducido por el cambio de uso de suelo, la edad avanzada de las personas involucradas en el sistema de producción, a pesar de las condiciones que presentan, los productores participantes obtienen ingresos e identidad por la práctica de este cultivo.

¿Por qué es importante rescatar los sucesos históricos? La memoria permite a los individuos recordar eventos del pasado, los diferentes grupos sociales conservaron y transmitieron a sus nuevas generaciones conocimiento y acontecimientos dentro de su entorno natural. Toledo y Barrera-Bassols (2008), determinan que la memoria humana es genética, lingüística y cognitiva, y se expresa en la disparidad de genes, lenguas y conocimientos, estas permiten revelar los vínculos que la humanidad ha instaurado con la naturaleza, entender el presente y como resultado da elementos para la planeación del futuro relacionado a sucesos transcurridos e incluso a sucesos inesperados.

El objetivo de la investigación fue describir los sucesos históricos y actuales de las unidades de producción de nogal en la localidad de San Raymundo Jalpan, Oaxaca. México.

DESARROLLO

Área de estudio

El estudio se realizó en 2023 en la localidad de San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México que se ubica en 16° 58' 13" LN y 96 ° 45 ' 20 " LO, a una altitud de 1520 m (INEGI, 2021). La temperatura oscila entre 20 y 22 °C, con una precipitación de 600 - 700 mm y un clima semiseco semicálido, el suelo dominante es vertisol (84.4 %) y regosol (9.5 %), cuenta con una corriente de agua intermitente del río Valiente, el suelo se usa preferentemente para la agricultura (85.6 %) y en menor grado la zona urbana (6.2 %) (INEGI, 2010). El 80 % del área dedicada a la agricultura es de temporal, con variedades criollas cultivadas, principalmente maíz, calabaza, cacahuete, frijol y garbanzo, la siembra de flor de cempasúchil, flor de borla, jícama con riego y temporal. El municipio cuenta con una población de 4105 habitantes (Secretaría de Economía, 2020). La localidad cuenta con árboles de nogal criollo y mejorado, cultivados en parcelas agrícolas y solares particulares, como parte importante de los huertos familiares (**Figura 1 a**).

Talleres participativos

La investigación fue de tipo cualitativo. Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista-Lucio (2014) describen el enfoque de investigación explicativo el cual “va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, que guía a

responder las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales”. Por lo tanto, permite a través de técnicas de investigación la recolección de datos; observación no estructurada, discusión o sesiones en grupo, evaluación de experiencias personales. Herramientas; talleres participativos donde se obtuvo información relevante para la elaboración de una línea del tiempo, también, la descripción y análisis de sucesos relacionados a las unidades de producción (UP) que presentan el establecimiento de *Carya illinoensis*.

El vínculo se llevó a cabo en una reunión con el Comisariado ejidal de San Raymundo Jalpan, Centro, Oaxaca, se definieron los espacios para llevar a cabo los talleres participativos con productores de nuez pecana, materiales y acuerdos de colaboración (días y horarios para laborar).

La información que se obtuvo fue mediante plenaria, referente a sucesos históricos; establecimiento de huertos, apoyos recibidos del gobierno, plagas (plantas parásitas, insectos y larvas), agua (pluvial y de subsuelo), producción y comercialización. Participaron 20 productores de nogal pecanero, de diferentes edades entre 39 y 78 años.

Se realizó la consulta histórica de la precipitación de 1942 – 2017 con la finalidad de cotejar la información brindada por los productores durante el taller “Línea del tiempo” (**Figura 1 b**).

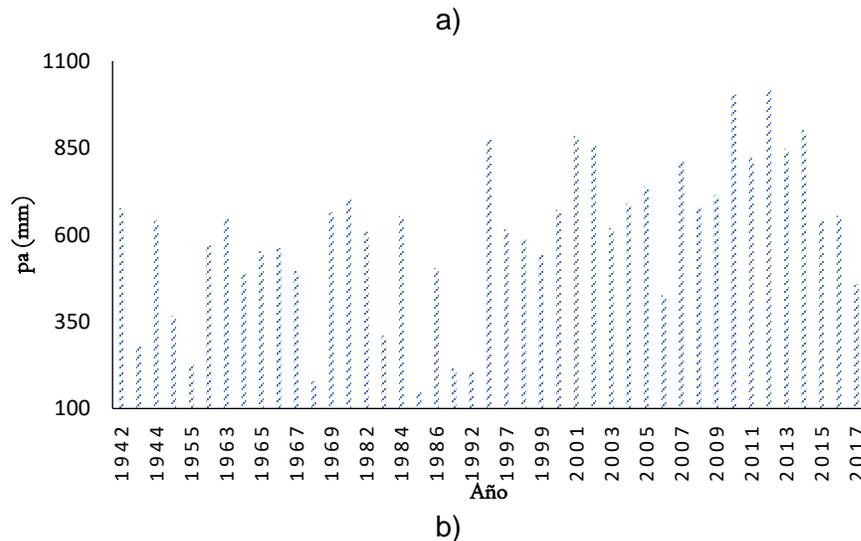
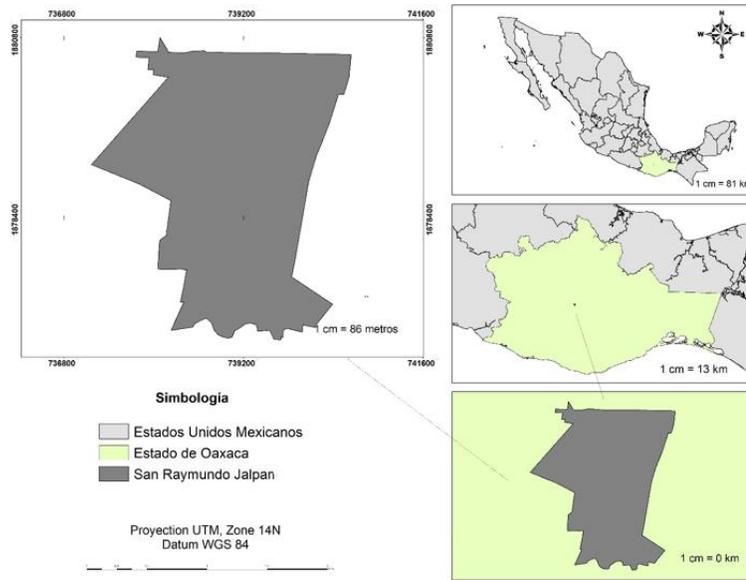


Figura 1. a) Localización del área de estudio. Fuente: propia. b) Precipitación anual (pa) de 1942-2017, en San Raymundo Jalpan, Centro, Oaxaca. Elaboración: propia. Fuente: (CONAGUA, 2020).

Línea del tiempo

A través de una “línea del tiempo” se representa la duración de hechos o acontecimientos, se anota el instante en que acontecen y se consideran aspectos importantes (Vázquez-León y Rending-Borjas, 2020). Se construyó con el registro y análisis en plenaria de los sucesos trascendentales en las unidades de

producción, las anécdotas contadas por sus padres o abuelos, contando como agentes clave las personas de 60 años o más.

Periodo entre 1940 y 1954, establecimiento de huertos: los productores establecieron los primeros nogales criollos en las unidades de producción.

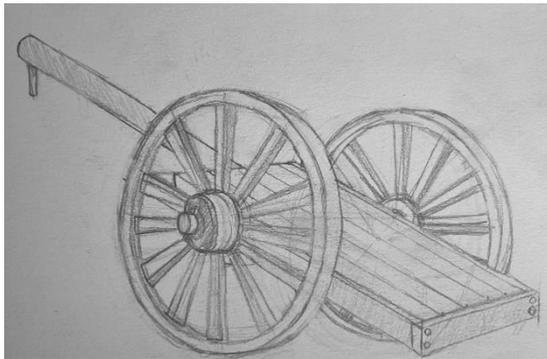
Agua: los predios se inundaban de agua pluvial. De acuerdo con CONAGUA, (2020) en dichos años, se presentó una precipitación promedio anual de 490 mm.

En 1965, agua: el río Valiente que tiene su cauce en la jurisdicción de Cuilápam de Guerrero y San Raymundo Jalpan, conservaba agua durante todo el año e inundaba las parcelas aledañas, aunado a esto, el transporte de la cosecha de sus productos obtenidos en sus unidades de producción fue mediante carretones de madera, con llantas de fierro y soportes de madera (Figura 2a), y eran jaladas por 2 o 4 bueyes cuando el cauce del río era mayor, tenían dificultades debido a la inexistencia de puentes.

Comercialización: la venta de nuez criolla se realizaba en el mercado local y mercados regionales como: 20 de Noviembre, Benito Juárez y Zaachila. La nuez no se intercambiaba a través del llamado “trueque” porque no era un producto de primera necesidad, por lo tanto se comercializaba, por “cientos” (100 piezas) a 50 ¢ - \$ 1.00 MXP (moneda de peso mexicano antiguo). “Manas” (Figura 2c) (10 nueces en las palmas de las 2 manos juntas) teniendo un costo de 5 ¢ - 10 ¢ MXP, “petacas” (bolsa), “piscadores o canastos” (Figura 2d) (10 millares dependiendo el tamaño de la nuez) con un costo de \$ 10.00 - \$ 15.00 MXP, el traslado de la nuez y otros productos agroalimentarios se realizaba en el tren, que transitaba la ruta Oaxaca-Zaachila.

En el periodo de 1976 a 1978, plagas: mediante observación directa se detectó la aparición de muérdago (*Psittacanthus calyculatus* D.C) G. Don, planta parasita (Heike, 2010) conocida localmente como “liria” en nogales criollos (Figura 2 e), y aparición de la oruga llamada localmente “carnero” (Figura 2 f) “*Automeris metzli*, Lepidóptera: Saturniidae, provoca afectaciones a la salud de las personas por erucismo, como dolor e irritación en el área expuesta, recomendando evitar contacto directo” (Collantes-González, 2022).

Agua: mencionan la presencia excesiva de abundante agua pluvial, lo cual favoreció a los nogales y todo tipo de cultivos que sembraban los agricultores.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 2. Transporte, comercialización y plagas del nogal de San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México. a) Carretón antiguo con llantas de fierro. b) Carreta actual con llantas de carro. c) Medida de venta de nuez "mana". d) Piscador, utilizado para guardar nuez o maíz. e) "Liria" (*Psittacanthus calyculatus*) (D.C) G. Don (Heike, 2010) observada en nogal pecanero. f) Larva urticante (*Automeris metzli*) encontrada en nogales (Collantes-González, 2022).

Durante el periodo entre 1980 y 1981, apoyos recibidos del gobierno: se introduce nuez mejorada (nuez de papel) por apoyo estatal, realizado en la administración municipal del C. Casimiro Cosme. En estos años se registró la introducción de diversos frutales por la Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT) como parte del programa para impulsar la fruticultura a nivel nacional; aunado a esto, apoyó en el establecimiento del cultivo de nogal por razones técnicas y económicas, integrando la propagación de especies (Rosas-Decanini, 1995), introdujo de igual forma frutales como el limón mexicano de injerto, naranjos valencia, mangos, macadamia, plátano (González-Sánchez, 1989), estuvo al cargo de esta comisión la propagación masiva de mango "Ataulfo" (Mendoza-Hernández et al., 2020).

Plagas: el muérdago afectó a otros árboles, como el huamúchil (*Pithecellobium dulce* Roxb. Benth). Agua (subsuelo): se construyeron los primeros pozos para uso agrícola por iniciativa de los productores, el agua

subterránea se localizaba a 1.0 m de profundidad como resultado de una precipitación anual promedio 625.5 mm (CONAGUA, 2020).

Producción: la nuez criolla que obtenían los agricultores era aproximadamente de 30 millares por árbol, lo equivalente a 3 piscadores.

En 1985, establecimiento de huertos: los productores de nuez criolla germinaron las semillas del nogal, con el fin de incrementar la extensión del cultivo, seleccionaban semillas con características sobresalientes como es testa blanda, almendra grasosa y con sabor agradable, sin embargo, las plantas que obtuvieron mostraron características muy diferentes, debido a la polinización cruzada por el viento y entre los mismos árboles (González-Pérez, 2017).

En 1990, apoyos recibidos del gobierno: los productores recibieron apoyo estatal que consistió en la realización de injertos en nogales criollos con varetas de nuez mejorada (Wichita o Western) o también conocida como nuez de papel, esto se llevó a cabo sin manejo técnico productivo posterior, el éxito de prendimiento fue menor al 90 % y en algunos casos, el patrón sobre paso al injerto.

De 1992 a 1993, comercialización: precio de nuez en el mercado nacional estaba en \$ 5.00 por ciento.

En el año 2000, agua (pluvial): el río Valiente se desbordó e inundó las parcelas como consecuencia del huracán Carlotta que se presentó (CONAGUA, 2000), los cultivos se desarrollaron de manera satisfactoria, quizás porque la precipitación obtenida fue 672 mm (CONAGUA, 2020).

En el 2003, agua (subsuelo): para uso agrícola se localizaba a 3 m de profundidad, aún favorecía el uso para actividades agropecuarias de los

productores, por tal motivo se podía llevar a cabo la siembra del cultivo de caña, debido a que es muy demandante de este elemento hídrico.

Entre el periodo de 2005 a 2008, plagas: los productores registran la presencia de capullos de *Megalopyge* sp (Figura 3 a) en sus nogales, se localizan en las partes altas de las ramas y sombreadas por las hojas (copas), estos capullos llegan a causar urticaria al contacto con la piel, se dificulta la realización de podas de limpieza del muérdago.

Entre 2010 y 2011, plagas: se detectó la presencia de muérdago tipo enredadera (Figura 3 c) durante su crecimiento va enredándose en las ramas de manera vigorosa, por tal motivo la eliminación de “liria” debe ser realizada una vez se note la existencia de esta vegetación, o poda de limpieza cuando entran en dormancia los nogales.

Comercialización: se realizó de manera local la venta de nuez criolla (Figura 3 b), a personas del estado de Chihuahua, las cuales llegaban a comprar la nuez por \$ 10.00 kg-1, llevándose un aproximado de 6 - 10 t de nuez criolla en camión de carga.

En el año 2013, apoyos recibidos del gobierno: a través de la administración municipal del C. Roberto Velasco Cosme, gestionó un apoyo para la eliminación del muérdago de nogales, con una participación mínima de los productores, dado que no todos tuvieron el conocimiento de esta ayuda, no fue exitoso el control de liria.

En 2020, plagas: los productores detectaron la presencia de termitas o isópteras en nogales (Figura 3 d), las cuales entran al tronco y secan los árboles, plaga devastadora.

Comercialización: personas provenientes del estado de Chihuahua comercializan nuez de papel a un costo de \$ 120.00 kg⁻¹ que contiene alrededor de 130 nueces.



a)



b)



c)



d)

Figura 3. Plagas y fruto de nogal. a) Capullos de *Megalopyge* sp en nogal (*Carya illinoensis*) criollo. b) Nuez criollas. c) "Liria" tipo enredadera, seca. d) Afectación de termitas en tronco de nogal criollo.

Para el año 2022, agua (subsuelo): para uso agrícola se localizaba a 15 m de profundidad, afectando su aprovechamiento para la irrigación de los diversos cultivos establecidos por los productores, aunado a esto la escasa agua pluvial.

Producción: la cosecha de nuez criolla que obtuvieron los productores fue de 5 - 6 millares por árbol.

Comercialización: en mercado local se llevó a cabo por millar o ciento con un precio en \$ 20.00 - \$ 80.00 el ciento, esto en relación con el tamaño y calidad del fruto (nuez criolla). Precio de nuez de papel en \$ 120 el ciento.

PROSPECTIVA

Históricamente las UP de nogal enfrentaron retos como inundaciones por el desbordamiento del río Valiente, plagas; muérdago y oruga. En la actualidad, la falta de un programa de manejo técnico productivo, la escasez de agua pluvial y de subsuelo son desafíos críticos, aunado a esto la edad de los productores y el cambio de uso de suelo reduce la expansión de las plantaciones. La investigación proporciona una línea de tiempo detallada de eventos clave en la historia de las UP de nogal, de tal manera que sirve como base para abordar los desafíos actuales y futuros. Se espera que, con la implementación de programas de manejo técnico productivo, pueda mejorar su productividad y adaptarse a condiciones cambiantes del entorno. Las limitantes incluyen la falta de conocimiento técnico productivo, además la falta de acceso a mercados externos. Los hallazgos de la investigación pueden utilizarse para diseñar estrategias de

manejo efectivas, desarrollar programas de capacitación para los productores y promover la diversificación de los mercados para mejorar la resiliencia y competitividad.

AGRADECIMIENTOS

Al CONAHCyT por el apoyo económico otorgado a la primera autora, para la realización del proyecto. Al presidente del comisariado ejidal C. Emiliano Martínez Nava y consejo de vigilancia C. Juana Velasco Morales, C. Teresa Cosme Velasco, C. Saúl Martínez Velasco del municipio de San Raymundo Jalpan, Centro Oaxaca, así como a los productores C. Pedro Vásquez, C. Alicia Nava, C. Omar Cabrera, C. Tomasa Vásquez, C. Alberto Vásquez, C. Elías Pérez, C. Fortunato Vivas, C. Eulogio Cosme, C. Ruperto Velasco, C. Juana Velasco, C. Teresa Cosme, C. Auria Vásquez, C. Inés Benítez, C. Juana Contreras, C. Estelita Martínez y C. César Martínez, por su participación en proporcionar información para la investigación. Al Ing. David Chairez Aquino por su apoyo brindado en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- Collantes-González, R. D. (2022). Larva urticante *Automeris metzli* (Salle, 1853) (Lepidoptera: Saturniidae) en áreas verdes urbanas de David, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigación Agraria*, 4(3). 27-32. DOI: <https://doi.org/10.47840/ReInA.4.3.1554>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2000). *Ciclones Tropicales 2000* Gerencia de Meteorología y Climatología Subgerencia de Pronóstico

Meteorológico Centro Nacional de Previsión del Tiempo. Huracán Carlotta.
<https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2000-Carlotta.pdf>

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2020). Información Estadística Climatológica. Base de datos climatológica. Estación: 20078-20354-20209.

<https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Diarios/20078.txt>

<https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Diarios/20354.txt>

<https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Diarios/20209.txt>

Driver-Steve & Ames-Guy. (2000). Sustainable Pecan Production. Horticulture Production Guide. ATTRA Project is operated by the National Center for Appropriate Technology. Available: <https://attra.ncat.org/wp-content/uploads/2019/05/pecan.pdf>

Ernst-Matt. (2017). Pecans. CCD-CP-129. Lexington, KY: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. Available: <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/pecans.pdf>

Frei-Jonas. (2021). A Brief History of Juglandaceae. *Arnoldia*, 78(3), 10-17.
<https://arboretum.harvard.edu/stories/a-brief-history-of-juglandaceae/>. Accessed 21 Dec. 2023

González-Pérez, S. (2017). Duraznero; Ecofisiología, Mejoramiento genético y manual para su cultivo. Universidad autónoma de Querétaro. Facultad de ciencias químicas, área agrícola. México.

- González-Sánchez J. (1989). 19 de marzo. Conafrut: mejora la producción frutícola. Diario de Colima. Pp 1
- Gray, O. S. (1973). Consider pollen when planting. *The Pecan quarterly*, 7(3), 24-25.
- Heike, V. (2010). Malezas de México. *Psittacanthus calyculatus*- Ficha informativa. CONABIO.
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/loranthaceae/psittacanthuscalyculatus/fichas/ficha.htm#:~:text=Psittacanthus%20calyculatus%20%2D%20ficha%20informativa>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2014). Metodologías de la investigación (6a. Ed), México D.F. McGraw-Hill.
- Hurrell-Julio. A., Delucchi- Gustavo., & Keller-Hector. A. (2011). *Carya illinoensis* (Juglandaceae) adventicia en la Argentina. *Bonplandia*, 47-54.
<http://www.jstor.org/stable/41941382>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010. San Raymundo Jalpan, Oaxaca.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20342.pdf
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática). (2021). Aspectos geográficos. Oaxaca.
http://en.www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_20.pdf

- Mendoza-Hernández, C., Rosas-Quijano, R., Vázquez-Ovando, A., & Gálvez-López, D. (2020). Retos y controversias del mango Ataulfo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. México.11(7), 1633-1645. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2199>
- Orona-Castillo, I., Sangerman-Jarquín, D. M., Cervantes-Vázquez, M. G., Espinoza-Arellano, J. D. J., & Núñez-Moreno, J. H. (2019). La producción y comercialización de nuez pecanera en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1797-1808. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1833>
- Rollenbeck-Richmud. (2014). *Carya illinoensis*–Pekannussbaum, Pekan (Juglandaceae). *Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins*, 5. Pp 173-177. https://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/37053/file/rollenbeck_2014_carya_illinoensis.pdf
- Rosas-Decanini, D. (1995). Análisis económico de la agroindustria nogalera en el estado de Nuevo León una alternativa de desarrollo (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/379>
- SADER (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural). (2021). 7 de octubre. México, segundo exportador mundial de nuez pecanera sin cáscara. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Comunicado. Ciudad de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-segundo-exportador-mundial-de-nuez-pecanera-sin-cascara?idiom=es>

- Secretaría de economía. (2020) Data México. San Raymundo Jalpan.
<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/san-raymundo-jalpan>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2022). Anuario estadístico de la producción agrícola. Cultivo: nuez encarcelada (pecanera). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Toledo, V. M., y Barrera-Bassols, N. (2008). La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales (Vol. 3). Editorial Icaria.
- Vázquez-León, E., & Reding-Borjas, G. (2020). Línea del tiempo. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/3281>

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DE NUEZ CRIOLLA (*Carya illinoinesis*) DE SAN RAYMUNDO JALPAN, OAXACA, MÉXICO.

ABSTRACT

Objective: To compare local phenotypes of pecan nuts through morphological descriptors for their registration in San Raymundo Jalpan, Oaxaca, Mexico.

Design/methodology/approach: An analysis of nuts and trees in production units was conducted using morphological descriptors and georeferencing techniques. Variables such as almond quality, size, color, endocarp hardness, and nut weight were evaluated.

Results: A wide morphological variability was found in the samples, with significant differences in the assessed characteristics. Samples with high almond yield, different nut sizes, varied edible content colors, and contrasting endocarp hardness were identified.

Limitations on study/implications: The lack of genetic analysis to complement the morphological characterization. Implications include the need to conserve the

genetic diversity of local varieties and the importance of documenting and understanding phenotypic characteristics.

Findings/conclusions: Emphasizes the importance of conserving the genetic diversity of local varieties (2023). Detailed morphological characterization provides valuable information for future genetic improvement programs and agronomic management strategies.

Keywords: Pecan nut, morphological descriptors, genetic diversity.

RESUMEN

Objetivo: Comparar fenotipos locales de nuez pecanera, mediante descriptores morfológicos para su registro en San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México.

Diseño/metodología/aproximación: Se llevó a cabo un análisis de nueces y árboles en las unidades de producción, utilizando descriptores morfológicos y técnicas de georreferenciación. Se evaluaron variables como calidad de la almendra, tamaño, color, dureza del endocarpio y peso de las nueces.

Resultados: Se encontró una amplia variabilidad morfológica en las muestras, con diferencias significativas en las características evaluadas. Se identificaron muestras con alto rendimiento de almendra, diferentes tamaños de nuez, colores de contenido comestible variados y durezas de endocarpio contrastantes.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La falta de análisis genéticos para complementar la caracterización morfológica. Las implicaciones incluyen la necesidad de conservar la diversidad genética de las variedades locales y la importancia de documentar y comprender las características fenotípicas.

Hallazgos/conclusiones: Resalta la importancia de conservar la diversidad genética de las variedades locales (2023). La caracterización morfológica detallada proporciona información valiosa para futuros programas de mejoramiento genético y estrategias de manejo agronómico.

Palabras clave: Nuez pecanera, descriptores morfológicos, diversidad genética.

INTRODUCCIÓN

Del total mundial de superficie sembrada con nogal las de México representan el 8.6%, en el año 2022, se obtuvo una superficie sembrada de 160, 568.14 ha a nivel nacional de nuez, de las cuales se alcanzó una producción de 177, 581.71 t, dentro de la producción, se encuentra Chihuahua con 106 129 t posicionándose como principal estado productor, mientras que Oaxaca se encuentra en décimo lugar con 439 t, en México se cosecha principalmente las variedades Western, Wichita y criollas entre octubre y diciembre (FIRCO, 2016; SIAP, 2022, 2023).

En los Valles Centrales de Oaxaca se produce nuez pecanera en los municipios de Zaachila en 72.50 ha (268.25 t), Cuilápam de Guerrero en 31. 00 ha (116.87 t) y San Raymundo Jalpan en 5.50 h (21.40 t) (SIAP, 2022), siendo que las tres localidades acumulan el 98.25% de la producción total estatal.

Descripción taxonómica: pertenece al orden Juglandales, familia Jugluandadeae, género *Carya* y especie *Carya illinoensis* (Wangenh) K.Koch (GBIF Secretariat, 2023; WFO, 2023), conocida comúnmente como nuez pecanera, pecan, pecana. La nuez contiene compuestos de gran ayuda para el funcionamiento del cerebro que permite prevenir enfermedades neurodegenerativas, por lo tanto, un consumo habitual favorece de igual manera

la salud cardiovascular por sus ricos ácidos grasos como Omega 3 y 6 que tienen funciones protectoras por lo tanto reduce el riesgo de cardiopatía coronaria, extraordinaria fuente de energía. Además de ricos minerales como son: calcio, hierro, potasio, vitaminas y magnesio, su consumo está asociado a la disminución de colesterol total y LDL, siendo que este fruto seco aporta 654 calorías (FIRCO, 2016; Montes, 2020; SADER, 2021).

Las nueces son alimento importante en la dieta diaria, pero su cáscara dura presenta un desafío para su consumo, esta barrera tiene la finalidad de proteger la semilla contra animales, lluvia y sol, la dureza es una característica de textura mecánica más significativa en los alimentos (Sánchez-Leonel, et al., 2023; Torres González, et al., 2015). Esta cáscara resistente no solo ofrece una defensa contra roedores, insectos y enfermedades, sino que también facilita un almacenamiento prolongado (Martínez García & López-Higuera, 2021). En el caso de las frutas, la calidad depende de la etapa de madurez, condiciones de clima y las prácticas de almacenamiento. La textura de las frutas puede verse afectada con el tiempo, llevando al reblandecimiento, que es uno de los principales factores que influyen en la calidad y aceptación del fruto (Esquivel Reyes, 2017; Martínez García & López-Higuera, 2021).

La falta de caracterización de la nuez criolla genera efectos adversos en la conservación de la diversidad genética, la calidad del fruto y desarrollo de estrategias de manejo agronómico, debido a la falta de información detallada sobre sus características morfológicas y fenotípicas existe una disminución y pérdida de fenotipos locales. Además, en los últimos años, diversos factores han contribuido a la decadencia y pérdida de estos recursos, algunos factores incluye

el crecimiento urbano en áreas productivas, el cambio en el uso de tierras, el impacto climático, el ataque de plagas y la presencia de plantas parásitas (Rodríguez-Vásquez et al., 2018; Rojano Hernández et al., 2017). Este análisis proporciona información sobre la diversidad genética presente en la población de nogal criollo, lo que es fundamental para su preservación, dado que, las variedades locales pueden albergar rasgos genéticos únicos que al conocerlos permite al productor identificar y seleccionar ejemplares con rasgos deseables, como las adaptadas a condiciones específicas de suelo y clima, o con atributos de tamaño del fruto, dureza del endocarpio, sabor y rendimiento, por lo tanto identificar y documentar estas características a través de descriptores morfológicos es fundamental para conservar esta riqueza genética, que es la base para futuros programas de mejoramiento genético.

El objetivo de la investigación fue comparar fenotipos locales de nuez pecanera, mediante descriptores morfológicos para su registro en San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se llevó a cabo en San Raymundo Jalpan, Oaxaca, México ubicado en LN 16° 58' 13" y LO 96° 45' 20" (1520 m), su precipitación promedio es de 600-700 mm cuenta con un clima semiseco semicálido con temperaturas entre 20° y 22° C, el suelo principal es vertisol y regosol (INEGI, 2010, 2021), en la localidad existen árboles de nogal pecanero criollo, éstos se encuentran en parcelas agrícolas o traspatio (**Figura 4**).

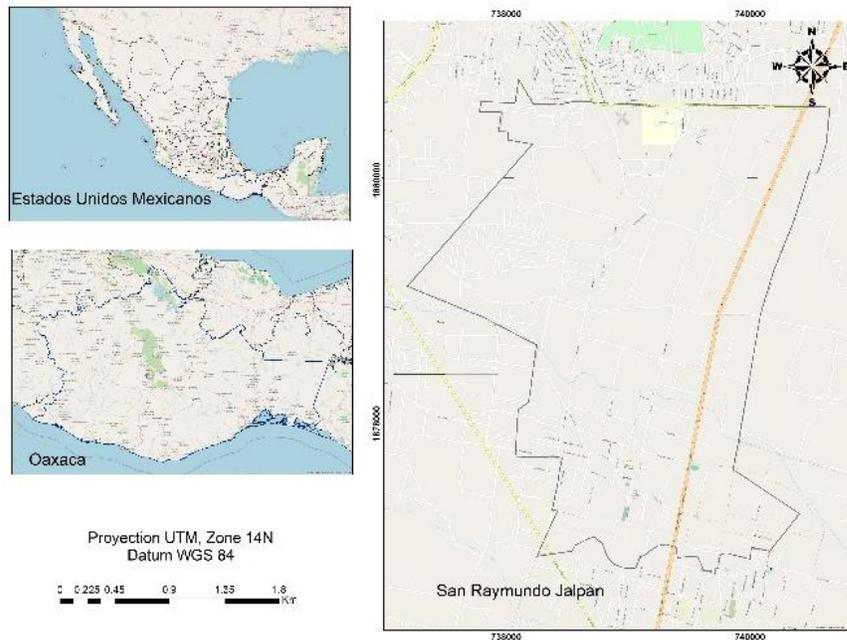


Figura 4. Localización del área de estudio. Fuente: Propia

Variables evaluadas en árboles progenitores

La caracterización de la investigación inició con los árboles progenitores; georreferenciación (GPS Garmin, modelo: Oregon 650) y características: altura total del árbol (pistola haga-altímetro W-Germany) y diámetro normal de tronco (diámetro a la altura del pecho con cinta métrica y flexómetro). Se evaluaron 17 nogales, se asignó un código para cada nogal donde los primeros dos dígitos es el núm. de productor (01), segundo las dos primeras iniciales de su nombre (CC) y tercero número de árbol (1) (**Figura 5**).

Variables evaluadas en frutos de nogal

Se realizaron recorridos para recolección de frutos de nogal pecanero, 50 nueces por cada árbol progenitor. A las semillas obtenidas se les evaluó los siguientes caracteres; de acuerdo a la NMX-FF-084-SCFI-2009 grado de calidad de almendra, clasificación del tamaño de nuez y color de almendra (Pantone coated)

como indica la NMX-FF-093-SCFI-2011 (Secretaría de Economía, 2009, 2011), dureza de endocarpio leñoso (kg cm^{-2}) (penetrómetro Agratronix Moldeo: 08180, diámetro polar – ecuatorial (mm) (vernier digital con una precisión: $\pm 0.2\text{mm}/0.01^*$). Se determinó la forma en vista lateral como determina (UPOV, 2015) y peso total de nuez (g) (báscula gramera digital con una precisión: 0.01g y cascanueces).

Se realizaron análisis con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute Inc., 2017), mediante análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis para las variables: altura, diámetro de tronco, peso total, peso de almendra, peso de endocarpio, porcentaje de almendra, porcentaje de endocarpio, diámetro polar, diámetro ecuatorial, coeficiente de forma y dureza de endocarpio. Las diferentes variables se evaluaron mediante el análisis de Wilcoxon, con la prueba de medias Duncan (0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de nogales

El nogal es un “árbol vigoroso” de gran tamaño que, alcanza los 30 m de altura e incluso algunos hasta los 55 m, con un diámetro de base de 2 m en nogales adultos” (Bennadji et al., 2008). En árboles progenitores se obtuvo una altura máxima (máx) de 25 m y mínima (mín) de 6 m, en diámetro a la altura del pecho la máx. fue de 2.72 m y mín. de 0.94 m; para estos datos no se realizó algún análisis estadístico, la edad de esos árboles es diferente por lo tanto no existe igualdad para un estudio comparativo, de la georreferenciación se obtuvo un mapa con la ubicación de cada árbol progenitor (**Figura 5**).

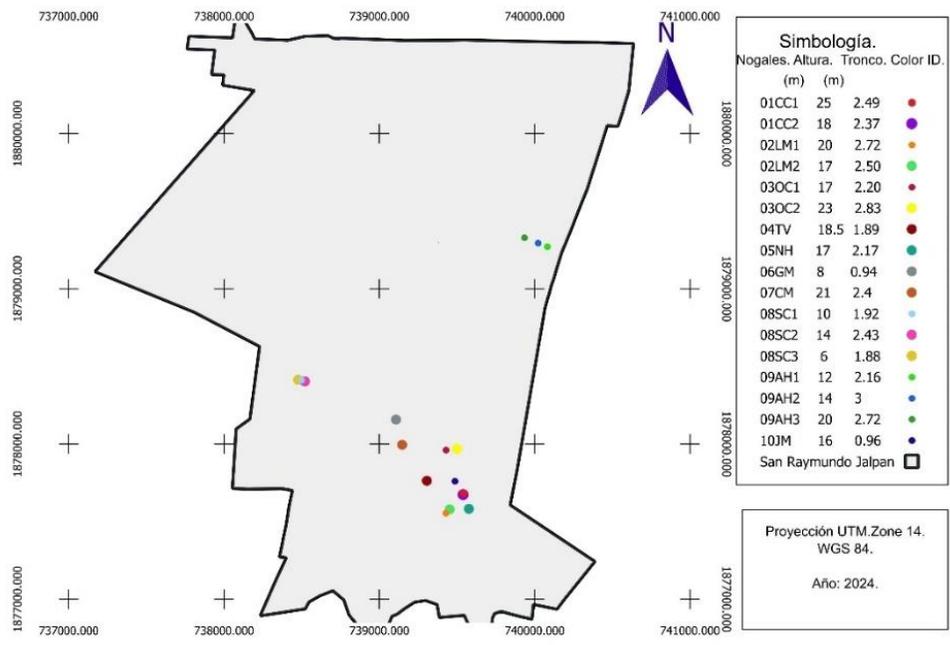


Figura 5. Localización de árboles progenitores y tabla de atributos: nogal, altura, tronco, color ID.

La distancia euclidiana de 93.846 (**Figura 6**) separa en un grupo a OC2 y SC1, estos productores comparten características similares en porcentaje de almendra y porcentaje de endocarpio, aunque OC2 tiene un porcentaje ligeramente menor de almendra y mayor de endocarpio en comparación con SC1. Las variables que más los diferencian es la dureza del endocarpio leñoso, donde destaca OC2 que es más duro que SC1, en las características categóricas de forma y color distinguen claramente a los fenotipos en términos de su apariencia externa.

El segundo grupo (**Figura 6**) con 30.108 de distancia euclidiana separa: LM2 (32.55%), GM (35.19%), NH (39.29%) y SC3 (35.02%), comparten las características del porcentaje de almendra y endocarpio, los productores del subgrupo NH y SC3 comparten la misma forma (elíptica) y color de almendra, mientras que LM2 y GM coinciden en la forma oval elíptica. SC3 cuenta con un peso de almendra mayor (3.51 g) y un peso de endocarpio (6.54 g) más alto en

comparación a NH, GM Y LM2, en la variable de dureza destaca en este grupo GM siendo de mayor dureza (12.44 kg/cm²) y SC3 (9.87 kg/cm²) siendo la más baja, con LM2 y NH se encuentran en un valor medio.

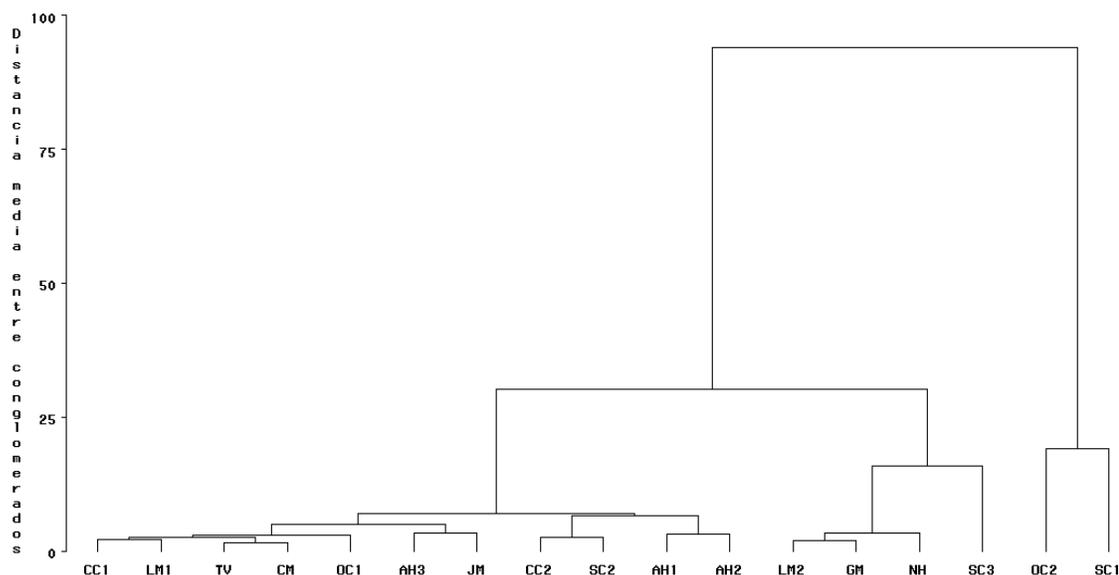
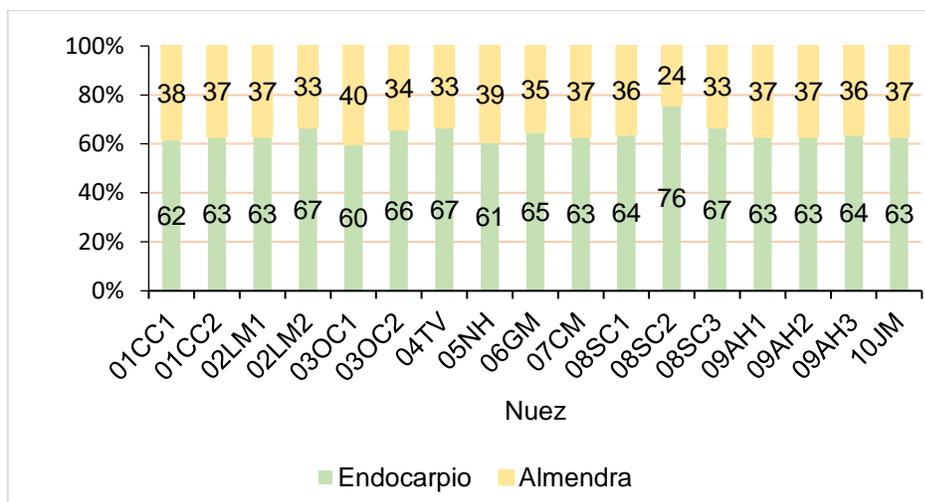


Figura 6. Análisis clúster de productores de nuez, en agrupamientos de acuerdo a sus características que comparten sus nogales.

Características morfológicas de nuez

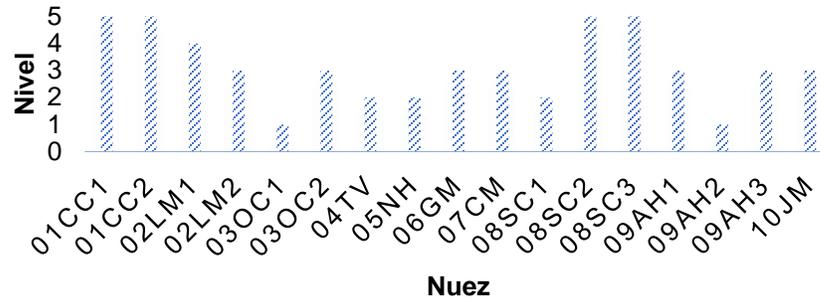
De acuerdo a la NMX-FF-084-SCFI-2009 establece especificaciones de calidad, donde clasifica en dos grados y por tipo de nuez, en este caso criolla o nativa para el porcentaje de almendra (contenido comestible (Cont.C)) por muestra obtenida, para calidad I rendimiento $\geq 38\%$ de almendra (Secretaría de Economía, 2009) sobresalieron tres muestras de nuez: 01CC1 (38% Cont.C), 03OC1 (40% Cont.C) y 05NH (39% Cont.C) con el alcance deseado. Para calidad II exige $< 38\%$ pero $\geq 30\%$, de acuerdo a la norma un tipo de nuez no cumple con las exigencias para el porcentaje de contenido comestible, por lo tanto la nuez 08SC2 (24% Cont.C) queda fuera del rango (**Figura 7**).



Claves de nuez: los primeros dos dígitos es el núm. de productor (01), segundo las dos primeras iniciales de su nombre (CC) y tercero número de árbol (1).

Figura 7. Clasificación de las 17 muestras de nuez pecanera criolla.

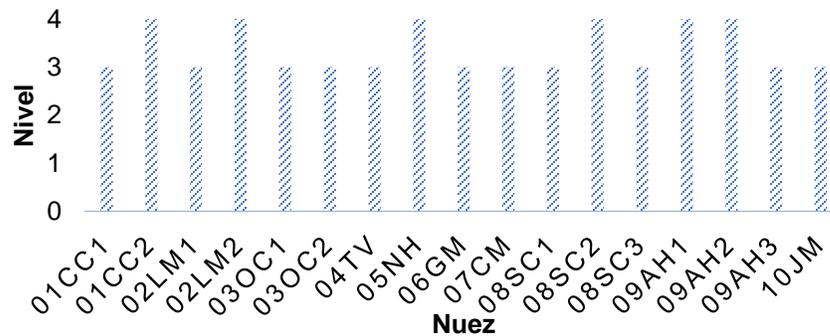
Para clasificación del tamaño de la nuez en este caso se manejó a partir del número de nueces que conforman una libra (Secretaría de Economía, 2009), por lo tanto, son cinco clasificaciones, la nuez gigante (nivel 5) <55 nueces, sobresalieron cuatro muestras de nuez: 01CC1 (55 nueces), 01CC2(52 nueces), 08SC2(54 nueces) Y 08SC3(44 nueces) (**Figura 8**). Nuez extra grande (nivel 4) de 56-63, grande (nivel 3) de 64-77, medio (nivel 2) de 78-95 y pequeño (nivel 1) de 96-120. En el tamaño de la nuez interviene las características de la variedad, clima, manejo de la huerta y condición fisiológica del árbol, nogales con una carga abundante dan nueces pequeñas y brotes grandes forman frutos de mayor tamaño (Tarango, 2012).



Claves de nuez: los primeros dos dígitos es el núm. de productor (01), segundo las dos primeras iniciales de su nombre (CC) y tercero número de árbol (1).

Figura 8. Clasificación por nivel del tamaño de las nueces de acuerdo a la norma mexicana.

El color de contenido comestible (superficie) de la nuez, se clasifica en cuatro con sus códigos de color, claro: código 458 C, 459C y 460C, ámbar claro: código 110C, 116C y 117 C, ámbar: código 470 C y 471 C y ámbar oscuro: código 478 C, 490 C y 491 C (Secretaría de Economía, 2011). La determinación final del color se representó con la moda para cada muestra de nuez (**Figura 9**).



Claves de nuez: los primeros dos dígitos es el núm. de productor (01), segundo las dos primeras iniciales de su nombre (CC) y tercero número de árbol (1).

Figura 9. Clasificación del color de contenido comestible por nivel, con dos colores predominantes ámbar (nivel 4) y ámbar oscuro (nivel 3).

Los datos (**Figura 10**) muestran la variabilidad morfológica de diferentes semillas criollas, de acuerdo al aspecto externo (UPOV, 2015), se observaron dos formas

distintas: elíptica y oblonga junto con variantes como oval elíptica. La forma elíptica es predominante en varias nueces representada por las muestras.

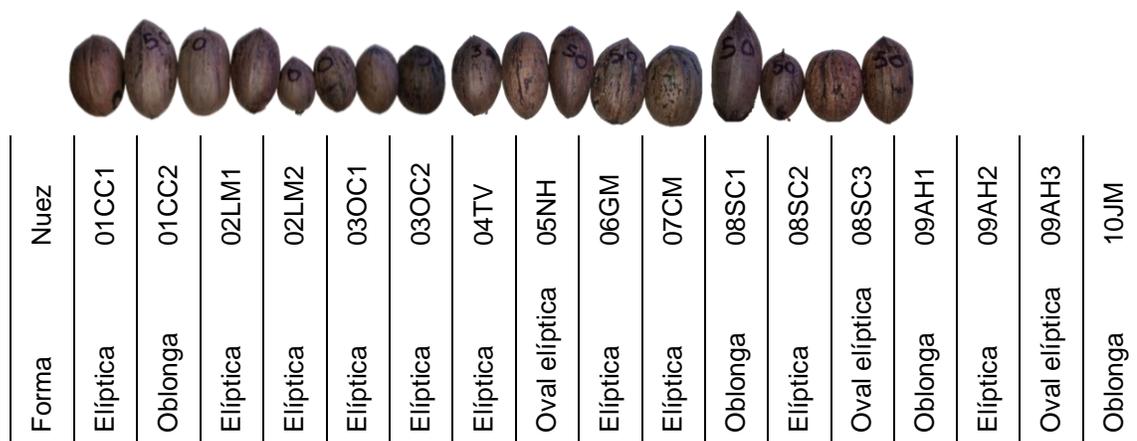


Figura 10. Muestra y forma de las 17 nueces con que se trabajó.

Las diferentes variables evaluadas mediante el análisis de Wilcoxon, con la prueba de medias Duncan (0.05) (**Cuadro 1, Cuadro 2, Cuadro 3**), proporciona resultados que facilita la identificación de características únicas de cada fenotipo que pueden ser valiosas para la selección y mejora, ayuda a los investigadores y agricultores a tomar decisiones informadas sobre qué fenotipos podrían ser más adecuados para sus necesidades específicas, como la resistencia, la calidad del fruto o la adaptabilidad a ciertos ambientes.

Cuadro 1. Comparación de fenotipos de nuez pecanera criolla.

Fenotipo	Altura (m)	D.tronco (m)	P. total (g)	P.almendra (g)	P. endocarpio (g)
1	825.50(25)a	575.5(2.46)e	670.65(8.18)c	270.45(3.00)b	239.05(4.90)bde c
6	525.50(23)b	775.5(2.83)b	366.71(6.17)hg	152.2(2.18)dfe	184.47(4.27)dec
10	650.50(21)c	475.5(2.40)g	415.44(6.46)fe	174.35(2.28)dfc	152.37(3.89)fde
3	425.50(20)d	700.5(2.72)c	574.46(7.45)d	218.35(2.57)c	197.1(4.34)dec
16	425.50(20)d	700.5(2.72)c	391.96(6.31)fh	177.37(2.30)dfc	169.25(4.05)fdec
7	775.50(18.5)e	175.5(1.89)m	175.31(4.92)j	60.95(1.55)g	85.4(3.19)feg
2	575.50(18)f	425.5(2.37)h	722.95(8.71)b	285.3(3.18)b	268.67(5.30)bda c
5	425.50(17)g	375.5(2.20)i	91.3(4.11)k	61.9(1.59)g	31.7(2.38)fg
4	75.50(17)g	625.5(2.5)d	471.69(6.79)e	136.2(2.08)fe	192.97(4.34)dec

8	725.50(17)g	325.5(2.17)j	287.69(5.75)i	148.97(2.17)fe	93.5(3.36)feg
17	125.50(16)h	75.5(0.96)o	461.87(6.70)fe	212.94(2.48)dc	146.1(5.68)bac
15	250.50(14)i	825.5(3)a	37.91(3.36)l	22.62(1.19)h	17.52(2.00)g
12	25.50(14)i	525.5(2.43)f	697.87(8.36)cb	130.82(2.06)f	304.62(6.27)ba
14	175.50(12)j	275.5(2,16)k	456.31(6.69)fe	191.62(2.39)dce	168.95(4.10)dec
11	250.50(10)k	225.5(1.92)l	283.33(5.69)i	132.55(2.01)f	120.32(3.59)fdeg
9	650.50(8)l	25.5(0.94)p	339.83(5.95)ih	149.07(2.13)fe	157.88(3.96)fdec
13	325.50(6)m	125.5(1.88)n	788.22(10.26)a	299.39(3.51)a	305.9(6.54)a
	$\chi^2=849.00^{**}$ gl=833	$\chi^2=849.00^{**}$ gl=833	$\chi^2=627.85^{**}$ gl=833	$\chi^2=205.96^{**}$ gl=314	$\chi^2=240.29^{**}$ gl=316

Los datos indican la media de rango (Kruskall-wallis, 0.05) y media aritmética de la variable entre paréntesis.

Letras distintas entre fenotipos indican diferencias significativas (Duncan, 0.05).

Se observa que los 17 fenotipos presentan diferencias significativas en cuanto a la altura y diámetro de tronco, el **fenotipo 1** sobresale en altura con su valor promedio de 825.50 mientras que en diámetro de tronco el **fenotipo 15**, los valores están acompañados de letras, donde la prueba de medias Duncan, señala diferencias significativas entre los fenotipos. El **fenotipo 13** resalta con diferencias significativas para las variables peso: total 10.26 gramos, almendra 3.51 gramos, endocarpio 6.54 gramos **Tabla 1**. El rendimiento promedio por hectárea en zonas productoras de los estados del norte oscila de 2 a 2.2 t de esta manera el árbol produce una almendra aceptable, de tal manera que si se sobrepasa ese valor el tamaño de nuez y porcentaje de almendra se reduce (Godoy Avila & López Montoya, 2000).

Cuadro 2. Comparación de fenotipos de nuez pecanera criolla.

Fenotipo	% almendra	% endo.	D. polar (mm)	D. ecuat (mm)
1	182.92(0.38)bac	150.6(0.61)fed	408.5(32.23)gh	678.1(23.49)c
6	104.15(0.33)ed	227.8(0.66)cbd	435.16(32.50)gh	342.6(20.95)h
10	182.62(0.36)bdac	149.27(0.63)fcebd	387.66(31.99)h	369.71(21.33)hg
3	198.82(0.36)bdac	132.97(0.63)fcebd	621.68(35.67)c	634.41(23.18)dc
16	166.77(0.36)ebdac	165.07(0.63)fcebd	154.54(27.39)j	590.32(22.80)de
7	112.72(0.32)e	219.17(0.67)b	247.9(29.63)i	134.15(19.10)j

2	192.85(0.37)bdac	138.85(0.62)fcde	784.9(40.98)b	576.39(22.59)e
5	258.65(0.39)a	73.3(0.60)f	61.97(24.68)k	104.31(18.67)k
4	86.17(0.32)e	245.77(0.67)b	432.18(32.62)gh	510.65(22.15)f
8	244.27(0.39)ba	87.6(0.60)fe	141.72(27.06)j	402.27(21.43)g
17	235.42(0.38)bac	108.37(0.63)fcebd	575.06(34.78)d	398.14(21.32)hg
15	192.27(0.37)bdac	139.57(0.62)fcde	74.55(25.04)k	48.97(17.65)l
12	28.72(0.24)f	303.22(0.75)a	577.09(34.61)ed	761.79(24.69)b
14	190.72(0.36)bdac	141.27(0.63)fcebd	794.35(42.10)a	251.75(20.22)i
11	166.37(0.35)ebdc	165.52(0.64)fcebd	547.09(34.27)ed	266.18(20.37)i
9	142.19(0.35)edc	189.8(0.64)cebd	470.13(33.10)gf	355.29(21.08)hg
13	129.63(0.35)edc	208.77(0.66)cb	519.02(33.87)ef	808.47(27.04)a
	$\chi^2=123.31^{**}$ gl=314	$\chi^2=120.29^{**}$ gl=316	$\chi^2=677.92^{**}$ gl=833	$\chi^2=685.29^{**}$ gl=833

Los datos indican la media de rango y media aritmética de la variable entre paréntesis. Letras distintas entre fenotipos indican diferencias significativas (Duncan 0.05).

De acuerdo al porcentaje promedio de almendra el **fenotipo 5** sobresale con el 39 % y endocarpio del 60%, indicando variaciones significativas entre los fenotipos en términos de composición interna del fruto, el **fenotipo 12** obtuvo un 75% de composición para endocarpio lo cual sugiere un menor porcentaje de almendra, para este caso, es de interés comercial una característica de mayor porcentaje de almendra que endocarpio **Tabla 2**. Otras características como es el diámetro polar nos indica promedios donde el **fenotipo 14** obtuvo 42.10 mm con diferencia significativa a los demás fenotipos, mientras que para el **fenotipo 13** sobresale en diámetro ecuatorial 27.04 mm con diferencia significativa **Tabla 2**. Los valores de chi cuadrada y grados de libertad proporciona información sobre la significancia estadística de las diferencias observadas entre los fenotipos para cada variable.

Los valores obtenidos de la **Tabla 3** son cruciales para entender las diferencias entre fenotipos estudiados en términos de forma y resistencia física de los frutos. El coeficiente de forma muestra el **fenotipo 2** con 756.42 (1.81), mostrando una

forma significativamente diferente en comparación con otros fenotipos según el análisis de Wilcoxon ($\chi^2= 673.44^{**}$, $gl= 833$) lo que significa que tiene una forma particular que se diferencia estadísticamente de otros fenotipos. La morfología y tamaño de la nuez determina su rigidez, la nuez pecana tiene una resistencia menor por su forma alargada, siendo el caso de la nuez de papel, en comparación con la nuez de castilla o la avellana (Sánchez-Leonel et al., 2023). La resistencia(dureza) promedio de los frutos indica diferencias significativas como es el **fenotipo 10** 244.2 (12.05) en comparación con otros fenotipos ($\chi^2= 172.73^{**}$, $gl= 323$), en el caso de la dureza de la cáscara es una estructura adecuada para manejar efectivamente las fuerzas de compresión, lo que significa que pueden soportar presiones sin romperse, se ha realizado estudios de acuerdo a la textura, forma o grosor, la comparación realizada por (Sánchez-Leonel et al., 2023) muestra la cáscara de la nuez pecanera de papel con un espesor de 0.76 mm en comparación con la nuez de catilla 1.67 mm y la avellana 2.21 mm.

Cuadro 3. Comparación de fenotipos de nuez pecanera criolla.

Fenotipo	C. forma	Dureza kg cm ⁻²
1	257.42(1.37)i	221.65(11.24)bac
6	524.51(1.55)e	207.55(11.07)bac
10	461.02(1.50)fg	244.2(12.05)a
3	499.94(1.54)fe	167.15(9.42)dc
16	71.55(1.20)l	75.02(6.04)fe
7	254.34(1.55)e	223.9(11.31)ba
2	756.42(1.81)b	232.2(11.56)ba
5	194.71(1.32)j	157.77(9.14)d
4	405.65(1.47)g	231.8(11.56)ba
8	130.58(1.26)k	220.07(11.21)bac
17	605.72(1.63)d	103.85(7.20)e
15	329.75(1.42)h	90.72(6.85)e
12	300.37(1.40)ih	213.77(11.21)bac

14	124.11(2.08)a	50.47(5.02)fg
11	672.44(1.68)c	32.57(4.04)g
9	554.36(1.57)e	241.77(12.44)a
13	124.11(1.25)k	184(9.87)bdc
$\chi^2=673.44^{**}$		$\chi^2=172.73^{**}$
gl=833		gl=323

Los datos indican la media de rango y media aritmética de la variable entre paréntesis. Letras distintas entre fenotipos indican diferencias significativas (Duncan 0.05).

CONCLUSIONES

La investigación revela la amplia variabilidad morfológica presente en la población, en nogal pecanero criollo. Se identificaron diferencias significativas en las características evaluadas, lo que sugiere una amplia variabilidad morfológica en la población estudiada. Los descriptores morfológicos utilizados permitieron una caracterización detallada de los fenotipos locales, proporcionando información valiosa para futuros programas de mejoramiento genético y estrategias de manejo agronómico. Estos hallazgos subrayan la importancia de conservar la diversidad genética de las variedades locales de nogal criollo, así como la necesidad de documentar y entender las características fenotípicas para su preservación y uso sostenible en la producción agrícola. Lo que contribuye a la comprensión de su variabilidad y preservación. Los resultados son fundamentales para la investigación agrícola ya que proporcionan evidencia estadística robusta sobre como varían características clave como tamaño, peso y composición de frutos entre diferentes fenotipos. En diámetro polar y ecuatorial los datos son cruciales para entender como varían las dimensiones físicas de los frutos entre diferentes fenotipos, la variabilidad observada puede influir en la selección de fenotipos para programas de mejora genética y mercados específicos, proporciona información que ayuda a optimizar la producción y

calidad al seleccionar variedades que cumplan con los requisitos específicos de tamaño y forma. Forma y dureza de los frutos puede tener implicaciones importantes en la calidad del producto final, la preferencia del consumidor y la resistencia a condiciones adversas como el transporte y almacenamiento, así como en la resistencia a plagas y enfermedades. Por lo tanto, estos datos son esenciales para la selección y mejora de variedades de frutas que se adapten mejor a diferentes condiciones de cultivo y comercialización

AGRADECIMIENTOS

Al CONAHCyT por la beca otorgada Núm. 1240432. Al C. Casimiro Cosme, C. Lilia Martínez, Omar Cabrera, C. Tomasa Vásquez, C. Nicerata Hernández, C. Guadalupe Martínez, C. César Martínez, C. Silvino Cosme, C. Aurora Hernández y C. Juana Martínez. por su aportación de frutos. Al Ing. David Chairez Aquino por su apoyo brindado en la colecta de semillas.

REFERENCIAS

Bennadji, Z., Alfonso, M., Resquin, F., Nuñez, P., & Rodriguez, F. (2008).

Potencial de uso del pecan como especie forestal multipropósito en Uruguay. 14, 45.

Esquivel Reyes, N. V. (2017). *Análisis de textura en frutas* [Universidad

Nacional de Trujillo Facultad de Ciencias Agropecuarias].

<https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9f03990a-d953-4a3f-9816-952316456329/content>

- FIRCO. (2016, diciembre 20). *Nuez Pecanera, fruto de gran valor nutricional* [Gobierno de México]. Fideicomiso de Riesgo Compartido.
<https://www.gob.mx/firco/articulos/nuez-pecanera-fruto-de-gran-valor-nutricional>
- GBIF Secretariat. (2023). *Carya illinoensis (Wangenh.) K.Koch* GBIF Backbone Taxonomy. GBIF.org
- Godoy Avila, C., & López Montoya, I. (2000). *Desarrollo de almendra y geminación del fruto del nogal pecanero bajo cuatro calendarios de riego*. 18(4), 305-311.
- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010. San Raymundo Jalpan, Oaxaca*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20342.pdf
- INEGI. (2021). *Aspectos geográficos. Oaxaca*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
http://en.www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_20.pdf
- Martínez García, P. J., & López-Higuera, F. D. (2021). *Grupo operativo para la promoción y fomento de la almendra murciana producida en un escenario de cambio climático (PROALMUR)*. https://proalmur.com/wp-content/uploads/2021/07/OK_INFORME-FINAL_LOGOS.pdf
- Montes, C. (2020). *Revista PACANA. Septiembre- Octubre, 31, 50.*

- Rodríguez-Vásquez, M. E., Rodríguez-Ortíz, G., Enríquez-del Valle, J. R., Velasco-Velasco, V. A., & Ramírez-Sánchez, S. E. (2018). Caracterización y escarificación de semillas de *Bursera glabrifolia* Kunth colectadas de diferentes árboles semilleros. *2018*, *25*(2).
<https://doi.org/10.30878/ces.v25n2a6>
- Rojano Hernández, R., Cruz Hernández, J., Bernal Muñoz, R., Valdivia-Castillo, F., & Ramírez-Vázquez, Ma. L. (2017). Caracterización morfológica de nuez (*Juglans regia* L.) conservada en traspatio de la sierra nevada de Puebla, México. *Agosto 2018*, *10*(7), 70-76.
- SADER. (2021, octubre 7). *México, segundo exportador mundial de nuez pecanera sin cáscara* [Gobierno de México]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-segundo-exportador-mundial-de-nuez-pecanera-sin-cascara?idiom=es>
- Sánchez-Leonel, M., Olivares-Hernández, A. E., Arzate-Vázquez, I., Méndez-Méndez, J. V., & Nicolás-Bermúdez, J. (2023). *¿Por qué las nueces son tan duras?* *15*, 184-189.
- SAS Institute Inc. (2017). *SAS/STAT 9.4 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. Statistical Analysis System.
https://documentation.sas.com/doc/en/pgmsascdc/9.4_3.5/statug/titlepage.htm
- Secretaría de Economía. (2009). *Norma mexicana. NMX-FF-084—SCFI-2009. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- fruto fresco- nuez pecanera *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch-*

especificaciones y métodos de prueba.

<http://www.comenuez.com/assets/nmx-ff-084-scfi-2009.pdf>

Secretaría de Economía. (2011). *Norma mexicana. NMX-FF-093-SCFI-2011.*

Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- nuez pecanera (Carya illinoensis, (Wangenh) K. Koch) sin cascara- especificaciones y métodos de prueba.

http://www.comenuez.com/assets/nmx-ff_093_scfi_2011.pdf

SIAP. (2022). *Anuario estadístico de la producción agrícola* [Base de datos].

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

SIAP. (2023). Nuez. En *Panorama agroalimentario* (2023.^a ed., pp. 110-111).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgju_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view?usp=sharing

Tarango, R. S. H. (2012). *Manejo del nogal pecanero con base en su fenología*

(Tercera, Vol. 24, p. 41). SAGARPA, INIFAP.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60329508/manejo_del_nogal_pecanero_con_base_en_su_fenologia120190818-93708-12cn3a9-libre.pdf?1566196935=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManejo_del_nogal_pecanero_con_base_en_su.pdf&Expires=1717008105&Signature=FMzIL5~184JFScjP1nRYT5qDj7KIHboNmNdDqZkkiV~4BtSXloh0c1Mf-RbR4Z7dlujfGPgPdaraHohZQnUtP301pteUy46HmM62RxqcAGsPePwD25ff3ze41iC5lcvLOoweTdMVyb-s6FDt3DX~S-cNlcOoAsLsjPxK-

TPpLGymR4OcTYtXNSkkgUvTrtebKeU5OIH64XdJAfaCC6LKDg~dx~Gb
CSr0v9ttvet32RfL7Ue01bRz7R6xZbk8KnW~J2MvnIWoaM3xiwibjRQ4b0
Y-
~zOstyAxnu3njnipZo9aSShGMOvBER4nMxzMdTJplrGG78a20bUXJHH
KzfljOw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Torres González, J. D., González Morelos, K. J., & Acevedo Correa, D. (2015).

Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos.

14(2), 63-75.

UPOV. (2015). *Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la*

*homogeneidad y la estabilidad. CARYA_ILL *Carya illinoensis**

(Wangenh.) K. Koch . Unión Internacional para la Protección de las

Obtenciones Vegetales. <https://www.google.com/url?client=internal->

element-

cse&cx=016458537594905406506:sa0ovkspdxw&q=https://www.upov.int

/edocs/tgdocs/es/tg308.docx&sa=U&ved=2ahUKEwixgsHA_f6FAxUtrokE

HeZ5DrkQFnoECAYQAQ&usg=AOvVaw3WBS5DZm37JqNDb6zYGndd&

arm=e

WFO. (2023). *Carya illinoensis (Wangenh.) K.Koch*. World Flora Online.

<https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000588763>

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES GENERALES

La investigación revela que las UP de nogal han enfrentado desafíos históricos, como inundaciones, plagas y cambios en el uso del suelo y continúan enfrentando actualmente la falta de un programa de manejo técnico-productivo y la escasez de agua. Estos problemas se ven exacerbados por la edad de los productores y la reducción en la expansión de plantaciones. Sin embargo, se espera que la implementación de programas de manejo pueda mejorar la productividad y adaptación a las condiciones cambiantes del entorno. Los hallazgos de investigación sugieren una amplia variabilidad morfológica y genética en la población, resaltando la importancia de conservarla y documentar sus características fenotípicas.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

Desarrollar programas de manejo técnico-productivo: establecer programas específicos de manejo, para las unidades de producción de nogal. Estos programas deben abordar temas como el control de plagas, el manejo del agua y la implementación de prácticas agronómicas para mejorar la productividad de las plantaciones.

Investigación continua: se recomienda llevar a cabo investigaciones continuas para comprender los desafíos específicos que enfrentan las UP de nogal, así como para identificar soluciones efectivas y adaptadas a las condiciones locales.

Promoción de la diversificación de mercados: promover la diversificación de los mercados locales y regionales para productos y subproductos de nogal.

Documentación y conservación de la diversidad genética: es fundamental documentar y conservar la diversidad genética presente en la población de nogal pecanero criollo. Esto puede realizarse a través de la creación de banco de germoplasma y programas de conservación que aseguren la disponibilidad de los recursos genéticos para futuros programas de mejoramiento y adaptación al cambio climático.

Al implementar estas recomendaciones se espera mejorar la sostenibilidad y competitividad de las UP de nogal, así como fortalecer su capacidad para enfrentar los desafíos actuales y futuros.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Benitez, A. 2021. Es México segundo exportador mundial de nuez pecanera. Disponible en méxicoexport: <https://mexicoexport.com/es-mexico-segundo-exportador-mundial-de-nuez-pecanera/>
- Bennadji, Z.; M.; Alfonso, M.; Resquin, F.; Núñez, P.; Rodriguez, F.;2008. Marzo. Potencial de uso del pecan como especie forestal multipropósito en Uruguay. *Revista INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria)*. Uruguay. N° 14. Marzo 2008. pp. 42-45.
- Calderón, J.M. 2021. Tesis aplicación de bioreguladores y su influencia en la fisiología del nogal pecanero para mitigar alternancia. Chihuahua. Consultado en: <http://repositorio.uach.mx/347/1/Tesis.pdf>
- Ernst, M. 2017. Pecans. (*Center for Crop Diversification Crop Profile*) CCD-CP-129. Lexington, KY: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. Available:<http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/pecans.pdf>

- Hernández, H.J, Camacho, R.J.C, franco, G.F, García, S.F, Romero, C.S, Villareal, E.B.O. 2013. La unidad de producción familiar caprina: promotora del avance socioeconómico en la mixteca poblana, México. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 5(2):358-365
- Medina, M., M.C. y R. Cano. P. 2002. Tecnología de producción en nogal pecanero. Libro Técnico Núm. 3, INIFAP-SAGARPA. CELALA, Matamoros, Coahuila. Pp. 1, 5.
- Montes, S.C. 2020. ¡Esto le pasara a tu cuerpo si consumes nuez en tu dieta! *Revista pacana.* p.24.
- Nogaleros. 2020. *Revista Informativa y de Interés para el Sector Nogalero de México*, Año 14. Edición 57.
- Quiroz, M.I, Chung, G.P, García, R.E, González, O.M, & Soto, G.H. (2009). Vivero forestal; producción de plantas nativas a raíz cubierta. Centro tecnológico de la planta forestal. Chile. Consultado en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/17366/25075.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, G. A. G., Sánchez, G.P., & Montes, R. R. (2015). Unidad de producción familiar como alternativa para mejorar la seguridad alimentaria en la etnia yaqui en Vicam, Sonora, México. *Revista Ra Ximhai*, 11(5), 113-136.
- SADER (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020. México, segundo exportador mundial de nuez pecanera sin cáscara. Disponible: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-segundo-exportador-mundial-de-nuez-pecanera-sin-cascara?idiom=es>

Schneider, S., Escher, F., & Craviotti, C. (2014). El concepto de agricultura familiar en América Latina. Agricultura familiar en Latinoamérica: continuidad, transformaciones y controversias. Buenos Aires: CICCUS, 25-56. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Clara-Craviotti/publication/330887361_Agricultura_familiar_en_Latinoamerica_Continuidades_transformaciones_y_controversias/links/5c98e492299bf1116947a37f/Agricultura-familiar-en-Latinoamerica-Continuidades-transformaciones-y-controversias.pdf#page=25

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Panorama agroalimentario. México: SIAP. Consultado en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021

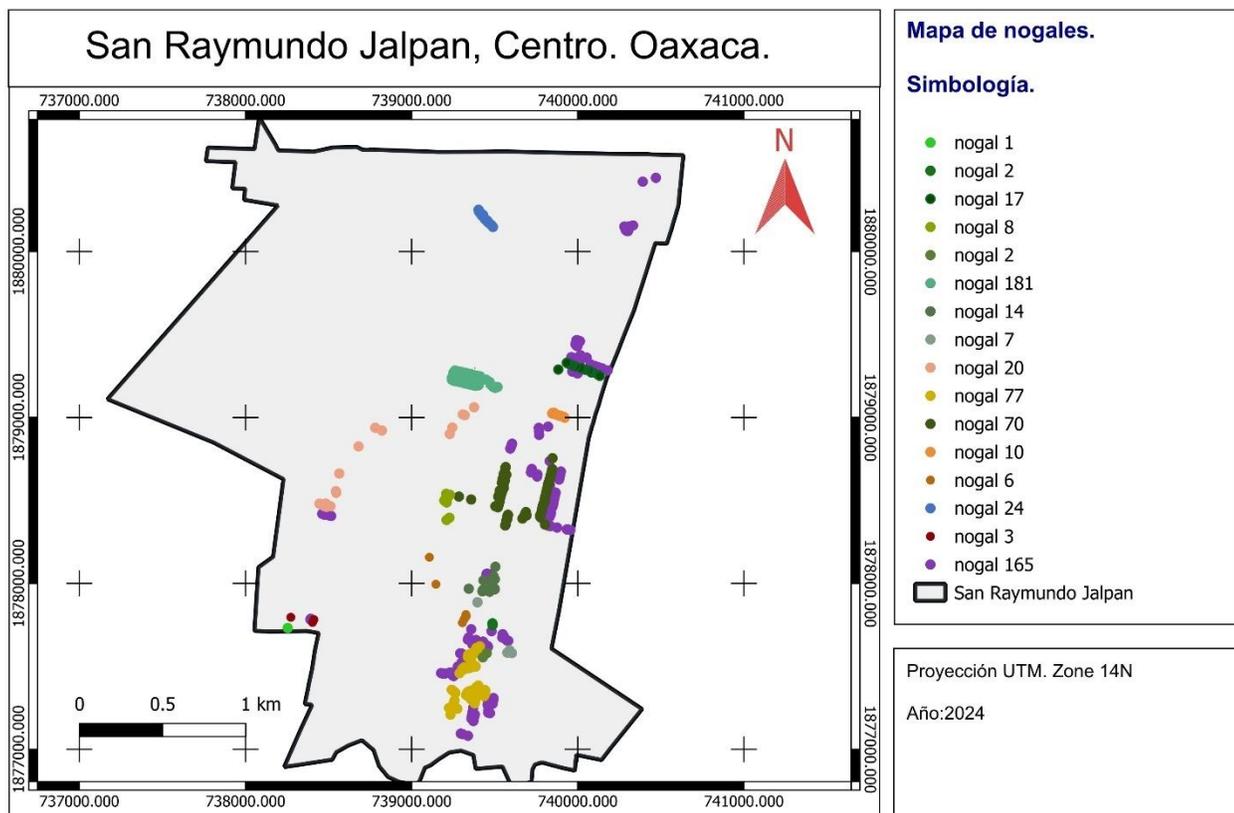
SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

Anexo I. Código asignado a cada muestra de nuez con que se trabajó, en conjunto del nombre del productor.

ID	PRODUCTOR
01CC1	Casimiro Cosme
01CC2	
02LM1	Lilia Martínez
02LM2	
03OC1	Omar Cabrera
03OC2	
04TV	Tomasa Vásquez
05NH	Nicerata Hernández
06GM	Guadalupe Martínez
07CM	César Martínez
08SC1	Silvino Cosme
08SC2	
08SC3	
09AH1	Aurora Hernández
09AH2	
09AH3	
10JM	Juana Martínez



Anexo II. Mapa con la ubicación de nogales existentes 2023, en la localidad.