



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**DOCTORADO EN CIENCIAS EN AGRICULTURA
MULTIFUNCIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

**RESPUESTA EN RED A INNOVACIONES CON *Moringa oleifera* POR
FAMILIAS RURALES DE OAXACA, MÉXICO Y LA GUAJIRA, COLOMBIA**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de
**DOCTOR EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Presenta

REYLBECK LEONARDO MERCADO VACCA

Bajo la supervisión del

**DR. JOEL PÉREZ NIETO y
DR. ROBERTO RENDÓN MEDEL**



APROBADA



Chapingo, Estado de México, a 30 de noviembre de 2020

**RESPUESTA EN RED A INNOVACIONES CON *Moringa oleifera* POR FAMILIAS
RURALES DE OAXACA, MÉXICO Y LA GUAJIRA, COLOMBIA**

Tesis realizada por REYLBECK LEONARDO MERCADO VACCA bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

DIRECTOR:



DR. JOEL PÉREZ NIETO

CODIRECTOR:



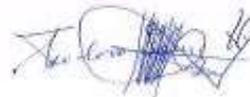
DR. ROBERTO RENDÓN MEDEL

ASESOR:



DR. JESÚS AXAYACATL CUEVAS SÁNCHEZ

ASESOR:



DR. TEODORO GÓMEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



DR. JULIO BACA DEL MORAL

LECTOR EXTERNO:



DR. VENANCIO CUEVAS REYES

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
DEDICATORIAS.....	XV
AGRADECIMIENTOS.....	XVI
DATOS BIOGRÁFICOS.....	XVII
RESUMEN GENERAL.....	XVIII
<i>GENERAL ABSTRACT</i>	XIX
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. Los Valles Centrales de Oaxaca y sus habitantes.....	3
1.1.2. La gente wayúu y su territorio.....	4
1.1.3. La moringa.....	6
1.1.4. Diálogo de saberes y educación popular.....	17
1.1.5. Etnografía.....	21
1.2. Pregunta de investigación	22
1.3. Objetivos	22
1.3.1. General.....	22
1.3.2. Específicos.....	23

1.4. Hipótesis.....	23
1.5. Metas.....	23
2. AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL, AGROFORESTERÍA, Y SUS EXPECTATIVAS EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS VULNERABLES.....	27
2.1. Introducción.....	28
2.2. El contexto actual: crisis y cambio climático.....	29
2.2.1. Agricultura convencional y cambio climático.....	30
2.3. Agricultura multifuncional: un marco conceptual.....	31
2.3.1. Agricultura multifuncional y servicios de los ecosistemas.....	36
2.4. Experiencias de agricultura multifuncional.....	38
2.5. Agricultura multifuncional y agroforestería en zonas áridas y semiáridas.....	42
2.5.1. La vulnerabilidad de zonas áridas y semiáridas.....	43
2.5.2. Experiencias de agroforestería como vehículo para la AMF en zonas áridas y semiáridas.....	44
2.6. Agroforestería con <i>Moringa oleifera</i>.....	47
2.6.1. Experiencias recientes de SAF con moringa.....	48
2.6.2. SAF con moringa ante el cambio climático.....	51

2.6.3. SAF con moringa en zonas áridas y semiáridas.....	52
2.7. Conclusiones.....	53
3. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE DIFUSIÓN DE MORINGA EN OAXACA, MÉXICO Y LA GUAJIRA, COLOMBIA.....	55
3.1. Introducción.....	55
3.2. Categorías de innovación promovidas.....	56
3.2.1. Crecimiento y desarrollo de la planta.....	56
3.2.2. Uso de hojas y ramas como forraje.....	60
3.2.3. Cercas vivas.....	61
3.2.4. Hojas como suplemento nutricional para humanos.....	61
3.3. Elementos del proceso de difusión de innovaciones.....	64
3.3.1. Propagación local de moringa.....	65
3.3.2. Demostración de prácticas de manejo.....	69
3.3.3. Aprendizaje-acción participativa y los talleres de capacitación.....	70
3.3.4. Exploración etnográfica.....	76
3.3.5. Análisis de redes sociales.....	79
4. DIFUSIÓN DEL CULTIVO DE MORINGA COMO ALTERNATIVA AGROFORESTAL EN OAXACA, MÉXICO.....	96
4.1. Introducción.....	97

4.2. Materiales y métodos.....	100
4.2.1. Municipios integrados en la promoción del cultivo de moringa.....	100
4.2.2. Innovaciones promovidas en los municipios intervenidos.....	101
4.2.3. Análisis de redes sociales.....	103
4.3. Resultados y discusión.....	106
4.3.1. Cambios en la adopción de innovaciones.....	106
4.3.2. Cambios en la estructura de las redes.....	108
4.4. Conclusiones.....	113
5. DIFUSIÓN DEL CULTIVO DE MORINGA COMO ALTERNATIVA AGROFORESTAL EN LA GUAJIRA, COLOMBIA.....	114
5.1. Introducción.....	114
5.2. Materiales y métodos.....	114
5.2.1. Municipios integrados en la promoción del cultivo de moringa.....	115
5.2.2. La gente wayúu y su territorio: el contexto local.....	115
5.2.3. Innovaciones promovidas en los municipios intervenidos.....	117
5.2.4. Análisis de redes sociales.....	119
5.3. Resultados y discusión.....	121
5.3.1. Cambios en la adopción de innovaciones.....	121
5.3.2. Cambios en la estructura de las redes.....	123

5.4. Conclusiones.....	128
6. SÍNTESIS Y RECOMENDACIONES.....	130
7. CONCLUSIONES.....	142
8. ANEXO.....	146
9. LITERATURA CITADA.....	150

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características esenciales de las regiones de estudio.....	6
Cuadro 2. Publicaciones recientes sobre innovaciones promovidas con moringa.....	12
Cuadro 3. Algunas experiencias de SAF en zonas áridas y semiáridas de Latinoamérica.....	46
Cuadro 4. Número de participantes por municipio encuestados para el análisis de redes sociales en Oaxaca y La Guajira.....	57
Cuadro 5. Talleres sobre el cultivo y aprovechamiento de <i>Moringa oleifera</i>	72
Cuadro 6. Cambio en los indicadores de centralización de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020), y Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	87
Cuadro 7. Cambio en los indicadores de diversidad de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020), y Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	91
Cuadro 8. Diferencias en densidades para las redes de difusión de innovaciones con moringa pareadas por momentos de la encuesta para el análisis de redes sociales en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020), y Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	93

Cuadro 9. Número de participantes por municipio encuestados para el análisis de redes sociales en Oaxaca.....	103
Cuadro 10. Cambio en los indicadores de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).....	111
Cuadro 11. Diferencias en densidades para las redes de difusión de innovaciones con moringa pareadas por momentos de la encuesta para el análisis de redes sociales en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).....	112
Cuadro 12. Número de participantes por municipio encuestados para el análisis de redes sociales en La Guajira.....	120
Cuadro 13. Cambio en los indicadores de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	127
Cuadro 14. Diferencias en densidades para las redes de difusión de innovaciones con moringa pareadas por momentos de la encuesta para el análisis de redes sociales en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	128
Cuadro 15. Factores que limitaron e incentivaron la difusión de innovaciones con base en moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 – 2020), y Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Agricultura tradicional en Yaxe.....	4
Figura 2. Distribución de agua potable gestionada por la Asociación Shipia Wayúu en zona rural de Uribia.....	5
Figura 3. “Identificación de <i>Moringa oleifera</i> ”	10
Figura 4. <i>Moringa oleifera</i>	14
Figura 5: “La ineludible interrelación entre las distintas funciones de la agricultura”	33
Figura 6. Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015 - 2030.....	38
Figura 7. Conexiones entre los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano.....	40
Figura 8. Categorías de innovación.....	60
Figura 9. Elementos del proceso de difusión de innovaciones con <i>Moringa oleifera</i>	67
Figura 10. Cambios en la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI) con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).....	108
Figura 11. Cambios en la estructura de la red de conocimiento para innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).....	108
Figura 12. Cambios en la estructura de la red de colaboración para innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).....	109

Figura 13. Cambios en la estructura de la red de intercambio para innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).....	110
Figura 14. Cambios en la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI) con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	122
Figura 15. Cambios en la estructura de la red de conocimiento para innovaciones con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	123
Figura 16. Cambios en la estructura de la red de colaboración para innovaciones con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	124
Figura 17. Cambios en la estructura de la red de intercambio para innovaciones con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).....	125

DEDICATORIAS

A las comunidades de Yaxe, Santiago Apóstol, Uribia y Manaure, a quienes nos acogieron y confiaron, a quienes no conocía y hoy son familia.

A la Señora Beta y Don Max, a Goyo, a las Armandas, a Don Héctor y su combo, a Don Víctor, a Don Juan y a Don Hermenegildo, a Silvino y familia.

A Shipia Wayúu.

A Domitila y Rafa, a María y Juancho y familia, a Clarita, a Mamaya, a Remedios y Fermín, a Eduardo, al Capitán Rojas.

A todas y todos gracias.

¡Que los árboles sean prósperos, la comida abundante y la Vida plena!

AGRADECIMIENTOS

A ella, mi compañera Suzayí.

Al Dr. Krishnamurti Q. E. P. D.

Al Pueblo de México y al CONACyT.

A Shipia Wayúu por todo, desde el inicio.

A la gente de Yaxe, Santiago Apóstol, Manaure y Uribia.

A la Universidad Autónoma Chapingo, al Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y al Departamento de Fitotecnia. Al Comité Asesor por su respaldo profesional. Al director Dr. Pérez Nieto y al codirector Dr. Rendón Medel especialmente, por su orientación constante y la enseñanza de una herramienta multipropósito para mensurar el proceso: el análisis de redes sociales. Al Dr. Cuevas Sánchez, por su tenaz ejemplo.

A la Dra. Ana Isabel Márquez Pérez de la Universidad Nacional de Colombia, por su colaboración indispensable para la estancia de investigación en el país. A los doctores Jesús Lizama Quijano, Roger Leakey, Mark Olson Zunica y Venancio Cuevas Reyes por sus aportes al documento final.

Al equipo de trabajo de Agroenlace, por su inconmensurable paciencia, especialmente a Cielo, Yadira y Rey.

A mi familia y amistades. A Indu y a Efa. Por su apoyo invaluable.

A la Vida misma. ¡Que prosperen los árboles!

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre	Reylbeck Leonardo Mercado Vacca
Lugar y fecha de nacimiento	Barranquilla, Colombia, 30 de abril de 1977
Profesión	Antropólogo
CURP	MEVR770430HNERCY07
CVU CONACyT	589039
e-mail	reylbeck@gmail.com

Desarrollo académico

2020. Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Becario CONACyT y CONACyT-OEA-AMEXCID 2017. Tesis: “Respuesta en red a innovaciones con *Moringa oleifera* por familias rurales de Oaxaca, México y La Guajira, Colombia”.

2016. Maestría en Antropología Aplicada. Universidad de Quintana Roo. Becario CONACyT y CONACyT-CLACSO 2014. Tesis con Mención Honorífica: “Miel y moringa. Estrategias desde la permacultura para atender necesidades concretas de una comunidad maya en Quintana Roo”.

2012. Diplomado en Educación Comunitaria. Universidad Gaia Internacional.

2012. Especialización en Formación de Formadores en Educación Popular. Consejo de Educación de Adultos de América Latina (CEAAL) y Universidad Antonio Ruiz de Montoya.

2004. Antropólogo. Universidad Nacional de Colombia.

RESUMEN GENERAL

Respuesta en red a innovaciones con *Moringa oleifera* por familias rurales de Oaxaca, México y La Guajira, Colombia*

Se realizaron y compararon procesos de intervención para la difusión del cultivo de moringa entre comunidades vulnerables de zonas secas con familias zapotecas y mestizas de la región Valles Centrales de Oaxaca, México, y familias wayúu de la Alta Guajira, Colombia. La exploración etnográfica, mediante entrevistas y observación participante por periodos de tiempo prolongados, contribuyó a interpretar los contextos locales y a explicar los factores que limitaron e incentivaron la difusión de las innovaciones identificados y gestionados mediante el análisis de redes sociales (ARS). El análisis reveló un crecimiento constante de las redes de difusión de innovaciones y la progresiva apropiación del recurso fitogenético por parte de las familias locales, así como su progresiva menor dependencia de actores externos. Los factores principales para la difusión de innovaciones con moringa fueron su potencial medicinal para humanos, la generación de ingresos adicionales por su uso como forraje y por la venta de hojas secas en mercados locales, así como sus cualidades como suplemento nutricional para infantes y madres lactantes. Los resultados reclaman la necesidad de fundamentar clínicamente el potencial medicinal y nutricional de la planta.

Palabras clave: Moringa, aprendizaje-acción participativa; etnografía, redes sociales, innovación.

* Tesis de Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo. Autor: Reylbeck Leonardo Mercado Vacca. Director: Dr. Joel Pérez Nieto. Codirector: Dr. Roberto Rendón Medel.

GENERAL ABSTRACT

Network-Managed Innovations with *Moringa oleifera* among Rural Families in Oaxaca, Mexico and La Guajira, Colombia*

Intervention processes for the diffusion of moringa-based innovations within vulnerable communities from dry zones were compared among Zapotec and peasant families from the region Valles Centrales de Oaxaca in Mexico, and Wayúu families from the Alta Guajira region in Colombia. Ethnographic exploration, through interviews, participant observation and extended fieldwork, contributed to the interpretation of local contexts as well as to explain factors that inhibited and promoted the diffusion of identified and managed innovations through Social Network Analysis (SNA). The analysis revealed a constant growth of the diffusion networks of innovations and the ongoing appropriation of the phyto-genetic resource by local farmers, as well as their growing independence from foreign actors regarding the innovations promoted. The main factors for the diffusion of moringa-based innovations among local farmers were the potential medicinal properties of the plant, the income generation through its use as forage and the commerce of dry leaves in local markets, as well as its use as a nutritional supplement for children and nursing mothers. Results demand the need for further clinical research on the medicinal and nutritional properties of the plant.

Key words: Moringa, Participatory Learning and Action, ethnography, social networks, innovation.

* Thesis, PhD in Science in Multifunctional Agriculture for Sustainable Development, Chapingo Autonomous University. Author: Reylbeck Leonardo Mercado Vacca. Director: Dr. Joel Pérez Nieto. Co-Director: Dr. Roberto Rendón Medel.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La crisis ecológica asociada al cambio climático antrópico y la dependencia hacia combustibles fósiles de un sistema socioeconómico global extractivista son dos caras de la misma moneda. Estos factores presentan retos complejos tanto para los estrategas del desarrollo a nivel internacional, como para las comunidades rurales en condiciones de vulnerabilidad asentadas en zonas secas a escala local. En este contexto, la agricultura multifuncional (AMF) puede considerarse como una alternativa para contribuir tanto a la generación de beneficios sociales y económicos de pequeños productores, como a revertir la degradación de los ecosistemas que habitan (FAO, 1999; Casini *et al.*, 2012; Velázquez, 2018). En tal sentido, la agroforestería es un vehículo privilegiado para la implementación de sistemas de AMF sustentables, fuertemente dependientes de la diversificación agrícola (Leakey 2010, 2012).

Esta investigación se propuso caracterizar procesos de difusión en red de innovaciones tecnológicas con base en el aprovechamiento del árbol de usos múltiples moringa (*Moringa oleifera*), para contribuir a la diversificación agrícola entre familias rurales de dos regiones de estudio en zonas secas que padecen inseguridad alimentaria: una corresponde a los municipios de Yaxe y Santiago Apóstol, en los Valles Centrales del Estado de Oaxaca, México y la otra se ubica en los municipios de Manaure y Uribia, al norte del Departamento de La Guajira, Colombia.

Además de generar conocimiento sobre la difusión en red de innovaciones entre comunidades étnicas diversas mediante una aproximación metodológica transdisciplinaria, el trabajo se propuso contribuir a la solución práctica de problemáticas locales difundiendo fuentes alternativas de productos comestibles

y medicinales, de generación de ingresos y de rehabilitación de suelos, todas ellas a partir de innovaciones con base en moringa. Así, el proyecto es relevante porque:

- Implicó la aplicación de una estrategia consensuada de difusión de innovaciones con ayuda de la herramienta del análisis de redes sociales (ARS) y con el auxilio del trabajo de campo mediante el método etnográfico desde las ciencias sociales.
- Involucró tareas de codiseño y colaboración con las familias participantes. Se visualizó la importancia de los saberes tradicionales de las comunidades locales, y se enfatizó el diálogo intercultural entre ellos y la ciencia para lograr resultados tanto en conocimiento como en el aporte a soluciones concretas en la práctica.
- Aplicó la investigación participativa y la propuesta de establecimiento de sistemas agroforestales para contribuir al enriquecimiento nutricional de las familias participantes, así como para la rehabilitación de suelos y el fortalecimiento de su potencial de autoconsumo y generación de ingresos, en correspondencia con los objetivos de la agricultura multifuncional.
- Se propuso contribuir al incremento de las tasas de nutrición y buena salud física de las familias participantes en México y Colombia. Esto fue particularmente significativo en el contexto actual de las comunidades wayúu, hoy amenazadas por la desnutrición y altos índices de mortandad infantil a ella relacionada.
- Se presentan los resultados del análisis de redes sociales (ARS) y la exploración etnográfica en tres momentos del proceso de difusión de innovaciones en Oaxaca –y en dos momentos en La Guajira— evidenciando la evolución de las redes de difusión y el incremento de la apropiación de conocimientos y prácticas relativas a las innovaciones por parte de las familias locales.

1.1. Antecedentes

Componentes conceptuales fundamentales para la presente investigación fueron tanto la gente y su medio ecológico, el árbol de usos múltiples *Moringa oleifera* y la agricultura multifuncional, como el diálogo de saberes y la etnografía.

1.1.1. Los Valles Centrales de Oaxaca y sus habitantes

El área de estudio corresponde a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, subprovincia de las Tierras Altas de Oaxaca. Es terreno montañoso dividido por los valles de los ríos Grande y Atoyac, con la sierra Mixteca al occidente y la sierra de Juárez al este. En el centro del estado ocurren valles intermontanos conocidos como los Valles Centrales de Oaxaca (Martínez, 2012).

Yaxe y Santiago Apóstol pertenecen al Distrito de Ocotlán. Su clima predominante es semicálido del grupo C poco oscilante con distribución de la temperatura tipo Ganges [(A) C(w"o) (w) a (i') g] (García, 1973) y su fisiografía comprende lomerío con llanuras en Yaxe y valles de laderas tendidas con lomerío en Santiago Apóstol (INEGI, 2005). Yaxe cuenta con 2,789 habitantes y su actividad económica principal es la producción maíz, hortalizas y mezcal artesanal. Santiago Apóstol cuenta con 3,995 habitantes y su actividad económica principal incluye la producción de maíz, hortalizas y flores. El rezago social en ambos municipios es "muy alto" y sus tasas de inseguridad alimentaria superan el 60 % en Yaxe y el 35 % en Santiago Apóstol (SEDESOL, 2016). Adicionalmente, sus economías locales se ven influenciadas por la migración de sus habitantes a Estados Unidos y las remesas que ellos envían, en tal sentido el grado de la intensidad migratoria es "alto" en Yaxe y "medio" en Santiago Apóstol

(DIGEPO, 2010). Ambos municipios presentan una destacada influencia cultural zapoteca.



Figura 1. Agricultura tradicional en Yaxe.

1.1.2. La gente wayúu y su territorio

La Alta Guajira está en el extremo norte de la República de Colombia. Zonas rurales de los municipios de Manaure y Uribia se ubican en esta región árida y semiárida, con planicies y dunas de alta salinidad, un régimen bimodal de lluvias y deficiencia hídrica durante todo el año ocasionada por la superioridad en volúmenes de evotranspiración potencial sobre volúmenes de agua precipitada. Manaure tiene 103,961 habitantes y sus actividades económicas incluyen la explotación de minas costeras de sal y yacimientos de gas natural. Uribia, con 174,287 habitantes es centro importante del comercio regional. En Manaure hay 680 comunidades wayúu y en Uribia 644 (DANE, 2015).

Zonas rurales de ambos municipios constituyen territorios ancestrales de comunidades étnicas wayúu, las cuales habitan asentamientos dispersos y tierra adentro se dedican principalmente a las artesanías textiles, el pastoreo de ganado caprino y una agricultura estacional incipiente. Aunque en La Guajira está la mina de carbón a cielo abierto más grande del hemisferio –que aporta millonarias regalías a la entidad— existen altos índices de desnutrición, mortalidad y pobreza extrema que afectan especialmente a la niñez (OXFAM, 2014; UNICEF-FUCAI, 2015; Bonet-Morón y Hahn-De-Castro, 2017).

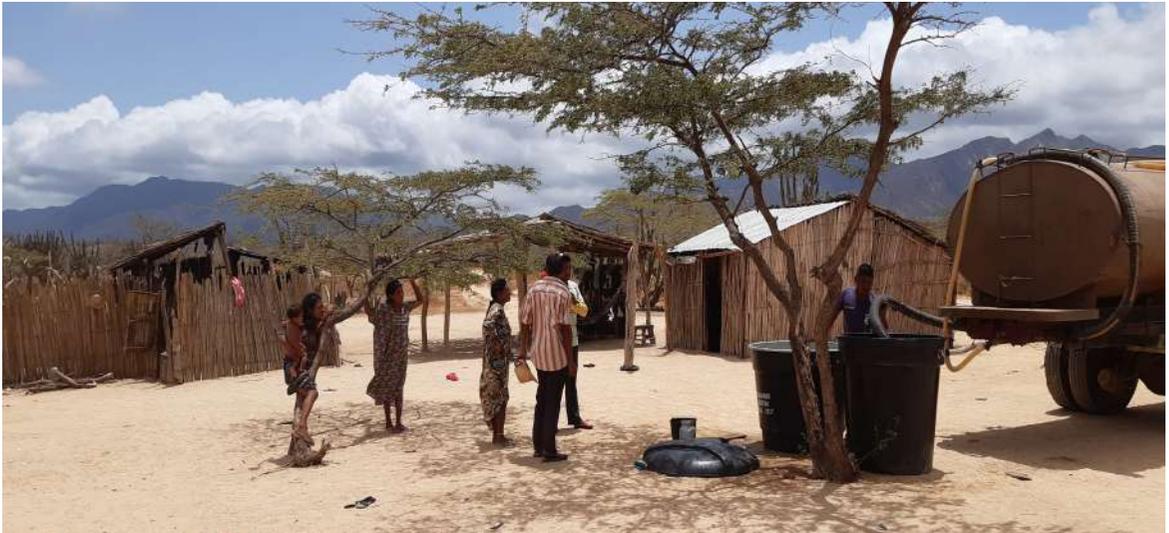


Figura 2. Distribución de agua potable gestionada por la Asociación Shipia Wayúu en zona rural de Uribia.

El Cuadro 1 presenta características esenciales de los municipios donde se realizó el proceso de intervención. Las dos regiones son heterogéneas aunque comparten características como la predominancia de poblaciones rurales y étnicamente diversas, dedicadas a actividades agropecuarias en zonas semiáridas. Ambas cumplen con los requerimientos ecológicos para la introducción de la moringa.

Cuadro 1. Características esenciales de las regiones de estudio.

Características	Oaxaca, México		La Guajira, Colombia	
	Yaxe	Santiago Apóstol	Manaure	Uribia
Ubicación geográfica	16°43' N 96° 28' W	16°48' N 96° 43' W	11°46' N 72°26' W	11°42' N 72°15' W
Superficie (km ²)	65.07	21.96	1,643	7,905
Altitud promedio (msnm)	1,500	1,470	3	23
Clima (Koeppen)	(A) C(w''o) (w) a (i') g		BSh	
Precipitación media anual (mm)	700	672	399	403
Temperatura media anual (°C)	19	20.9	28.8	29.2
Unidades de suelo (FAO)	Luvisol, Phaeozem, Fluvisol y Leptosol.	Cambisol, Regosol, Leptosol, Vertisol y Luvisol.	Inceptisol, Vertisol, Molisol y Aridisol.	
Vegetación predominante	Pastizales inducidos. Bosque aciculi-esclerófilo con pinos, encinos, copal, magueyes, cactus columnares y palo verde.		Herbácea con arbustales densos y abiertos. Cardonales, espinares y matorrales subxerófilos, cactus columnares, árboles y arbustos espinosos caducifolios.	
Tradición cultural	Zapoteca y mestiza		Wayúu y mestiza	
Lengua (s)	Español	Zapoteco y español	Wayuunaiki y español	

1.1.3. La moringa

La moringa es un árbol siempreverde de crecimiento acelerado cuyo origen se presume en la India pero que actualmente se cultiva en todos los países tropicales del mundo (Olson y Fahey, 2011), preferentemente hasta los 1000 msnm. Es una de las trece especies conocidas de *Moringa*, el único género en la

familia de plantas *Moringaceae*. Su fácil y rápido crecimiento en climas áridos y semiáridos, sin necesidad de cuidados excesivos, indican la conveniencia de su experimentación en el Desierto de La Guajira –territorio ancestral de la Nación Wayúu— con el fin de enriquecer la nutrición disponible en la dieta local.

A simple vista, *Moringa oleifera* puede ser confundida erróneamente con un árbol leguminoso debido al aspecto de sus hojas, flores y frutos tempranos. No obstante, si bien la moringa no se distingue por fijar nitrógeno en el suelo como las leguminosas (Olson, 2014), sus múltiples atributos, que incluyen la producción de aceite, proteínas, vitaminas y antioxidantes, así como su “feliz” crecimiento “[...] escandalosamente rápido en algunos de los más severos hábitats tropicales secos del mundo” (*Ibid.*), hacen insignificante esa carencia. *Moringaceae* se distingue de las otras familias por una combinación única de rasgos. Sus especies se caracterizan por tener hojas pinnadas grandes, en donde cada hoja está dividida en muchos folíolos dispuestos sobre un armazón o raquis. Los frutos forman una cápsula larga y leñosa que cuando alcanza la madurez se abre lentamente en tres valvas que se separan la una de la otra por su longitud, quedando pegadas sólo en la base del fruto. En la mayoría de las especies, las semillas presentan tres alas longitudinales. “La combinación de hojas pinnadas, frutos trivalvados y semillas con tres alas hace que sea muy fácil reconocer una *Moringa* [...]” (Olson y Fahey, 2011).

Centro o región de origen. *Moringa oleifera* es originaria del sur del Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán (Villareal y Ortega, 2014). Es nativa de las laderas ubicadas en la zona sur de la cordillera del Himalaya (Korsor *et al.*, 2019). Se sabe muy poco de *Moringa oleifera* en estado silvestre. Se ha registrado en los bosques tropicales caducifolios del noroeste de la India y en el este de Pakistán, en la zona entre Simla, India y Faisalabad,

Pakistán. Lamentablemente, las escasas publicaciones al respecto no discuten la distinción entre árboles silvestres y cultivados, consideración esencial para poder dilucidar la distribución natural de una planta cultivada. En contraste con el conocimiento limitado sobre su distribución natural, se sabe por registros de herbario que *Moringa oleifera* se cultiva en todos los países tropicales (Olson y Fahey, 2011). Cabe anotar que el proceso de naturalización biológica implica que un organismo se establezca en una región de donde no es nativo, y logre sobrevivir y reproducirse por muchas generaciones sin asistencia humana. En el caso de *Moringa oleifera* no existen registros de su naturalización en ningún hábitat y tampoco se ha registrado como maleza en ninguna parte del mundo (Olson, 2010; Olson y Fahey, 2011: 1072).

Datos taxonómicos básicos. Reino *Plantae*, subreino *Viridiplantae*, infrareino *Streptophyta*. Superdivisión *Embryophyta*, división *Tracheophyta*, subdivisión *Spermatophytina*. Clase *Magnoliopsida*, superorden *Rosanae*, orden *Brassicales*. Familia *Moringaceae*, género *Moringa*, especie *Moringa oleifera* (Reyes, 2016).

La moringa pertenece a la familia Moringaceae, un grupo pequeño de plantas dentro del gran orden Brassicales que incluye la familia de la col, el rábano y las alcaparras. La familia más cercanamente emparentada con Moringaceae es Caricaceae, la de la papaya, con la cual comparte la característica de presentar glándulas en el ápice del peciolo. Moringaceae comprende solamente un género, *Moringa*. Dentro de *Moringa* hay 13 especies, las cuales abarcan una gama diversa de formas de crecimiento, desde arbustos hasta árboles grandes (Olson y Fahey, 2011). Las 13 especies del género *Moringa* se dividen en tres grupos con base en la forma de sus troncos: arbustos con tubérculos, árboles con forma de botella y árboles esbeltos. De todas, *Moringa oleifera* es hasta hoy la más usada y estudiada (Leone *et al.*, 2015; Kursor *et al.*, 2019).

- Los arbustos, del noreste de África, son *Moringa arborea* originaria de Kenia; *Moringa rivaie* originaria de Kenia y Etiopía; *Moringa borziana* de Kenia y Somalia; *Moringa pygmaea* de Somalia; *Moringa longituba* y *Moringa ruspoliana* de Kenia, Etiopía y Somalia.
- Los árboles con forma de botella son *Moringa ovalifolia* de Namibia y Angola, *Moringa drouhardii* y *Moringa hildebrandtii* de Madagascar, y *Moringa stenopetala* de Etiopía y Kenia.
- Los árboles esbeltos comprenden a *Moringa peregrina*, de Arabia, la zona del Mar Rojo y la región del Cuerno de África, Egipto, Sinaí, Israel y Sudán; *Moringa concanensis*, de India, Pakistán y Bangladesh, y *Moringa oleifera* de la parte sur de la cordillera del Himalaya en el norte de India

Descripción de la planta. Moringaceae se distingue fácilmente de otras familias, pues sus especies comparten las siguientes características: hojas pinnadas grandes, cada hoja dividida en muchos folíolos sobre un armazón llamado raquis; glándulas foliares ubicadas a ambos lados flanqueando la base o en el ápice del peciolo. Las flores presentan un estilo hueco y anteras con dos esporangios o cámaras para el polen, en vez de los cuatro que suelen presentar las plantas con flor. Los frutos forman una cápsula larga y leñosa, que en su madurez se abre lentamente en tres valvas que se separan, quedando pegadas en la base del fruto. Las semillas presentan tres alas longitudinales (Olson y Fahey, 2011). La Figura 3 muestra características descriptivas de *Moringa oleifera*.

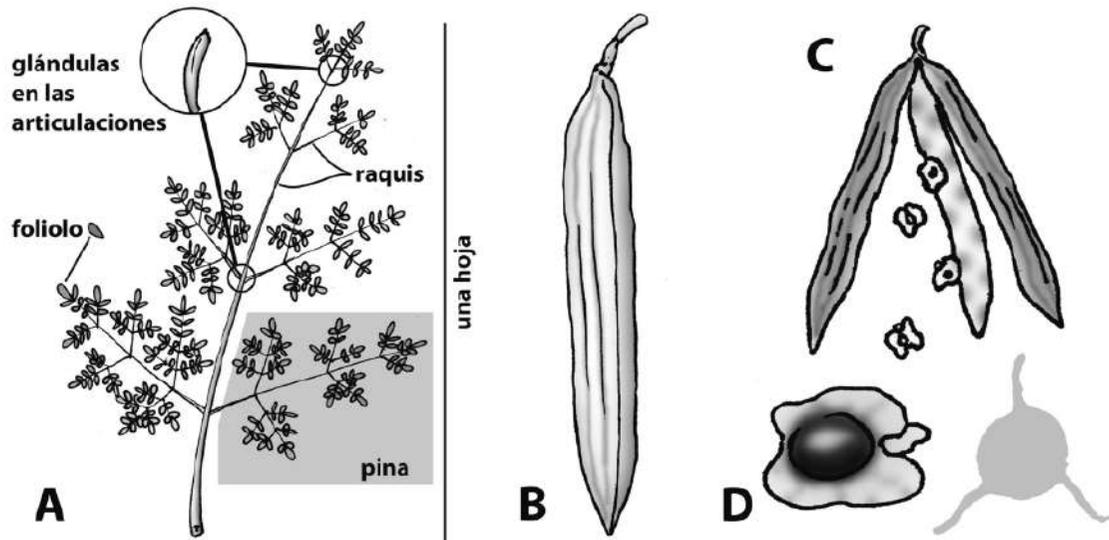


Figura 3. “Identificación de *Moringa oleifera*. A. Hojas grandes pinnadas que pueden alcanzar unos 60 cm de longitud, divididas en folíolos dispuestos sobre un raquis. En la articulación de cada raquis se encuentran glándulas de 1 mm de longitud. B-D. Frutos y semillas. B, fruto, cápsula ligera, leñosa y seca que en su madurez mide de 10 a 30 o hasta 50 cm; C, en su madurez el fruto pasa de color verde a color madera y se abre en 3 partes o valvas; D, semillas de 1.5 a 3 cm de diámetro, con centro de color café oscuro y 3 alas de color crema; la silueta muestra la configuración de las 3 alas”. La moringa es la única planta en México con hojas pinnadas con glándulas en las articulaciones, frutos con 3 valvas y semillas con 3 alas” (Olson y Fahey, 2011).

Cabe recordar que *Moringa oleifera* es una planta comestible, de rápido crecimiento que puede alcanzar los 12 m de altura. Es reconocida por sus compuestos bioactivos, con una variedad de propiedades nutricionales y medicinales atribuidas al contenido de minerales, vitaminas, aminoácidos y compuestos con actividad antioxidante. La literatura científica reporta que la planta tiene efectos benéficos en el tratamiento de la hiperglucemia y la dislipidemia (niveles altos de azúcar y de grasas o lípidos en la sangre, respectivamente). Asimismo, se han realizado estudios evaluando el potencial de la moringa por su actividad antimicrobiana, anti inflamatoria, antioxidante y para la prevención del cáncer, entre otros (Chaves-Bedoya *et al.*, 2017).

Sistema de polinización. Alógama.

Tipo de semilla. Ortodoxa.

Sistema de conservación.

- **Ex situ.** Viabilidad de la semilla por varios años en almacenamiento hermético a 3° C con 5-8 % de humedad. Las semillas deben ser recolectadas de frutos maduros (Orwa *et al.* 2009).
- **In situ.** El árbol crece de manera óptima en las siguientes condiciones: temperatura ideal: 20°- 35° C, temperatura mínima: 15° C; precipitación: 250-1500 mm/año, ecosistemas áridos y semiáridos; suelos con buen drenaje: grava, arenosos, volcánicos; pH neutro (tolera pH 4.5-9); latitudes: 23° N - 23° S; elevación ideal: < 500 msnm (sobrevive hasta los 1800 msnm). La moringa puede propagarse por semillas, presentando una germinación epigea a los 5-16 días y puede crecer hasta 4-5 m durante el primer año. También es posible su propagación vegetativa por estacas, las cuales pueden ser de 1-2 m de largo y 4-10 cm de ancho para siembra directa, con la desventaja de iniciar con un sistema radicular reducido (en contraste con las profundas raíces pivotantes, también semejantes a tubérculos, que presentan árboles propagados por semillas); otra opción es la siembra en bolsas o macetas de esquejes de 30 cm de largo y 2.5 cm de ancho, para el posterior trasplante de plántulas.

La moringa es ejemplo perfecto de un árbol de usos múltiples: sus usos agroecológicos son numerosos e incluyen la purificación parcial de agua, la producción de aceite comestible de alta calidad, de fibras, jabones, cosméticos y combustibles, así como la utilidad de su establecimiento en sistemas agroforestales para el diseño de linderos y cercas vivas, cortinas rompevientos,

barreras vivas para terrazas en laderas y la producción de biofertilizantes, abono verde y forraje para diversos animales (Folkard y Shuterland, 1996; Price, 2007; Pérez *et al.*, 2010; Olson y Fahey, 2011; Magaña, 2012; Mejía, 2015). El Cuadro 2 concentra una serie de publicaciones –desde 2013— sobre usos de la moringa con potencial para innovaciones en Oaxaca y La Guajira.

Cuadro 2. Publicaciones recientes sobre innovaciones promovidas con moringa.

Innovaciones promovidas	Publicaciones
1. Crecimiento y desarrollo de la planta.	Valdés-Rodríguez <i>et al.</i> , 2014; Adegún y Ayodele, 2015; Meza <i>et al.</i> , 2016; Modeste, 2016; Reyes, 2016.
2. Uso de hojas y ramas como forraje para bovinos, aves y peces.	Nouman <i>et al.</i> , 2014; Ramos-Trejo <i>et al.</i> , 2015; Masagca <i>et al.</i> , 2016; Muñoz y Juárez, 2016; Kholif <i>et al.</i> , 2016; Casanova <i>et al.</i> , 2018.
3. Cercas vivas.	Karthigesu <i>et al.</i> , 2014; Rivera y Centeno, 2014; Loyola <i>et al.</i> , 2015.
4. Hojas como suplemento nutricional para humanos.	FAO, 2013; Kayalto <i>et al.</i> , 2013; Zongo <i>et al.</i> , 2013; Godínez-Oviedo <i>et al.</i> , 2016; Gopalakrishnan <i>et al.</i> , 2016; Oyeyinka y Oyeyinka 2018; Bolarinwa <i>et al.</i> , 2019.
5. Extracto de hojas como nutriente foliar.	Abdalla, 2013; Iqbal, 2014; Oluwagbenga y Okiemute, 2015; Biswas <i>et al.</i> , 2016; Muñoz, 2016.
6. Propiedad floculante de semillas para fitoremediación y tratamiento de aguas turbias.	Feria <i>et al.</i> 2014; Omodamiro <i>et al.</i> , 2014; Suscheela <i>et al.</i> , 2014, Yusuf <i>et al.</i> , 2015; James y Zikankuba, 2017, Pereira <i>et al.</i> , 2017.

Los usos de la moringa son excepcionalmente variados y positivos para las comunidades humanas y sus agroecosistemas interdependientes. Las diferentes partes del árbol son utilizadas de acuerdo a tradiciones culturales de África y Asia

para una amplia gama de efectos medicinales que incluyen y no se limitan a la prevención de la desnutrición y la ceguera, el tratamiento de irritaciones en la piel, dolores de cabeza y dientes, diarrea, enfermedades de transmisión sexual, diabetes, alta presión sanguínea, intoxicaciones y envenenamiento, entre muchos otros (Fahey, 2005; Dechasa *et al.*, 2006; Sarmiento, 2008; Navie y Csurhes, 2010; Agbogidi e Ilondu, 2012; Magaña, 2012). Olufunke (2012), así como Olson y Fahey (2011), presentan evidencia científica específica acerca de las propiedades antimicóticas y antibióticas de la planta, así como de su uso para la prevención del cáncer.

Moringa: alimento excepcional

Moringa oleifera is the most nutrient-rich plant yet discovered.
Tahir Mahmood *et al.*, “*Moringa oleifera: a natural gift - A review*”

En cuanto a su uso como alimento humano la *Moringa oleifera* posee cualidades nutricionales sobresalientes y está considerada como uno de los más completos vegetales perennes. Todas las estructuras de la planta son útiles tanto a nivel nutricional como medicinal. Las semillas pueden ser utilizadas como floculante natural en la purificación de agua, en la medicina y como aceite vegetal. Las vainas son utilizadas como alimento, fertilizante y poseen propiedades medicinales al igual que las flores, hojas, corteza, goma y raíces. Las hojas de Moringa poseen 6,7 g de proteínas, equivalentes al contenido proteico de un huevo y dos veces el de la leche, más de cuatro veces la cantidad de vitamina C de las naranjas, dos veces la cantidad de vitamina A de una zanahoria, cuatro veces la cantidad de calcio de la leche, cantidades significativas de hierro, potasio, fósforo, magnesio y otros elementos.

Estas propiedades pueden ayudar a solventar problemas de inseguridad alimentaria y prevenir múltiples patologías asociadas a deficiencias de vitaminas, proteínas, minerales, carbohidratos y lípidos. (Del Toro *et al.*, 2011: 24)



Figura 4. *Moringa oleifera*. Imagen de: <https://lamoringa.net/>

Consecuentemente, una cualidad maravillosa de la moringa es su sorprendente potencial nutricional. La moringa es un alimento excepcional. Se consumen sus hojas, frutos, flores, raíz y semillas, de las cuales se extrae también un aceite comestible de gran calidad. Sus hojas contienen proteína (hasta el 30% de su peso), vitaminas A, B y C, minerales como calcio, hierro, fósforo, magnesio y potasio, y son fuente de todos los aminoácidos esenciales. Además, sus hojas están presentes durante todo el año, así que su producción no se limita a una temporada o estación específica.

Prácticamente todas las partes de la planta tienen uso alimenticio. Las raíces, las hojas, las flores, las raíces y el aceite son altamente apreciados por su valor nutritivo y se utilizan para la elaboración de diferentes platos

en la India, Indonesia, Filipinas, Malasia, el Caribe y en varios países africanos. Las hojas tiernas cocinadas se emplean en la preparación de ensaladas, sopas y salsas; también pueden ser consumidas crudas, como otras verduras. Las flores cocinadas tienen un sabor que recuerda al de algunas setas comestibles. Las vainas tiernas son muy apreciadas en la India; se preparan del mismo modo que las habichuelas y su sabor es parecido al de los espárragos. Al madurar, las vainas se tornan algo leñosas y pierden cualidades como alimentos. No obstante, las semillas pueden ser separadas de la vaina madura y utilizadas como alimento. Las semillas maduras se pueden preparar de manera similar a los guisantes; y también consumirse fritas, tostadas (como el maní), en infusiones y en salsas. En Malasia, las vainas verdes se utilizan como ingredientes de variedades locales de curry. A partir de las raíces se preparan salsas que, por su sabor, recuerdan al rábano picante; por ello la moringa en algunos sitios se conoce como el árbol del rábano. Las hojas de esta especie presentan un elevado contenido de vitaminas, provitaminas y minerales. Además, se ha demostrado que contienen todos los aminoácidos esenciales para la vida, incluyendo algunos como la arginina y la histidina, que se encuentran generalmente en proteínas de origen animal y que son muy importantes para el desarrollo de los infantes. (Martín *et. al.* 2013: 139)

Numerosos estudios en diferentes países analizan y corroboran el alto contenido nutricional de la planta, tanto de sus hojas como de sus vainas tiernas y semillas, presentando información sobre parámetros nutricionales como humedad, proteína cruda, grasa, carbohidratos, lípidos, cenizas y fibra, así como valores detallados en cuanto a minerales (sodio, potasio, calcio, magnesio, zinc, hierro, manganeso, cobre, plomo, selenio, boro, sulfuro), vitaminas (A, B, B1, B2, B3, C, E) y aminoácidos –incluidos todos los considerados esenciales— (Fuglie, 2001b; Price, 2007; Tahir Mahmood *et. al.*, 2010; Del toro *et. al.*, 2011; Moyo *et. al.*, 2011; Olufunke, 2012; Kayalto *et. al.*, 2013; Asante *et. al.*, 2014; Gopalakrishnan *et. al.*, 2016).

“Existen variaciones considerables entre los valores nutricionales de la moringa, los cuales dependen de factores como los antecedentes genéticos, el ambiente y

los métodos de cultivo” (Moyo *et. al.*, 2011: 12926). Entonces, si bien los valores nutricionales de la planta presentan variaciones en consideración de diversos factores que naturalmente incluyen características del medio biogeográfico (como tipo de suelo, clima, precipitación media, humedad, etc.) y las condiciones específicas de su cultivo, también es cierto que dichas variaciones, en todos los casos revisados en diferentes continentes, siguen demostrando que la moringa presenta un contenido nutricional destacado y significativamente alto en comparación con otras especies vegetales.

Los resultados de diferentes estudios apuntan a constatar que la moringa es un recurso eficiente para contribuir a la seguridad alimentaria en poblaciones humanas vulnerables. Cabe resaltar la importancia de elementos nutricionales provistos por la planta como hierro, calcio, vitamina A y la alta cantidad de proteína que incluye todos los aminoácidos esenciales, los cuales han sido analizados en diferentes escenarios de malnutrición en África, Asia y América, logrando en todos los casos resultados esperanzadores, que posicionan a la moringa como una alternativa importante, económica y ecológicamente viable para contribuir a solucionar dicha problemática (Fuglie, s.f.; Babu, 2000; Nambiar *et. al.*, 2003; Fernández, 2010; Kayalto *et. al.*, 2013).

En efecto, numerosas iniciativas desde instituciones científicas y organizaciones no gubernamentales, principalmente en África y Asia, han abogado recientemente por el uso la moringa como una alternativa local y accesible para contribuir a la solución de problemáticas sociales y sanitarias relacionadas con la malnutrición. Entre ellas, destaca el trabajo de la organización Alternative Action for African Development, la cual, en coalición con World Church Service, implementó un proyecto para prevenir y/o curar la desnutrición en mujeres embarazadas y lactantes, así como en sus hijos e hijas, en el suroeste de

Senegal durante 1997 y 1998. Durante el desarrollo del proyecto, líderes locales compartieron información y técnicas para preparar y usar polvo de hoja de moringa como suplemento nutricional añadido a las comidas tradicionales. Los resultados finales indicaron que la población infantil mantuvo o aumentó su peso e incrementó su estado de salud general, asimismo las mujeres embarazadas se recuperaron de la anemia y dieron a luz bebés con mayor peso, y las mujeres lactantes incrementaron su producción de leche (Fuglie 2001c; Tahir Mahmood *et. al.*, 2010).¹

Finalmente, cabe mencionar que esta propuesta se apoyó en el supuesto inicial, en concordancia con los diagnósticos de la literatura consultada (Navie y Csurshes, 2010; Olson y Fahey, 2011; Olson, 2014), que sostiene que la introducción de cultivos de moringa no afectará invasivamente las zonas de estudio seleccionadas para su difusión, ya que no existen registros de que la planta se reproduzca sin ayuda humana de forma descontrolada.

1.1.4. Diálogo de saberes y educación popular

El diálogo de saberes se origina en el reconocimiento y la reivindicación de los saberes autóctonos y tradicionales de las culturas indígenas y campesinas, los cuales han sido mayoritariamente marginados por la monocultura imperante. En el contexto actual del capitalismo recrudescido y de la imposición de políticas socioeconómicas que privilegian el agronegocio sobre el bienestar real de las comunidades locales, el diálogo de saberes entre el conocimiento técnico y científico experto y las diferentes cosmovisiones y saberes tradicionales de las comunidades rurales es capaz de suscitar conceptos y métodos en beneficio de

¹ En dicho contexto, Fuglie (2001b) ofrece un análisis detallado de cada componente nutricional de *Moringa oleifera* y presenta indicaciones específicas sobre las dosis de suplementos nutricionales hechos con polvo de hojas de moringa, para infantes y mujeres embarazadas y lactantes, de acuerdo a las recomendaciones nutrimentales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y de la Organización Mundial de la Salud.

las mismas. Un ejemplo destacado de su potencial organizativo y de construcción de autonomías en favor de la emancipación y el ejercicio pleno de los derechos humanos de comunidades locales marginadas por la monocultura “occidental” lo constituye el proceso que a lo largo de décadas ha construido La Vía Campesina. Este conjunto internacional de organizaciones representa a más de 200 millones de familias de todo el mundo y es el más grande movimiento social transnacional integrado por organizaciones de familias rurales y movimientos nacionales, regionales y continentales, con historias y culturas diferentes. Su proceso organizativo implica reuniones mundiales para el logro de consensos sobre realidades y objetivos comunes, y sobre acciones y estrategias para alcanzarlos (Martínez-Torres y Rosset, 2016). El enfoque de diálogo de saberes le ha permitido a la organización mantener unidad por más de 20 años en medio de la diversidad que la define y en el contexto de su enfrentamiento ante el paradigma socioeconómico dominante (explotador de los recursos naturales desde una perspectiva consumista e inmediatista, en la lógica que ha desatado el cambio climático antrópico que hoy confronta la humanidad).

En armonía con el diálogo de saberes se encuentra la llamada educación popular, corriente educativa y pedagógica de origen latinoamericano, que se nutrió de aportes fundamentales de la obra de Paulo Freire durante la segunda mitad del s. XX y se ha ido enriqueciendo y diversificando en teoría y práctica con el paso de las décadas. Se trata de un tipo de educación participativa, en la cual se reconoce el bagaje individual y colectivo de experiencias y aprendizajes tanto de los participantes como de los educadores “externos”, se hace énfasis en la reflexión crítica sobre la realidad del contexto ecosocial en el que se vive y se crean colectivamente propuestas para actuar e incidir sobre aspectos de dicha realidad, buscando cambios concretos. La educación popular comprende un círculo virtuoso y espiral que en esencia consta de tres pasos: 1) percibir la realidad, 2) analizarla y entenderla críticamente, 3) actuar sobre ella para

cambiarla. Luego del tercer paso, se vive y percibe la nueva realidad (ascendiendo nuevamente al paso 1) y se continúa el ciclo sucesivamente.

Destaca el carácter práctico de la educación popular, sumado al pensamiento crítico y a la evaluación consciente del entorno en el que se vive, sobre el que se decide colectivamente pensar y actuar. Para Freire, la escuela convencional representa un sistema de control político (Krotz, 2015) y su trabajo está comprometido con demostrar la eficiencia práctica de formas alternativas de educación, con el fin último de que las comunidades locales, por sí mismas, logren generar los mecanismos y acciones para superar con éxito situaciones de opresión. Es de resaltar en este contexto la crítica de Freire a la educación convencional que él llama bancaria, pues el maestro convencional se dedica a *depositar* conocimiento e información en los cerebros de los participantes –como si se tratase de la caja de un banco– y no hay lugar para una discusión crítica colectiva sobre la misma. Su propuesta alternativa es la de ofrecer espacios para generar y/o elegir temas que interesen a los participantes del escenario educativo, discusiones en las cuales ellos aportan desde sus experiencias y conocimientos y generan colectivamente acuerdos y rutas de acción para transformar la realidad concreta. La principal falacia de la extensión convencional es que su práctica corresponde al enfoque opresor, aunque bien intencionado, de la educación bancaria.

En efecto, Freire (1973) critica la extensión agrícola convencional, la cual es presentada como invasión cultural, e imposición de conocimientos y cosmovisiones por parte del extensionista externo sobre los productores rurales, campesinos e indígenas locales, en manifiesto desprecio e ignorancia hacia ellos y sus culturas diversas y complejas, y en negación de su capacidad de diálogo racional y autonomía en la toma de decisiones. Extender significa transmitir, entregar, donar, inculcar, persuadir al otro, al diferente, de aceptar nuestra

propaganda. En contraposición a esto, el educador verdadero no *extiende conocimiento*, se rehúsa a persuadir, a domesticar. Al contrario, en armonía con el enfoque de diálogo de saberes, la labor del educador es comunicar: su labor es comunicación, no extensión. La función de la educación verdadera es facilitar la comunicación y el pensamiento crítico sobre la realidad, de manera que los asuntos y temas que se traten durante los procesos de la educación (largos y constantes), sean aquellos colectivamente decididos por los participantes en función de sus intereses, prioridades y problemáticas reales concretas. La educación busca problematizar esos temas prioritarios de la realidad cotidiana, *generar conciencia* sobre ellos, para luego aplicar sobre ellos el pensamiento crítico que facilite el diálogo de saberes y la toma de decisiones autónoma, para modificar efectivamente la realidad abordada.

La “situación gnoseológica de la educación”, en el contexto anterior, significa que tanto el educador externo (agrónomo, científico, técnico, productor local que se ha vuelto profesional), como el participante local, “[...] son sujetos cognoscentes, frente a objetos cognoscibles que los mediatizan” (Freire, 1973: 90). Esto implica, en primer lugar, que tanto el educador externo como los participantes locales son sujetos que aprenden conjuntamente de su experiencia colectiva en el proceso de educación: ambos son mutuamente *educadores* y *educandos*. Y en segundo lugar, que en ambos se reconoce y practica la capacidad de diálogo, de expresión de opiniones, preguntas y respuestas, sobre los *objetos cognoscibles* que corresponden a los temas colectivamente elegidos y problematizados de la realidad cotidiana sobre los cuales se ha de incidir para conseguir cambios reales consensuados en el proceso de educación y de diálogo de saberes. La educación como situación gnoseológica en este sentido, permite al científico externo-agrónomo-educador mayor capacidad para ejercer su rol como agente de cambio, ya no *frente, sobre o para* los participantes locales, campesinos o indígenas, sino *junto con ellos*.

1.1.5. Etnografía

La etnografía “[...] se puede definir como la descripción de lo que una gente hace desde la perspectiva de la misma gente” (Restrepo, 2016: 16), busca describir articulaciones entre las prácticas y los significados que las mismas tienen para un grupo humano particular sobre temas concretos. Esencialmente, el método etnográfico incluye temporadas de habitación y convivencia relativamente prolongadas del investigador junto con las comunidades de estudio, observación participante, elaboración de diarios de campo, entrevistas informales, estructuradas y semiestructuradas, fotografías y videos. Dicho método caracteriza a la disciplina antropológica e implica una inmersión relativamente constante del investigador externo en las dinámicas cotidianas de las comunidades locales que protagonizan su trabajo.

La etnografía es una estrategia general de investigación utilizada en diferentes disciplinas sociales y, particularmente, en antropología social. El trabajo de campo es una etapa específica de ella o, expresado de otra manera, un conjunto de operaciones que tienen lugar durante su desarrollo y que estriba básicamente en producir datos sobre el terreno [...]. A su vez, la observación participante es una de las herramientas usadas para producirlos. Se puede definir la OP como una técnica de producción de datos consistente en que el etnógrafo observe las prácticas o “el hacer” que los agentes sociales despliegan en los “escenarios naturales” en que acontecen, en las situaciones ordinarias en que no son objeto de atención o de reflexión por parte de estos mismos agentes, a la vez que participa en el desarrollo de esas prácticas de diferentes maneras y en distintos grados, que van desde intervenir activamente en su ejecución hasta simplemente estar presentes en esos escenarios. (Jociles, 2018: 125)

La etnografía busca lograr lo que Krotz (2015) llamó “el estudio de la realidad de manera microscópica”: haciendo alusión al *zoom* del microscopio, la labor del profesional le permitiría describir tendencias cotidianas, actividades, formas de pensar y actuar de las personas con quienes trabaja en su vida diaria (*zoom-in*), que luego pueden analizarse e interpretarse en el contexto más amplio de la

historia de la comunidad, de sus dinámicas territoriales, de sus relaciones más amplias al interior de la misma y fuera de ella (*zoom-out*). Entre más se “acerca el microscopio”, más diversidad se advierte y entre más se “aleja”, es posible aventurar más generalizaciones interpretativas. El propósito de la exploración etnográfica fue contribuir tanto a la interpretación de los resultados del análisis de redes sociales, como a la elucidación de factores que incidieron en la adopción o rechazo de las innovaciones propuestas en los contextos ecológicos y culturales específicos de las comunidades de estudio y de los retos particulares que actualmente enfrentan.

1.2. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los factores que limitan o incentivan la difusión en red de innovaciones tecnológicas con *Moringa oleifera* para contribuir a su aprovechamiento entre familias rurales zapotecas y mestizas de la Región Valles Centrales de Oaxaca, México y wayúu en la Alta Guajira, Colombia?

1.3 .Objetivos

1.3.1. General

Comparar procesos de difusión en red de innovaciones agrícolas participativas con base en el aprovechamiento de *Moringa oleifera* entre familias zapotecas y mestizas de la región de Valles Centrales de Oaxaca (México) y familias wayúu de la Alta Guajira (Colombia).

1.3.2. Específicos

- Identificar factores ecológicos, agronómicos, socioculturales y económicos, que limiten o incentiven la difusión en red de las innovaciones propuestas.
- Mensurar el proceso de difusión de innovaciones con base en *Moringa oleifera* entre productores y familias participantes mediante la gestión de redes sociales.
- Analizar las redes de innovación para identificar los grados de aceptación de innovaciones, así como para diagnosticar las redes y hacer recomendaciones para su fortalecimiento.

1.4. Hipótesis

- Los factores ecológicos condicionan la difusión en red de las innovaciones propuestas, mientras que los factores agronómicos, socioculturales y económicos juegan un papel determinante.
- Los procesos de gestión en red de la difusión de innovaciones son diferentes entre familias, regiones y países.
- Las redes de innovación son diferentes para cada localidad, si bien las que presentan factores comunes (ecológicos, agronómicos, socioculturales y económicos) son similares entre sí.

1.5. Metas

- Establecer al menos un vivero y un módulo forestal de moringa en cada región de estudio, que contribuya a proveer de plantas, hojas y semillas a las familias participantes.

- Implementar junto con líderes de cuatro comunidades locales, un curso sobre manejo y aprovechamiento de la moringa que incluya talleres participativos para cada una de las cuatro innovaciones propuestas.
- Establecer junto con familias participantes tres experiencias demostrativas de cada una de las cuatro categorías de innovación promovidas entre familias rurales de Oaxaca y La Guajira: **1. Crecimiento y desarrollo de la planta.** Al tratarse de una planta desconocida para las comunidades, el conocer la planta y sus características de crecimiento y desarrollo constituye una innovación. **2. Uso de hojas y ramas como forraje para bovinos, caprinos, equinos, aves y peces.** **3. Cercas vivas.** Para delimitación de linderos, así como para retención y regeneración de suelos erosionados en pendientes. Y **4. Hojas como suplemento nutricional para humanos.**
- Caracterizar las redes generadas y diseñar un protocolo para su análisis en cuanto a la adopción de innovaciones con moringa que incluya al menos los siguientes indicadores clave del ARS: densidad, centralización, diversidad, actores clave y Tasa de Adopción de Innovaciones
- Generar un catálogo de recomendaciones para la adopción eficiente de innovaciones con moringa en las comunidades de estudio, adaptadas a sus contextos locales, que contribuyan a la satisfacción de sus necesidades particulares.

En este contexto, el presente documento se divide en siete capítulos. El segundo capítulo aporta una revisión bibliográfica del concepto de agricultura multifuncional, de la agroforestería como un vehículo privilegiado para la implementación de sistemas de agricultura multifuncional eficientes, y de sus expectativas para contribuir a la solución de problemáticas ecológicas y

socioeconómicas para pequeños productores vulnerables en zonas secas, áridas y semiáridas.

El tercer capítulo presenta una síntesis metodológica del proceso de difusión de la moringa en Oaxaca y La Guajira, y un análisis integrador de las dos experiencias de intervención. Se describen los elementos del proceso de difusión de innovaciones, así como las diferentes categorías de innovaciones promovidas con base en el aprovechamiento de la moringa. Se realiza una caracterización comparativa de los procesos de intervención para la difusión de innovaciones en las dos regiones en donde se realizó el estudio.

El cuarto capítulo muestra los resultados del proceso de intervención para la difusión de innovaciones con moringa en dos municipios de los Valles Centrales de Oaxaca: Yaxe y Santiago Apóstol. Sintetiza los aspectos teóricos y metodológicos esenciales del proyecto de investigación, y muestra la evolución de las redes de difusión de innovaciones durante tres momentos entre 2018 y 2020, gracias a la herramienta conocida como análisis de redes sociales (ARS). Se destaca el progresivo nivel de apropiación de innovaciones con moringa al interior de las comunidades participantes en el estudio y su proceso paulatino de adquisición de autonomía e independencia de agentes externos a propósito de su implementación.

El quinto capítulo replica el anterior dando cuenta del proceso de intervención para la difusión de moringa como alternativa agroforestal entre comunidades rurales pertenecientes mayoritariamente a la etnia wayúu en zonas semiáridas de la Alta Guajira, en el Departamento de La Guajira, Colombia y ofrece un contexto de la situación actual de dicha población y su territorio. Allí el ARS se desarrolló para dos momentos en 2019 y permitió observar el crecimiento en tamaño de las

redes de difusión de innovaciones. Así como en Oaxaca, es de resaltar el interés de las familias participantes en los usos medicinales de la planta.

En el sexto capítulo se proponen recomendaciones para la continuación eficiente del proceso de adopción de innovaciones con base en moringa que sean de utilidad a las comunidades participantes en el estudio. Finalmente, el último capítulo presenta las conclusiones del trabajo.

2. AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL, AGROFORESTERÍA, Y SUS EXPECTATIVAS EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS VULNERABLES

Highlights

- La agricultura multifuncional es una aproximación en beneficio de mejores condiciones de vida para agricultores vulnerables.
- La agroforestería es un mecanismo sostenible y resiliente para la implementación de la agricultura multifuncional.
- Los ecosistemas y las personas en zonas áridas y semiáridas son especialmente vulnerables a los efectos negativos del cambio climático.
- La agroforestería con el árbol de usos múltiples *Moringa oleifera* provee beneficios ambientales, sociales y económicos.
- Las altas tasas de captura de dióxido de carbono de la moringa contribuyen a la mitigación del cambio climático.

Resumen*

Dada la crisis ecológica y social, se llama la atención sobre la urgencia de revertir la degradación de los ecosistemas, y contribuir a la dignidad y el bienestar de sociedades especialmente vulnerables ante el cambio climático. Experiencias de agricultura multifuncional (AMF) para el desarrollo sostenible apuntan en esa dirección. Se aporta una revisión del marco conceptual de la AMF, y en ese contexto se argumenta la utilidad de insertar árboles de usos múltiples (como *Moringa oleifera*) para contribuir al establecimiento de sistemas agrícolas multifuncionales productivos y resilientes en escenarios vulnerables de zonas áridas y semiáridas.

* Tesis de Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo. Autor: Reylbeck Leonardo Mercado Vacca. Director: Dr. Joel Pérez Nieto. Codirector: Dr. Roberto Rendón Medel.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, servicios de los ecosistemas, cambio climático, *Moringa oleifera*.

Abstract

Given the current environmental and social crisis, attention is called upon the need to reverse ecosystems degradation, and contribute to achieving dignity and improved livelihoods for vulnerable communities. Experiences with multifunctional agriculture (MFA) share the same goals. A conceptual framework for MFA is provided. Within this context, it is argued the convenience of multi-purpose trees (like *Moringa oleifera*) for the establishment of productive and resilient multifunctional agriculture systems in vulnerable scenarios of arid and semiarid zones.

Keywords: Agroforestry Systems, Ecosystem Services, Climate Change, *Moringa oleifera*.

2.1. Introducción

Los objetivos de este trabajo son: a) revisar el marco conceptual de la AMF; b) subrayar la importancia de experiencias de AMF en zonas áridas y semiáridas vulnerables, como contribución al bienestar socioeconómico de sus habitantes, a la restauración de los agroecosistemas y a la mitigación de impactos negativos del cambio climático; c) argumentar la importancia de la agroforestería como vehículo para el establecimiento de sistemas de AMF en zonas áridas y semiáridas, incluyendo la diversificación de la producción agroforestal y el establecimiento de árboles de usos múltiples como *Moringa oleifera*; y d) revisar experiencias de AMF y agroforestería con moringa en zonas áridas y semiáridas.

En primer lugar, se menciona la crisis ecosocial global, subrayando el cambio climático antrópico y la responsabilidad de la agricultura convencional. Se

enfatisa la gravedad de la crisis en zonas áridas y semiáridas. Enseguida se ofrece una introducción a la AMF y los *servicios de los ecosistemas*. Posteriormente se revisan experiencias de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles de usos múltiples como contribución al establecimiento de sistemas de AMF, especialmente en zonas áridas y semiáridas.

2.2. El contexto actual: crisis y cambio climático

La variabilidad del clima es la principal preocupación a nivel mundial ya que está obstruyendo la integridad de todo el ecosistema terrestre. El desarrollo y progreso de la civilización humana dependen de la sostenibilidad del medio ambiente. El cambio climático impone consecuencias negativas en términos de inseguridad alimentaria, menor producción agrícola, agotamiento de recursos naturales, propagación de plagas, y enfermedades entre las personas (Jhariya *et al.*, 2020b).

Antes de la revolución industrial las concentraciones de CO₂ en la atmósfera eran aproximadamente 270 ppm; después inició la aceleración del cambio climático y hoy sobrepasan las 380 ppm, con estimaciones de que excederían las 550 ppm en 2050. Este incremento es responsable de más del 60 % del efecto invernadero conducente al calentamiento global, y se prevee que causará cambios en los patrones climáticos y de precipitaciones, con consecuencias negativas para la agricultura (Kumar, 2016: 368). El efecto invernadero es un fenómeno común en el cual el aumento de temperatura ocurre debido a la mayor presencia de gases de efecto invernadero (GEI) en el aire (Jhariya *et al.*, 2020b).

Componentes clave del cambio climático son el aumento en la temperatura atmosférica, ciclos de nutrientes deficientes, precipitaciones inadecuadas,

inundaciones y sequías, disminución de la productividad agrícola y rápida pérdida de la cubierta forestal en el mundo. Además de la gran presión sobre la producción mundial de alimentos, el cambio climático está resultando en pérdida de biodiversidad, degradación medioambiental, agotamiento de la calidad del suelo y una mayor tasa de deforestación (Jhariya *et al.*, 2020a). “En general, la diversidad cultural humana está asociada con las principales concentraciones de biodiversidad que quedan y tanto la diversidad cultural como la biológica están amenazadas o en peligro” (Toledo y Barrera, 2008: 52).

El cambio climático afecta la subsistencia de millones de personas, particularmente cerca del 80 % de la gente más vulnerable, que vive en áreas rurales y depende de la agricultura, la silvicultura y la pesca para sobrevivir. Después de un descenso prolongado, el hambre a nivel global incrementó nuevamente en 2016 y ahora afecta a 815 millones de personas. Para satisfacer la creciente demanda, los niveles actuales de producción de alimentos necesitan aumentar hasta un 60 % para el año 2050, mientras que ante el cambio climático, descensos del 10 al 25 % podrían ser generalizados para el mismo año (FAO, 2019).

2.2.1. Agricultura convencional y cambio climático.

La relación entre cambio y climático y agricultura es de doble vía: la agricultura contribuye al cambio climático de maneras importantes y el cambio climático en general afecta negativamente la agricultura (IAASTD, 2009a). El rol de la agricultura es crucial tanto para la mitigación como para la adaptación al cambio climático. Aproximadamente un cuarto de todas las emisiones antrópicas de GEI se deben a la agricultura, silvicultura y cambios de uso de tierra (FAO, 2019). En los sistemas agrícolas que usan grandes cantidades de insumos, el empleo de fertilizantes y plaguicidas suele ser excesivo y perjudicial para el ambiente

(IAASTD, 2009b). Para algunos análisis, la agricultura es la amenaza más grande para la biodiversidad. La creciente huella ecológica de la agricultura convencional contribuye al cambio climático y a la degradación de los recursos naturales. La agricultura requiere más tierra, agua y trabajo humano que cualquier otra industria. La gobernanza de la agricultura requiere nuevas racionalidades si pretende satisfacer las necesidades de la humanidad actuales y futuras (Kiers *et al.*, 2008: 320).

La Evaluación Internacional del Papel del Conocimiento, la Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo Agrícola (IAASTD) encontró que el éxito relativo de la agricultura convencional (descendiente de la revolución verde y caracterizada por el monocultivo) y los altos índices de producción de alimentos en países industrializados, han tenido consecuencias ambientales alarmantes a nivel global, siendo las más graves la deforestación, la degradación de suelos, y la sobreexplotación y contaminación de recursos naturales como suelo y agua, mientras que el hambre, la malnutrición y la pobreza siguen afectando a millones de personas. Por ello la necesidad de redirigir el desarrollo de la ciencia y tecnología agrícolas, y la recomendación de adoptar un nuevo paradigma que subraya la multifuncionalidad en la agricultura (Kiers *et al.*, 2008; Leakey, 2012). Una agricultura multifuncional que genere bienes de consumo y servicios socioambientales, que sea diversa, ofrezca empleo y conserve la base de recursos naturales podrá estar mejor adaptada al cambio climático (Laurenceau y Soto, 2015).

2. 3. Agricultura multifuncional: un marco conceptual

La AMF es un concepto dinámico y no existe un acuerdo entre expertos para su definición. A continuación se revisan varias aproximaciones: a) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO);

b) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE); y c) la socioeconómica de oferta (positiva) y demanda (normativa). Se privilegian los enfoques desde la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la IAASTD, que subrayan la utilidad de estrategias como la agroforestería para contribuir al bienestar ecológico, social y económico de poblaciones vulnerables en zonas áridas y semiáridas.

El concepto de multifuncionalidad de la agricultura surgió oficialmente en 1992 durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro. Posteriormente documentos de la FAO (1999) y de la OCDE (2001) lo llevaron al orden mundial. En sentido estricto, el término multifuncional implica la capacidad de generar diferentes tipos de productos y servicios derivados de la agricultura (Cuevas *et al.*, 2017: 36). La FAO señala que las principales funciones de la agricultura son la producción de alimentos y su contribución a la seguridad alimentaria. Adicionalmente, reconoce tres funciones desde un enfoque sustentable (Figura 5): a) la *función ambiental* considera los efectos de la agricultura sobre el entorno y contribuye a identificar oportunidades para optimizar esos vínculos; b) la *función económica* reconoce el papel de la agricultura en la economía mundial, y si bien atiende la visión mercantil e institucional y aboga por una evaluación de los beneficios económicos de la actividad a nivel global, reconoce la oportunidad que ofrece a comunidades agrícolas marginadas para diversificar su producción y mejorar el sustento, e incluir políticas de desarrollo territorial y económico; por último, c) la *función social* plantea el bienestar de los residentes rurales, la conservación y aprecio de su patrimonio cultural, la capitalización de los conocimientos locales y la interrelación entre fuentes locales y externas de conocimientos e información. Esta función también incluye aspectos relacionados con las condiciones de trabajo agrícola, políticas y programas dirigidos al empleo socialmente justo y seguro (FAO, 1999; Velázquez, 2018).



Figura 5: “La ineludible interrelación entre las distintas funciones de la agricultura” (IAASTD, 2009b: 1). Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-La-agricultura-multifuncional-y-sus-interrelaciones-Fuente-Tomado-de-IAASTD_fig4_331485870 [Consultado 25 noviembre 2019].

La OCDE, por su parte, considera que la agricultura es multifuncional cuando cumple una o más funciones además de su rol principal de producción de comida y fibras (Van Huylenbroeck *et al.*, 2007). Los elementos distintivos de su enfoque son la existencia de múltiples productos básicos y productos no básicos que resultan conjuntamente de la agricultura, y el que algunos de los productos no básicos presentan las características de *externalidades* o bienes públicos,

considerando que los mercados para estos bienes no existen o son deficientes (IAASTD, 2009a; Cuevas *et al.*, 2017). El organismo ha adoptado la multifuncionalidad como principio de las políticas agrícolas, y se ha interesado por las acciones que pueden ejercer los gobiernos para sostener la producción de externalidades y productos no básicos (Casini *et al.*, 2012).

Desde el punto de vista socioeconómico y de políticas de la AMF, varios autores definen la oposición entre los enfoques de oferta (positiva) y demanda (normativa). En la visión de oferta, la multifuncionalidad es sólo una característica del proceso de producción agrícola, más que un objetivo de la sociedad; se consideran las características objetivas de las funciones que los sectores agrícolas desempeñan y sus efectos sobre el bienestar social. Ocurre lo opuesto con la visión de demanda, más circunscrita al territorio, que atiende los múltiples beneficios y potenciales funciones que la agricultura provee o pudiese proveer, tanto desde el punto de vista ambiental como social y los ve como objetivos a maximizar o alcanzar. Así, los bienes privados de la AMF refieren al enfoque positivo, mientras que los bienes públicos, sociales y ambientales atañen al enfoque normativo (Van Huylenbroeck *et al.*, 2007; Cuevas *et al.*, 2017).

En México, Cuevas *et al.* (2017) ofrecen un panorama conceptual de la AMF enfocada al país y reconocen el protagonismo que en el contexto rural latinoamericano tiene la agricultura familiar diversificada. Plantean un enfoque de transición a la AMF asociada a la generación de bienes públicos y privados, que requiere la intervención de agentes externos a las comunidades locales. Identifican la necesidad de caracterizar y diagnosticar los sistemas productivos agrícolas para su efectiva adopción de innovaciones conducentes a mayores bienes privados y sustentables para los productores rurales. También la necesidad de generación de bienes públicos por parte del Estado y de políticas

públicas eficientes cuyo planteamiento puede beneficiarse de los mencionados diagnósticos. Varios autores recalcan la importancia de contextualizar adecuadamente tanto las políticas como cualquier intervención para promover la multifuncionalidad, considerando el territorio, sus características sociales, económicas y ambientales, y las redes de interacción entre sus diferentes actores (Casini *et al.*, 2012; Velázquez, 2018), así como la visión de sistemas, y las actividades agrícolas y no agrícolas que desarrollan las familias rurales (Cuevas *et al.*, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, se retoma el análisis sobre AMF de la FAO, que enfatiza el rol de la agricultura para el sustento de los productores vulnerables, asociando la actividad con la posibilidad de contribuir a la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza, el patrimonio cultural y el bienestar social (Casini *et al.*, 2012). Los reportes de la IAASTD confieren una importancia esencial a la necesidad de atender a productores agrícolas a pequeña escala en sectores rurales marginales y proveen una visión del mundo más enfocada “desde las bases” (Leakey, 2012: 144).

En muchos lugares del mundo, los pequeños agricultores carecen del acceso suficiente a las tecnologías, los insumos, los conocimientos y las innovaciones de última generación que permiten incrementar la productividad y a la vez proteger la salud humana y el medio ambiente. En consecuencia, es necesario conceder mayor atención a los enfoques nuevos o ya probadamente exitosos que permiten conservar y restaurar la fertilidad del suelo y llevar adelante una producción sostenible con prácticas tales como las tecnologías que requieren bajos niveles de insumos y conservan los recursos, basadas en sistemas de ordenación integrada y en el conocimiento de la agroecología y la edafología (como la agrosilvicultura, la agricultura de conservación, la agricultura orgánica y la

permacultura). Estas tecnologías reducen la cantidad de insumos necesarios y constituyen enfoques socialmente adecuados para la agricultura de pequeña escala. (IAASTD, 2009 b: 1-2)

Entre dichas prácticas, la agroforestería es en particular relevante para implementar la AMF. Como otras tecnologías, aborda el manejo de la fertilidad del suelo, la rehabilitación de sistemas agrícolas degradados, la pérdida de la biodiversidad en la superficie y bajo tierra, el secuestro de carbono, y la protección de suelos y cuencas. Adicionalmente, la agroforestería ofrece tres beneficios cruciales: a) productos a base de árboles, útiles y de valor comercial, para la generación de ingresos, combustible, comida, buena salud y seguridad nutricional; b) agroecosistemas complejos, maduros y funcionales semejantes a bosques y selvas naturales; y c) vínculos con la cultura mediante la comida y otros productos de importancia tradicional para la gente local (Leakey, 2010: 466). Para Leakey (2012), la AMF está dirigida a abordar simultáneamente el alivio del hambre y la mejora de los medios de subsistencia para alcanzar mayor salud y nutrición, crecimiento económico, y más sostenibilidad social y medioambiental. Por lo tanto, la AMF es fuertemente dependiente de la diversificación, tanto en términos de agroecosistemas como en términos de la variedad de productos que contribuyan a la generación de ingresos en una economía rural diversificada.

2.3.1. Agricultura multifuncional y servicios de los ecosistemas

La inclusión social, la sostenibilidad ambiental y la prosperidad económica son base de la formulación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015 - 2030 de la ONU (Figura 6). Asimismo, iniciativas integrales de diseño y evaluación de sistemas agrícolas, como el manejo integrado de cuencas o la agricultura climáticamente inteligente (CSA), se enmarcan en términos del manejo sostenible

de la Tierra y manifiestan sinergias entre objetivos ambientales, sociales y económicos. Alcanzar el potencial para dichas funciones múltiples es frecuentemente un reto que involucra la participación coordinada de diversos actores. Así, una manera de aproximarse al concepto de multifuncionalidad de la agricultura es el conjunto esencial de funciones múltiples de los ecosistemas: de soporte, suministro, regulación y culturales (Minang *et al.*, 2015). Los servicios de los ecosistemas son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas: a) *servicios de suministro*: productos que se obtienen de los ecosistemas, como agua dulce, recursos genéticos, alimentos y fibras; b) *servicios de regulación*: beneficios relacionados con la regulación de los procesos de los ecosistemas, tales como la regulación del clima, del agua y de enfermedades que afectan al ser humano; c) *servicios culturales*: beneficios inmateriales que las personas obtienen de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión y el recreo, como los sistemas de conocimiento, las relaciones sociales y los valores estéticos; y d) *servicios esenciales o de soporte*: necesarios para la producción de todos los demás servicios de los ecosistemas, como la producción de biomasa y de oxígeno, la fotosíntesis, la formación y retención del suelo, o los ciclos de nutrientes y del agua (EM, 2005b).

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), un exhaustivo estudio internacional liderado por la ONU que examinó la degradación de los ecosistemas y su relación con el bienestar humano, concluyó en 2005 que la actividad humana ejerce tal presión sobre las funciones naturales del planeta, que es imposible asegurar que los ecosistemas logren mantener la capacidad de sustentar a las generaciones futuras (Figura 7). Señaló que los retos más significativos involucran a los ecosistemas de tierras áridas, que son particularmente frágiles, pero también son los lugares donde la población está creciendo más rápidamente, la productividad biológica es la menor y la pobreza

es la más alta. No obstante, la EM argumenta que con acciones apropiadas, es posible revertir la degradación de muchos servicios de los ecosistemas en las próximas décadas (EM, 2005c).



Figura 6. Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015 -2030. Fuente: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [Consultado 25 noviembre 2019]

2.4. Experiencias de agricultura multifuncional

Múltiples experiencias recientes de AMF aparecen en publicaciones científicas. Algunas abordan herramientas para medir efectivamente la multifuncionalidad,

mientras que otras se enfocan en las ventajas multifuncionales de determinados sistemas como la agricultura familiar campesina, el agroturismo y por supuesto, la agroforestería.

Diferentes investigaciones han trabajado en evaluar la multifuncionalidad de experiencias agrícolas. Parra *et al.* (2005), por ejemplo, abordan la aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP) para medir la multifuncionalidad en diferentes tipos de olivares en Andalucía, España, concluyendo tanto la conveniencia del enfoque multicriterio para el análisis multifuncional de sistemas agrarios, como la superioridad del olivar ecológico sobre el integrado y el convencional. A su vez, Casini *et al.* (2012), utilizan el modelo de agrupamiento jerárquico (AHC) para analizar 50 empresas agrícolas italianas y sus métodos para alcanzar la AMF, encontrando cuatro tendencias destacadas: la apertura a mercados nacionales e internacionales, el desarrollo de nuevas actividades en las fincas, el enfoque integral con objetivos medioambientales y el enriquecimiento de mercados locales. Los autores concluyen la importancia del territorio y las tradiciones como ejes fundamentales para identificar su potencial de transición efectiva a sistemas de AMF, así como la conveniencia de fuertes relaciones de interconexión entre diferentes actores locales para alcanzar el mismo propósito (la creación de servicios para oferta de vinos y comida, por ejemplo, beneficia tanto a fincas como a operadores turísticos y restaurantes, fortaleciendo el desarrollo territorial) (Casini *et al.*, 2012: 198).

Enfoque: Consecuencias de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano



Figura 7. Conexiones entre los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano. La figura muestra la fuerza de las conexiones entre las categorías de servicios ecosistémicos y componentes del bienestar humano (EM, 2005 a: 50). Fuente: http://images.slideplayer.es/18/6130847/slides/slide_4.jpg [Consultado 25 noviembre 2019]

Por su parte, investigadores en México justifican la creación del Índice de Multifuncionalidad de Sistemas de Producción Agrícola (IMSPA), marco metodológico que analiza cuatro ámbitos de la multifuncionalidad (territorial, ambiental, económico y social) a través de 12 funciones. En su investigación evaluaron 21 sistemas agrícolas en Jalisco, la mayoría con manejo convencional y uso de agroquímicos (Salcido *et al.*, 2016). En el mismo sentido se ubica el esfuerzo de análisis de multifuncionalidad de la agricultura familiar agroecológica campesina en el Valle del Cauca, Colombia, que realizó un estudio comparativo

entre 47 sistemas de finca adscritas a cooperativas de pequeños caficultores, definiendo ocho indicadores de multifuncionalidad. El estudio enfatiza la importancia de la dimensión sociocultural como base para mantener la viabilidad productiva, económica y ambiental, así como la continuidad de sistemas de producción familiar agroecológicos (Sánchez, 2016).

El agroturismo es otra alternativa para la emergencia de sistemas de AMF. Segrelles y Vásquez (2012), revisan más de 15 experiencias de multifuncionalidad rural con agro y ecoturismo en el Valle del Cauca y la zona cafetera de Colombia, que incluyen turismo en escenarios naturales como lagunas, valles y parques nacionales, así como en jardines botánicos, museos temáticos, haciendas y fincas cafeteras, además de experiencias de pesca deportiva y deportes extremos, entre otras. En el mismo sentido, Velázquez (2018) analiza vínculos entre agricultura y turismo en México, para discutir el potencial y estrategias posibles para el agroturismo como AMF con el fin de proveer beneficios económicos, ambientales y sociales a las partes interesadas (empresas, comunidad, gobierno, turistas). Su análisis determina que los objetivos principales del sector agrícola son “[...] el mantenimiento y desarrollo sustentable de la actividad -incluidos la protección de los paisajes culturales y silvestres- y [...] la formación de la estructura agrícola capaz de proporcionar seguridad alimentaria a través de financiamientos y apoyos complementarios [...]” (Velázquez, 2018: 1504). La autora concluye las necesidades de reconocer al medio ambiente como eje del desarrollo sustentable y de asociación entre gobiernos nacionales, organismos internacionales y organizaciones de la sociedad civil, ambas esenciales para el diseño de políticas públicas que incentiven el agroturismo como sistema de AMF.

En cuanto a experiencias con agroforestería, Mariño (2016), por ejemplo, propone SAF para La Guajira, Colombia, previendo ofertas de servicios de los ecosistemas y desarrollando metodologías participativas. Caracteriza los ámbitos sociocultural, ambiental y productivo de una región poblada por indígenas wiwas y campesinos en la cuenca alta del Río Ranchería; también servicios de los ecosistemas como calidad de hábitat y biodiversidad, calidad de aire, almacenamiento y fijación de carbono, fertilidad de suelo y retención de sedimentos, y producción de madera o leña. Su diseño de SAF adecuados a la conservación y provisión de servicios ecosistémicos se realizó a escala de paisaje, si bien su implementación se diseñó a escala de las fincas, con tres objetivos puntuales: “1. Aumentar la conectividad del paisaje, 2. Aumentar la conservación de la biodiversidad y 3. Mejorar el hábitat.” (Mariño, 2016: 105). Se identificaron algunos SAF a implementar en el área de estudio: policultivos, corredores biológicos, cercas vivas, SAF de café o cacao, sistemas silvopastoriles y enriquecimiento de bosques con especies nativas. A su vez Melo (2016) caracteriza el denominado Modelo Agroforestal Finca Montemariana (MAFM), en la región de Montes de María, Colombia, bajo un enfoque de AMF que valoró nueve funciones múltiples, agrupadas en funcionalidad productiva, ecosistémica y cultural. El mayor valor de resiliencia potencial correspondió a la finca con más tecnologías agroforestales diversificadas. El MAFM es una propuesta de innovación originada por saberes campesinos y técnicos expertos. Entre los SAF mencionados se encuentran tecnologías agrosilvícolas (asociaciones de plátano, maderables y frutales) y agrosilvopastoriles (praderas con árboles dispersos, forrajes de corte, cercas vivas).

2.5. Agricultura multifuncional y agroforestería en zonas áridas y semiáridas

La IAASTD presenta la AMF como paradigma para un futuro productivo y sostenible, mejor que el modelo actual de agricultura intensiva industrial. Al igual que la AMF, la agroforestería tiene el objetivo de promover el desarrollo rural de

manera económica, social y ambientalmente sostenible. La conveniencia de la agroforestería como mecanismo para implementar la AMF es evidente desde su definición como un sistema dinámico y ecológico de manejo de los recursos naturales que, mediante la integración de árboles en sistemas agrícolas y paisajes, diversifica e intensifica la producción, mientras que simultáneamente promueve beneficios sociales, económicos y ambientales para los usuarios de la tierra (Leahey, 2010; 2012).

2.5.1. La vulnerabilidad de zonas áridas y semiáridas

La desertificación consiste en la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de factores climáticos y de actividades humanas como la deforestación, el sobrepastoreo, la expansión de la frontera agrícola hacia áreas frágiles y la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico (EM, 2005a; Granados *et al.*, 2013). Dicha degradación se refiere a la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica de las tierras secas, mismas que corresponden a regiones donde el clima se clasifica como subhúmedo seco, semiárido, árido o hiperárido y que ocupan el 41 % de la superficie terrestre del planeta, habitadas por más de 2 000 millones de personas (EM, 2005a). Las zonas secas, en conjunto, se encuentran ampliamente afectadas por la desertificación, la pérdida de biodiversidad, la pobreza y la inseguridad alimentaria (FAO, 2015).

En este contexto, las zonas áridas y semiáridas son aquellas que padecen limitación o déficit en la oferta natural de agua para diversos procesos físico-bióticos y socioeconómicos: ellas ocupan aproximadamente el 30 % de la superficie de los continentes (40 - 45 Mkm²) y son habitadas por el 20 % de la población mundial, cerca de 850 millones de personas (Vargas y Gómez, 2003; Granados *et al.*, 2013; Pabón y Alarcón, 2016). “Estas áreas son muy sensibles a las fases extremas de la variabilidad climática, particularmente las asociadas a

déficit de precipitación y sequías, a las que se exponen las comunidades establecidas allí, por lo general altamente vulnerables” (Pabón y Alarcón, 2016: 56). El cambio climático incrementa la extensión de las zonas áridas y contribuye a agudizar la desertificación.

En México, uno de los países con mayor megadiversidad biológica, las zonas áridas representan el 54.3 % de una superficie total de 1 960 189 km² (Guerrero y Pereznegrón, 2017). “En estas zonas están asentados alrededor de 25 grupos étnicos y 400 municipios que comprenden 84 millones de hectáreas, ocho millones de ellas transformadas en áreas para la agricultura y el 90 % del resto, deterioradas ecológicamente debido al sobrepastoreo. [...] predomina la agricultura de temporal, de subsistencia, que día tras día se enfrenta a la baja productividad por problemas como salinización y erosión de los suelos” (Montaño y Monroy, 2000: 30). En efecto, el 97 % del país presenta desertificación, vulnerabilidad a la sequía y/o algún grado de degradación de tierras, siendo las zonas áridas y semiáridas las más afectadas (Guerrero y Pereznegrón, 2017).

2.5.2. Experiencias de agroforestería como vehículo para la AMF en zonas áridas y semiáridas

La literatura abunda sobre SAF exitosos en zonas áridas y semiáridas. La India, por ejemplo, ofrece experiencias al respecto. Tewari *et al.* (2001) demuestran la importancia del árbol de usos múltiples *Zizhipus mauritiana*, la ciruela india, en zonas secas. Para entonces, un proyecto del Instituto de investigación para la Zona Árida Central contaba con 90 000 ha cultivadas con sistemas agrícolas basados en la ciruela india, generando empleo para 1.08 millones de personas al año.

También llamada *jujube*, es el cultivo frutal más importante de las zonas calientes y áridas del país. Uno de los SAF reseñados es silvopastoril con asociaciones de jujube para forraje y el pasto *Cenchrus ciliaris*. Se han desarrollado numerosos cultivares del árbol, mismo que también es aprovechado para nutrición humana, producción de leña y fertilidad de suelos. Pandey (2007), ofrece una revisión de SAF como AMF en India, en términos de conservación de biodiversidad, producción de bienes y servicios, secuestro de carbono y mitigación de cambio climático, aumento en fertilidad de suelos y beneficios socioeconómicos para las comunidades –como su contribución a la autosuficiencia energética y alimentaria—. El autor relaciona experiencias de SAF en la región árida de Haryana, en donde la interacción con árboles *Prosopis cineraria*, *Tecomella undulata*, *Acacia albida* y *Azadirachta indica* mejoró la producción de cebada (*Hordeum vulgare*). Finalmente, Roy y Tewary (2012) reiteran la utilidad de SAF en la región árida de Rajastán occidental, para captura de carbono, seguridad alimentaria, aumento de ingresos en fincas, mejoramiento de la salud del suelo y decrecimiento de la deforestación. Recomiendan la adopción de prácticas agroforestales que enriquezcan SAF tradicionales con base en *P. cineraria*, *Acacia nilotica*, *Zizyphus spp.* y *Salvadora spp.* Algunos de los SAF mejorados incluyen *Hardwickia binata* y *Z. mauritania* para la producción de *C. ciliaris* y *Z. mauritania* para la producción del frijol mungo (*Vigna radiata*).

Para América Latina, ya en 1984 la FAO ofrecía un panorama de SAF identificando al menos una docena de experiencias en zonas áridas y semiáridas (Cuadro 3). En 2015, CATIE y otras instituciones publicaron un nuevo panorama de SAF en la región, haciendo énfasis en su oferta de funciones y servicios de los ecosistemas. La compilación incluye un capítulo sobre la función de los SAF en la adaptación al cambio climático y su protagonismo en la transición hacia la CSA (Montagnini, 2015). Asimismo, el capítulo sobre biodiversidad, manejo de nutrientes y seguridad alimentaria en SAF como huertos caseros

mesoamericanos, presenta experiencias exitosas en zonas áridas y semiáridas de México y Nicaragua (Montagnini y Metzler, 2015).

Cuadro 3. Algunas experiencias de SAF en zonas áridas y semiáridas de Latinoamérica.

SAF	País y región	Componentes	Fuente
A. Sistemas silvoagrícolas- A.1 taungya	Haití, Cul de sac	Sandía, sorgo, maíz y calabaza, con plantaciones de <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Azadracta indica</i> , <i>Cassia siamea</i> , <i>Casuarina equisetifolia</i> , <i>Parkinsonia aculeata</i> , <i>Sesbania grandiflora</i> y <i>Eucalyptus camaldulensis</i> .	FAO, 1984
B. Sistemas agro-silvopastoriles- B.1 árboles con cultivo y ganadería	Brasil, nordeste semiárido	Manicoba (<i>Manihot piouhyensis</i>) para látex, con palma forrajera (<i>Opuntia ficus indica</i>) para alimentación bovina y gandul (<i>Cajanus indicus</i>) como sustituto del frijol en la alimentación diaria de ciertas regiones.	
B.2 Huertos familiares	México, Valle de Tehuacán - Tuicatlán, Puebla	Huertos multiestrato con plantas ornamentales, comestibles y medicinales. Cultivo domesticado del tempesquistle (<i>Sideroxylon palmei</i>).	Montagnini et al., 2015
C. Sistemas silvopastoriles- C.1 pastoreo o producción de forraje en plantaciones forestales	Brasil, nordeste semiárido	Plantaciones de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> y de <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> con pastoreo en pradera de <i>Cenchrus ciliaris</i> . SAF tradicional con algarroba (<i>Prosopis pallida</i>) y palma forrajera.	FAO, 1984

C.2 Árboles y arbustos productores de forraje	Argentina, región semiárida - Catamarca, Córdoba, Chaco Central	Aprovechamiento forrajero de <i>Prosopis</i> sp.
	Colombia, Península de La Guajira	Sistemas silvopastoriles con dividivi (<i>Lividivia coriari</i>) y trupillo (<i>Prosopis juliflora</i>) para ramoneo de cabras. Leña. El dividivi produce frutos con alto contenido de tanino, que sirve de curtiente. <i>Leucaena leucocephala</i> para leña y forraje.
	Chile, zona semiárida del norte. Tarapacá - Pampa del Tamarugal	Plantaciones de <i>Prosopis tamarugo</i> y <i>Prosopis chilensis</i> para mantenimiento de hatos de bovinos, ovinos y caprinos. Repoblación con <i>Atriplex spp</i> , de áreas paralelas a la costa nortina. Recuperación de la estepa de <i>Acacia caven</i> para manejo silvopastoril.

2.6. Agroforestería con *Moringa oleifera*

La moringa es fuente destacada de comida y medicina, y su incorporación en diseños de SAF y AMF ofrece numerosas ventajas: crece aceleradamente en suelos poco fértiles, tolera bien la sequía y no es una especie invasiva, todo lo cual hace atractivo su cultivo en zonas áridas y semiáridas. Sus usos incluyen la producción de aceite comestible e industrial de alta calidad, de fibras, jabones, cosméticos y combustibles, así como la utilidad de su establecimiento agroforestal para el diseño de linderos y cercas vivas, cortinas rompevientos, barreras vivas para terrazas en laderas, producción de abono, fertilizantes y forraje, y el uso de sus semillas para aclarar aguas turbias (Folkard y Shuterland, 1996; Price, 2007; Olson y Fahey, 2011; Magaña, 2012; Mejía, 2015).

2.6.1. Experiencias recientes de SAF con moringa

Actualmente proliferan investigaciones científicas sobre las múltiples opciones de aprovechamiento del “árbol milagroso” *Moringa oleifera*. Diversas experiencias dan cuenta de las ventajas de su integración en SAF. Por ejemplo, refiriéndose a los ricos y diversificados SAF tradicionales de comunidades Nishy en la India, Deb *et al.* declaran que sus prácticas “[...] han evolucionado con los agricultores mediante ensayo y error por largos periodos de tiempo. Los agricultores usualmente plantan árboles en sus sistemas agroforestales tradicionales con el propósito de alcanzar sus metas de sustento y generación de ingresos, manejo de riesgos, seguridad alimentaria familiar, y uso óptimo de tierra, trabajo y capital disponible” (Deb *et al.*, 2009: 41) Se trata de agrobosques multiestrato, que también proveen múltiples recursos etnobotánicos medicinales, entre ellos la moringa, árbol que también se aprovecha como verdura comestible.

Otros SAF tradicionales son huertos caseros como los reportados por Maroyi (2009) en comunidades Zhale, zonas de bosque seco y suelos pobres de Zimbabwe. Su estudio analizó aspectos socioeconómicos del sistema, así como su estabilidad ecológica, productividad y sostenibilidad, concluyendo su importancia para el sustento familiar. Entre su inventario de plantas se encuentra la moringa, usada como hortaliza, medicinal y ornamental.

A su vez, Rabo *et al.* (2016) analizan el manejo y productividad de SAF con moringa en dos regiones de Níger, en los valles de los ríos Níger y Goulbi de Maladí, encontrando asociaciones de moringa con árboles frutales, con maíz (*Zea mays*) y con nueve tipos de hortalizas. Los autores concluyen la necesidad

de mayor entrenamiento y asistencia técnica a los productores para reducir los insumos sintéticos y optimizar la sostenibilidad de los sistemas.

En la guía para productores de sistemas agroforestales de las islas del Pacífico (Elevitch *et al.*, 2014), la moringa figura entre las especies de árboles de usos múltiples recomendadas para diseños de SAF como cultivo en callejones, cercas vivas, huertos caseros y agrobosques multiestratos.

En un estudio sobre biodiversidad y servicios de los ecosistemas en la región de Zona da Mata, Brasil, Souza (2012) analiza la selección participativa hecha por caficultores de las mejores especies leñosas para el establecimiento de SAF, durante su transición hacia una producción diversificada. La mayoría de árboles seleccionados fueron tanto locales como frutales exóticos y uno de los SAF estudiados incluye moringa. Entre sus conclusiones destacan la contribución de SAF a la seguridad alimentaria de familias productoras, a la fertilidad de suelos y restauración de paisajes degradados, a la biodiversidad y conexión de fragmentos de bosque, y a la resiliencia de los sistemas agrícolas ante el cambio climático.

En su revisión de sistemas agroforestales sucesionales (SAFS) como análogos a la regeneración natural de remanentes de bosques secundarios, Young (2017) relaciona siete experiencias de SAF con moringa en parcelas del Proyecto Bonafide, en Costa Rica, granja de investigación en agroforestería. Incluyen: moringa con cítricos y leguminosas, con otros frutales y leguminosas, con verduras perennes como chaya (*Cnidosculus chayamansa*) y katuk (*Sauropus androgynous*), en cultivos de callejones anuales multiestratos y en SAF agrosilvopastoriles. La autora concluye que los SAFS, que incorporan el conocimiento indígena y campesino junto con técnicas de la horticultura y

agroforestería modernas, tienen gran potencial para promover la biodiversidad de sistemas agrícolas, reducir los riesgos asociados al monocultivo, regenerar paisajes agrícolas degradados y reconectar ecosistemas fragmentados a ecosistemas vulnerables remanentes de bosques nativos.

En México, Caamal *et al.* (2012) reportan SAF en Yucatán como opción productiva, y que ofrece servicios ambientales al contribuir al secuestro de carbono y a la reducción del uso de biocidas sintéticos. Se destaca el diseño productivo integrado con maíz, chile habanero (*C. chinense*) y leñosas forrajeras *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y moringa. También en Yucatán, la investigación de Tzuc *et al.* (2017) concluyó que SAF integrados con maíz, *L. leucocephala*, *G. ulmifolia* y moringa reducen la cobertura y biomasa de arvenses en comparación con maíz en monocultivo, en beneficio de la producción del grano. Reitera que los SAF ofrecen alternativas para la reducción del uso de herbicidas sintéticos, promoviendo la producción de alimentos inocuos y contribuyendo a la conservación de los recursos naturales. Por su parte Sánchez *et al.* (2013) argumentan la eficiencia de sistemas de terrazas agroforestales con *L. leucocephala* y moringa para controlar la erosión hídrica en San Pedro Mixtepec, Oaxaca.

Finalmente, Casanova *et al.* (2018), si bien reconocen la necesidad de mayores estudios sobre el comportamiento agronómico de la moringa y su potencial forrajero en SAF silvopastoriles tropicales, concluyen la conveniencia de los mismos para experiencias de ganadería ecológica, dado el rápido crecimiento del árbol, su alta producción de biomasa fresca y sus hojas ricas en proteínas. Además, su capacidad de asociación con microorganismos edáficos, y su rápida tasa de descomposición de hojas y liberación de nitrógeno al suelo contribuyen al mejoramiento de las propiedades físico-químicas del mismo.

2.6.2. SAF con moringa ante el cambio climático.

Los sistemas de agroforestería multifuncionales en regiones tropicales ofrecen innumerables beneficios ecológicos como el secuestro de carbono, la mitigación del cambio climático, el aumento de la fertilidad del suelo y la eficiencia del uso del agua, la conservación de la biodiversidad, el control biológico de plagas, el uso sostenible de la tierra, las cortinas rompevientos, la mejora de microclimas, la ruptura de ciclos de pobreza e inseguridad alimentaria [...] De establecerse la agroforestería en tierras degradadas, no solo reduciría la presión antrópica sobre los recursos forestales existentes, sino que también incrementaría el potencial de sumidero de CO₂. (Kumar, 2016: 365)

Algunos trabajos recientes ilustran la conveniencia del uso de moringa para el secuestro de carbono y la mitigación del cambio climático. “Los árboles integrados a sistemas agrícolas tienen un potencial significativo para cumplir las tres medidas que constituyen la agricultura climáticamente inteligente: 1) reducir la pobreza y mejorar la seguridad alimentaria; 2) incrementar la resiliencia ante las conmociones del cambio climático (adaptación); 3) contribuir a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono en árboles y tierras agrícolas” (Sibale *et al.*, 2013: 23). Así por ejemplo, se reportan emprendimientos agroforestales en Malawi con enfoque particular en los usos de jatrofa (*Jatropha curcas*), neem (*Azadirachta indica*) y moringa, sembrados en jardines, como cercas vivas, o intercalados con maíz y otros cultivos. La iniciativa JANEEMO contaba en 2013 con 4 000 familias participantes en procesos de aprovechamiento y comercialización de productos de los árboles, desde madera, leña, carbón y *biodiesel*, hasta cosméticos, medicinas y suplementos nutricionales. Los autores admiten que si bien la evidencia indica que integrar árboles en fincas incrementa tanto la producción como la resiliencia ante los

impactos del cambio climático, el número de productores adoptando prácticas de CSA es aún pequeño.

Daba (2016) argumenta que la moringa es un cultivo adecuado para la mitigación del cambio climático en Nigeria, dado su alto nivel de adaptabilidad y sus numerosas ofertas nutricionales, medicinales, agrícolas, domésticas e industriales. Afirma que las fuertes descargas foliares que presenta el árbol aún durante la temporada seca actúan como un buen sumidero para la absorción y utilización de dióxido de carbono, reduciendo los niveles del gas en la atmósfera. Se enfatiza la rápida tasa de absorción del gas por la moringa: “[...] un automóvil familiar emite 2 300 kg de CO₂/año; a 160 cedros japoneses les tomaría 50 años absorber esta cantidad de CO₂; tomaría 2 años a 10 moringas.” (Daba, 2016: 4).

Por su parte, Kumar *et al.* (2017) discuten diferentes ventajas de la integración de moringa en SAF en la India: su rápido crecimiento, su sistema de raíces profundas, su diversidad de usos y su potencial para la seguridad alimentaria. En cuanto a su potencial de mitigación del cambio climático, afirman que mejora la humedad del suelo e incrementa las tasas de infiltración y recarga de acuíferos. Argumentan que el árbol secuestra carbono por debajo y por encima de la superficie y que la tasa de absorción de dióxido de carbono por la moringa es veinte veces superior a la del resto de la vegetación (Kumar *et al.*, 2017: 231).

2.6.3. SAF con moringa en zonas áridas y semiáridas

SAF multiestrato con el árbol endémico *Moringa stenopetala* son tradicionales entre comunidades Konso del sur semiárido de Etiopía, aportándoles beneficios medioambientales, sociales y económicos (Shonde, 2017). Dechasa *et al.* (2006) reportan allí un estudio comparativo sobre el crecimiento y desarrollo de *Moringa*

oleifera y *Moringa stenopetala* en SAF y sus implicaciones para la seguridad alimentaria. Se encontró que *Moringa oleifera* produce mayor biomasa foliar y posee más calcio y magnesio, mientras que *Moringa stenopetala* presentó más potasio y mayor proteína cruda. De manera similar, Korsor *et al.* (2019) comparan el crecimiento de *Moringa oleifera* y *Moringa ovalifolia* en las sabanas semiáridas de Neudamm, Namibia central, concluyendo que la primera “[...] serviría como una mejor alternativa para aumentar la productividad de los pastizales bajo estas condiciones climáticas y ambientales adversas, ya que puede crecer más rápido que *Moringa ovalifolia*, y sus características conducen al rápido establecimiento de árboles y a la producción de grandes cantidades de biomasa foliar” (Korsor *et al.*, 2019: 131).

Chandiposha (2007) evaluó efectos de la moringa como árbol de sombra para la producción de colza (*Brassica napus*) durante la estación cálida en la región semiárida de Lowveld, Zimbabwe. Las parcelas con moringas podadas lograron mantener una producción similar de colza en comparación con el monocultivo, lo cual implica una mayor producción de biomasa total. Los SAF también reportaron mayor humedad del suelo, ausencia de competencia por agua entre moringa y colza, reducción de malezas y de afectación por insectos.

En Sudán, un experimento agroforestal con moringa en pastizales semiáridos del estado de Khartoum, encontró que después de dos años el SAF afectó positivamente la fertilidad y la conservación de humedad del suelo, incrementó su capacidad de infiltración, reduciendo la escorrentía y por tanto su erodabilidad. El potasio del suelo incrementó, mientras que la salinidad se redujo significativamente. La productividad de las plantas del pastizal también fue mayor en el SAF que en las parcelas de control (Sawsan *et al.*, 2017).

2.7. Conclusiones

Se ha sustentado la AMF como una estrategia que busca implementar y reconocer el aprovechamiento de diferentes servicios que ofrecen los ecosistemas, y su potencial para contribuir tanto al bienestar de comunidades vulnerables, como a la remediación del cambio climático. Las experiencias de agroforestería reseñadas proveen evidencia sobre beneficios ambientales, sociales y económicos para las comunidades y los ecosistemas que habitan, en concordancia con los objetivos de la AMF. Esto es cierto también para zonas áridas y semiáridas, las más susceptibles ante efectos negativos del cambio climático y en donde el uso de árboles de usos múltiples como la moringa en SAF eficientes puede contribuir especialmente tanto a la regeneración de suelos, la mayor producción agrícola y generación de ingresos de familias locales, como a la mitigación del cambio climático mediante la captura de GEI.

3. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE DIFUSIÓN DE MORINGA EN OAXACA, MÉXICO Y LA GUAJIRA, COLOMBIA

3.1. Introducción

Mediante el diálogo y la concertación con autoridades locales de los cuatro municipios involucrados, fue posible realizar temporadas de varias semanas continuas de trabajo de campo entre los años 2017 y 2020 en Oaxaca, y durante 2018 y 2019 en La Guajira. Se establecieron viveros para proveer plántulas de moringa en cada municipio, y eventualmente módulos demostrativos de prácticas agroforestales con moringa, también se realizaron talleres participativos de capacitación sobre el manejo y aprovechamiento de la planta. Las estancias prolongadas permitieron un acercamiento a las comunidades mediante la aplicación del método etnográfico, que incluyó entrevistas a profundidad con veinte actores clave. En este contexto, se desarrollaron también las encuestas a 327 participantes, mismas que permitieron graficar la evolución de tres tipos de redes de difusión de innovaciones con moringa (conocimiento, colaboración e intercambio), y su caracterización gracias a indicadores propios del análisis de redes sociales (ARS). Los resultados del ARS se complementaron con la información contextual proveída por la exploración etnográfica, y arrojaron luces tanto sobre las innovaciones preferidas por los participantes, como sobre el comportamiento de la difusión de innovaciones en cada región. Esta aproximación metodológica permitió dilucidar factores que limitaron e incentivaron la difusión de innovaciones con moringa en los diferentes municipios, así como generar recomendaciones para optimizarla.

Los procesos de intervención para la difusión de innovaciones con moringa presentaron los mismos elementos y categorías de innovación tanto en México como en Colombia. Las diferencias en los resultados para ambas regiones obedecen tanto a la heterogeneidad de los contextos ecológicos, agronómicos,

socioculturales y económicos, como a la disparidad en los procesos de monitoreo, que consistió en analizar tres momentos en Oaxaca y solamente dos en La Guajira, por lo que no fue posible realizar un análisis comparativo estricto. A continuación se presentan los elementos del proceso de difusión de innovaciones, las categorías de innovaciones y un análisis de los resultados para ambas regiones de estudio.

Este capítulo se desarrolló con base en observaciones corroboradas con todos los participantes encuestados (el Cuadro 4 muestra las fechas de monitoreo y el número de participantes encuestados por región y municipio). También se fundamentó en información de las entrevistas a profundidad realizadas con diez participantes clave en Oaxaca y diez en La Guajira. Estas indagaron sobre las percepciones de las y los entrevistados a propósito de las innovaciones con moringa y el contexto local, y se llevaron a cabo tanto con autoridades locales como con productores destacados durante el proceso de difusión de innovaciones y ARS.

3.2. Categorías de innovación promovidas

Las categorías de innovaciones promovidas con *Moringa oleifera* en las dos regiones de estudio fueron: a) crecimiento y desarrollo de la planta; b) su uso como forraje para bovinos, aves y peces; c) cercas vivas para delimitación de linderos y regeneración de suelos erosionados en pendientes; y d) hojas como suplemento nutricional para humanos.

3.2.1. Crecimiento y desarrollo de la planta

Al tratarse de una planta desconocida para las comunidades de Oaxaca, el conocimiento de la planta y sus características de crecimiento y desarrollo

constituyeron una novedad. Esto también para La Guajira, región en donde ninguno de los participantes conocía la planta, aunque algunos participantes habían escuchado hablar de ella, y sabían de rumores sobre sus propiedades medicinales para aliviar padecimientos renales y urinarios. Observar la planta, la forma de sus hojas y semillas, su velocidad de crecimiento, sembrar las semillas y realizar trasplantes, fueron actividades relacionadas con el aprendizaje sobre el crecimiento y desarrollo del recurso fitogenético. El aprendizaje sobre la realización de dichas actividades se reforzó durante los talleres de capacitación.

Cuadro 4. Número de participantes por municipio encuestados para el análisis de redes sociales en Oaxaca y La Guajira.

Región	Municipio	Línea base	Seguimiento	Línea final
Oaxaca	Yaxe	abril 2018	octubre 2018	febrero 2020
		40	82	115
	Santiago Apóstol	abril 2018	noviembre 2018	marzo 2020
		10	40	60
La Guajira	Manaure	marzo 2019	julio 2019	n/a
		18	81	
	Uribia	marzo 2019	julio 2019	
		10	71	

Si bien en La Guajira el tiempo destinado al trabajo de campo y el proceso de intervención solo permitió que las plantas sembradas desarrollaran hasta etapas vegetativas, en Oaxaca fue posible realizar actividades de aprendizaje práctico hasta etapas de crecimiento y desarrollo de los árboles de moringa, así como sobre las podas de formación, la cosecha de frutos, flores, hojas y semillas, y la siembra y propagación de la planta mediante esquejes. En Oaxaca se observó

que al tratarse de un árbol de rápido crecimiento, después de 18 meses las moringas saludables ya habían florecido y dado frutos, como puede apreciarse en las Figuras 8 y 9.

La experiencia comunitaria con la siembra de moringa en Oaxaca arrojó como principal resultado la observación de la vulnerabilidad de la planta a las hormigas arrieras (del género *Atta*) y la necesidad de riego para establecimiento en etapas tempranas de su crecimiento. Los productores entrevistados coincidieron en afirmar que una vez superado el periodo de establecimiento de la planta, durante los primeros cuatro meses después de su siembra, el árbol puede resistir largos periodos de sequía, aún en condiciones de temporal. No obstante, todos opinaron que un riego semanal durante los meses secos del verano es una medida suficiente para mantener árboles de moringa vigorosos.

En La Guajira el reto principal para el crecimiento y desarrollo de las plantas consistió en la ausencia de agua para riego. Este fue el principal desafío manifestado por todos los encuestados y confirmado por los diez productores entrevistados a profundidad. La sequía intensa que ha ocasionado el abandono de la agricultura tradicional por parte de la población wayúu fue el principal obstáculo durante el proceso de intervención para la difusión de innovaciones con base en moringa. En ocasiones el agua disponible fue salobre, lo cual probablemente también afectó negativamente a las plantas.

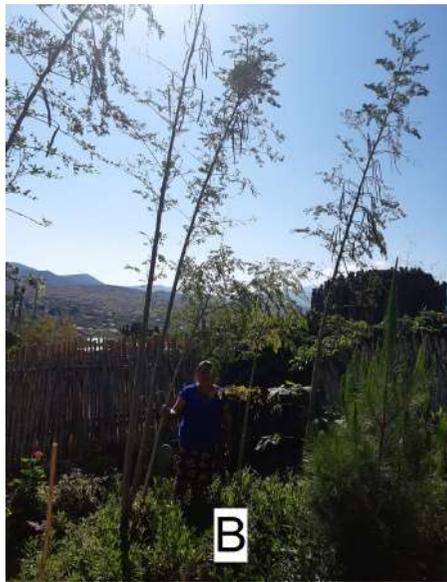


Figura 8. Categorías de innovación. A-C. Crecimiento y desarrollo de *Moringa oleifera*. A, plántula trasplantada en Manaure, protegida del ganado con cardones; B, árbol de siembra directa en traspatio de Yaxe; C, árbol trasplantado en traspatio de Manaure. D. Ramas y hojas de moringa como complemento forrajero para aves en Yaxe. E. Cerca viva con moringas delimitando el lindero entre dos parcelas en Santiago Apóstol. F. Suplemento nutricional para humanos: productor de Yaxe deshojando ramas para su posterior secado a la sombra como parte de la preparación del polvo de hojas de moringa.

3.2.2. Uso de hojas y ramas como forraje

En Oaxaca, las entrevistas a actores clave destacaron el creciente interés en su uso como complemento a la alimentación de bovinos y aves, reportando éxito en la práctica, mientras que un productor ensayó el uso de ramas y hojas en la alimentación de tilapias sin lograr resultados positivos.

En La Guajira se observó que el pastoreo de ganado bovino y caprino continúa siendo una actividad tradicional muy importante para la sociedad, que además de alimento, brinda a las familias riqueza acumulada para obtener tanto ingresos como prestigio, a pesar de la notable disminución de esta actividad entre las comunidades wayúu ocasionada por el deterioro ecológico y las sequías excepcionales, misma que ya había sido reportada por González (1987) hace más de tres décadas. En efecto, los diez productores clave entrevistados en la región coincidieron en afirmar que la situación actual es muy grave porque los animales mueren de hambre y de sed.

El tiempo para monitorear la experiencia de los productores participantes con esta innovación en la Guajira fue insuficiente, ya que al momento de efectuar las encuestas las plantas no habían tenido la oportunidad de crecer lo suficiente para proveer el follaje necesario para los animales; con la única excepción observada en la comunidad rural de Siapana, al extremo norte del municipio de Uribia, lugar

en donde la FAO promovió una huerta comunitaria en 2015, al interior de la cual sembraron un centenar de árboles de moringa con el propósito de usar sus ramas y hojas como fuente de alimentación para el ganado, experiencia que ocurrió solamente con dos productores pues el equipo de la FAO no regresó y la práctica no fue difundida al resto de la población.

3.2.3. Cercas vivas

Con el propósito de difundir los múltiples beneficios sostenibles de las cercas vivas (Martin, 2012), en Oaxaca se sembraron cuatro parcelas de moringa de temporal como linderos en 2018, cuyos árboles alcanzaron 4.0 m de altura, dando flores y frutos en febrero de 2020. En La Guajira se sembraron tres cercas vivas con moringa alrededor de parcelas y propiedades. En todos los casos los trasplantes se realizaron después de que las plántulas estuvieron tres meses en los viveros, con excepción de una parcela en Santiago Apóstol, en donde se implementó la siembra directa.

3.2.4. Hojas como suplemento nutricional para humanos

Durante los talleres correspondientes y otras reuniones comunitarias se abordó el secado de hojas y su preparación en infusión, así como la elaboración de polvo de hojas de moringa para añadir a las comidas. Tanto en Oaxaca como en La Guajira esta innovación fue sin duda la mayor generadora de interés entre las familias participantes en el estudio, aunada a las posibles propiedades medicinales de la planta, mismas que aún deben corroborarse por la ciencia.

En Oaxaca la planta era desconocida para todos los participantes, quienes, con apenas una decena de excepciones, la descubrieron durante el proceso de intervención para la difusión de innovaciones con moringa. Quienes ya habían

escuchado de la existencia de la planta lo hicieron debido al paulatino crecimiento de su comercio en el tianguis o mercado regional vecino de Ocotlán de Morelos, mismo que ocurre cada viernes y que reúne a cientos de comerciantes de Oaxaca de Juárez, la capital estatal, así como de otros pueblos aledaños. En ese mercado fue posible observar el incremento de vendedores ambulantes de productos medicinales con base en moringa durante el periodo 2017-2020, los cuales consistían principalmente en hojas secas, pero también en semillas y hasta en líquidos preparados, promocionados para el tratamiento de diversos padecimientos, desde dolores de cabeza y huesos, hasta la prevención y curación del cáncer, cualidades que deben confirmarse científicamente.

Las destacadas propiedades de la moringa como suplemento nutricional para humanos están fundamentadas por la ciencia (Olson y Fahey, 2011; Gopalakrishnan *et al.*, 2016). Tanto en Oaxaca como en La Guajira el aprovechamiento de las bondades de la planta para complementar la nutrición de las familias fue una de las innovaciones que generó mayor interés entre los productores participantes del proceso de intervención. En Oaxaca ocupó el cuarto lugar en orden de interés, mientras que en La Guajira correspondió al tercer lugar, únicamente superada por el interés en el aprovechamiento medicinal de la moringa (primer lugar) y en su propagación mediante trasplante en oposición a la siembra directa (segundo lugar).

En La Guajira, el contexto ecológico y sociocultural contribuye a explicar estos resultados. Más del 70% de los productores encuestados manifestaron que conocieron por primera vez el árbol debido al presente proceso de intervención para la difusión de innovaciones con moringa. No obstante, los diez productores clave entrevistados a profundidad coincidieron en afirmar que la moringa es una planta de la que ya habían escuchado hablar con anterioridad, misma que en

lengua wayuunaiki recibe el nombre de *waireña*; manifestaron que la planta es reconocida en el ámbito de la medicina tradicional porque se le atribuyen propiedades curativas para padecimientos renales y urinarios: afirmaron que masticar las semillas crudas contribuía a eliminar las “piedras” o “arenilla” en los riñones y también a aliviar molestias de la próstata en adultos mayores. Expresaron que a pesar de sus posibles propiedades medicinales, la planta era desconocida para mucha gente por encontrarse establecida en rancherías lejanas.

Considerando el contexto de crisis humanitaria que padecen las comunidades wayúu más vulnerables, en donde la sequía excepcional aunada a la ausencia tanto de lluvias como de ríos superficiales y subterráneos ha resultado en la paulatina desaparición de la horticultura, y en donde miles de infantes han muerto por causas asociadas a la desnutrición en el último lustro (OXFAM, 2014; UNICEF-FUCAI, 2015; Bonet-Morón y Hahn-De-Castro, 2017), no es extraño el interés en la moringa como potencial suplemento nutricional para las familias participantes.

Finalmente, cabe resaltar en este apartado la influencia creciente de la radio, la televisión y la internet como medios de comunicación que transmitieron a participantes en Oaxaca y La Guajira información sobre las propiedades medicinales y nutricionales de la moringa. En efecto, la mención por parte de los productores encuestados sobre estos medios como fuente de información sobre la moringa fue en constante aumento desde los primeros hasta los últimos momentos del monitoreo en todos los municipios intervenidos.

3.3. Elementos del proceso de difusión de innovaciones

Los elementos del proceso de difusión de innovaciones consistieron en: 1) la propagación local de moringa mediante la creación y el mantenimiento de viveros; 2) la demostración de prácticas de manejo mediante el establecimiento de parcelas demostrativas; 3) la capacitación y el diálogo intercultural con los participantes mediante talleres con énfasis en metodologías de aprendizaje-participativa; 4) la exploración etnográfica; y 5) el análisis de redes sociales (ARS).

El proceso de intervención para la difusión de dichas innovaciones con base en la moringa implicó la necesidad de una oferta inicial suficiente de semillas y plántulas para que las familias participantes desarrollaran paulatinamente la producción propia, que con el tiempo, resultara en su autonomía y autosuficiencia con respecto al recurso fitogenético. La difusión de la planta requirió de sistemas de demostración eficiente de prácticas de manejo en campo e implicó la capacitación de productores mediante talleres con enfoque participativo y de pensamiento crítico. Para optimizar la difusión de innovaciones con base en moringa en Oaxaca y La Guajira, se consideró una aproximación transdisciplinaria que indagó por el contexto cultural de las familias participantes.

De acuerdo con Brandt *et al.* (2013) y Eguiarte (2017) la investigación transdisciplinaria integró varias disciplinas que no se organizaron jerárquicamente, que se enfocaron en problemas compartidos y que consideraron la contribución activa de participantes fuera del ámbito académico, como los campesinos y productores locales. Así, en adición a la educación participativa, la exploración etnográfica mediante trabajo de campo prolongado, observación participante y entrevistas a profundidad a participantes clave, permitió una aproximación más detallada e intensiva a las cotidianidades y problemáticas de

las familias involucradas en el proceso de intervención. La investigación etnográfica fue capaz de ofrecer perspectivas basadas en la interpretación de la realidad desde el punto de vista de los productores locales, mismas que resultaron de gran utilidad para contribuir a la explicación de los resultados del ARS y por tanto, para la gestión de decisiones y recomendaciones conducentes a fortalecer las redes para la difusión de innovaciones con base en el cultivo y aprovechamiento de la moringa.

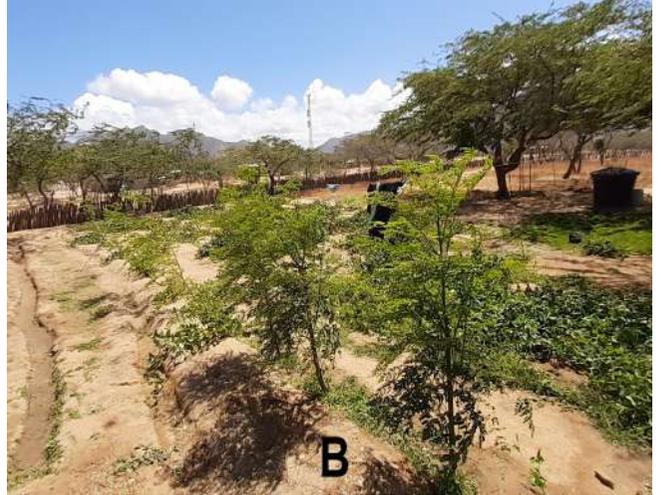
3.3.1. Propagación local de moringa

Para la propagación de la moringa, se establecieron viveros en predios y terrenos de los productores. El establecimiento de los viveros constituyó una fuente confiable de plántulas viables a propagar, complementaria a la oferta de semillas. Esta acción fue fundamental para obtener plántulas viables en la zona de estudio, especialmente debido a que el recurso fitogenético era desconocido en las comunidades participantes. Los viveros de pequeños productores sirvieron también como espacios de observación y entrenamiento, en concordancia con los argumentos de Roshetko *et al.* (2010).

Con la colaboración de una familia de productores clave se estableció en Oaxaca un vivero con 3,500 plantas en Yaxe para distribuir allí y en Santiago Apóstol, de las cuales se repartieron 3,300 a octubre de 2018 en ambos municipios. La colaboración de los ayuntamientos municipales fue fundamental durante todo el proceso de intervención para la difusión de innovaciones con moringa en Oaxaca, como pudo observarse con la gestión del transporte de 1,500 plantas desde el vivero en Yaxe hasta Santiago Apóstol, con el objeto de ser utilizadas durante los talleres de capacitación y finalmente distribuidas entre las familias participantes.



A



B



C



D



E

Figura 9. Elementos del proceso de difusión de innovaciones con *Moringa oleifera*. A. Vivero para la propagación y abastecimiento de plántulas en Yaxe. B y E. Módulos demostrativos. B, moringas intercaladas con frijoles en Uribia; E, moringas en un campo de alfalfa en Santiago Apóstol. C y D. Talleres de capacitación. C, taller sobre podas de formación en Santiago Apóstol; D, taller sobre preparación de suplemento nutricional en Manaure.

Debido a la colaboración de los ayuntamientos fue posible el proceso de difusión de los talleres y otras actividades como la repartición de plántulas a los productores participantes. En Yaxe algunos talleres se realizaron en el mismo predio en donde se encontraba ubicado el vivero y allí mismo los productores participantes asistieron para proveerse de plántulas. En Santiago Apóstol, la Regiduría de Agricultura municipal resguardó las plántulas en una bodega cercana al Palacio Municipal, mismo que fue facilitado para la realización de los talleres de capacitación, de manera que los asistentes a los talleres fueron provistos de plántulas durante actividades llevadas a cabo en coordinación con las autoridades municipales.

En La Guajira las condiciones ecológicas, geográficas y de infraestructura influyeron en una estrategia diferente para el establecimiento de los viveros. Como fue característico de todo el proceso de intervención para la difusión de innovaciones con moringa en la región, la colaboración de la Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas Wayúu Shipia Wayúu fue indispensable en esta etapa del trabajo. Dada la escasez de agua generalizada, líderes de la Asociación recomendaron comunidades asociadas que cumplieran con el requisito esencial para la ubicación de viveros funcionales: una provisión suficiente de agua para riego. Ellos también gestionaron su aprobación para el establecimiento de los viveros.

El vivero más grande se ubicó afuera del área urbana del municipio de Manaure, en la comunidad Urrachipá, en donde se sembraron 3, 200 plantas. Allí, a pesar de que el agua entubada llegaba casi cotidianamente, ésta era salobre, factor que contribuyó a la muerte de 1,500 plántulas, lo que aunado a bajas tasas de germinación, obligó a dos resiembras; la última de las cuales se realizó con semillas locales provistas por la huerta comunitaria de la comunidad Siapana. Las plantas de este vivero fueron trasladadas a la sede principal de la Asociación Shipía Wayúu en la cabecera municipal de Manaure, y allí fueron distribuidas a miembros de la Asociación que se desplazaron hasta el pueblo desde las diferentes áreas rurales aisladas de Manaure y Uribia, realizando extensos viajes para asistir a las asambleas generales convocadas por la Asociación. Fue durante estas asambleas que se realizaron los talleres de capacitación en Manaure, mismos que permitieron distribuir plántulas en bolsas a los participantes provenientes de diferentes comunidades. La incomodidad de los viajes de regreso a sus comunidades de origen, mismos que podían durar hasta veinte horas en moto o en la parte posterior de camiones de carga por trochas en el desierto, contribuye a explicar el que la mayoría de participantes decidiera probar con una o dos plantas, a diferencia de las experiencias en Oaxaca, en donde los productores se abastecieron con un promedio de cinco plantas por familia.

El segundo vivero en La Guajira se estableció en la comunidad Siapana, en zona rural del municipio de Uribia, privilegiada en su acceso a fuentes hídricas por encontrarse ubicada en las faldas de la Serranía de la Macuira. Allí, con la colaboración de una familia participante, se sembraron 500 plantas que fueron distribuidas a productores de Siapana y de comunidades vecinas. A julio de 2019 se había repartido un total de 400 plantas a participantes en zonas rurales de Manaure y Uribia.

3.3.2. Demostración de prácticas de manejo

Los módulos demostrativos fueron un medio importante para la transferencia de las prácticas de manejo de las plantas de moringa, en estos módulos se probaron, ajustaron, validaron y transfirieron nuevas prácticas, además de que sirvieron como medios de difusión conforme a lo reportado por Rendón *et al.* (2016).

En Oaxaca se establecieron dos módulos demostrativos agroforestales en Agricultura de Conservación, uno con moringa y maíz en Yaxe, y otro de moringa con alfalfa y maíz en Santiago Apóstol. Los módulos, establecidos en 2017, arrojaron resultados diversos. En Yaxe, las moringas sembradas directamente en la parcela de temporal murieron sin riego durante el primer año, en consecuencia se realizó una resiembra por trasplante con mejores resultados. En Santiago Apóstol, por el contrario, las moringas establecidas mediante siembra directa en la parcela de temporal se desarrollaron vigorosamente y a principios de 2020 las semillas de moringa cosechadas generaban ingresos a la familia dueña del módulo. También se establecieron cuatro parcelas demostrativas de moringa como cercas vivas en Yaxe y Santiago Apóstol. Tanto módulos como parcelas demostrativas fueron elementos importantes del proceso de capacitación para la difusión de innovaciones. Adicionalmente, productores clave de ambos municipios aprovecharon la oferta de semillas y plántulas de vivero para establecer parcelas propias con hasta 300 árboles de moringa, mismas que gracias su desarrollo saludable y a la colaboración de los participantes anfitriones también sirvieron como apoyo al proceso de capacitación participativa para la difusión de innovaciones.

En La Guajira no se encontraron parcelas agrícolas activas para ubicar módulos demostrativos pues las huertas estaban abandonadas hacía muchos años por

causa de la sequía. Las únicas excepciones se presentaron en comunidades aledañas a la Serranía de la Macuira como Siapana y Capárrara, en zona rural del municipio de Uribia. Allí se encontraron parcelas sembradas con moringa, misma que había sido promovida como alternativa forrajera por un proyecto llevado a cabo por la FAO en 2015. En la vecina comunidad de Wayamichón la huerta con infraestructura proporcionada por la FAO estaba abandonada por la insuficiencia de agua, no así en Siapana y en Capárrara, en donde las plantaciones de moringa estaban sólidamente establecidas con árboles que promediaban los cuatro metros de altura a mediados de 2019. Debido a la colaboración de los productores anfitriones, estas parcelas no solo fueron aprovechada para el desarrollo de los talleres de capacitación participativa sobre prácticas de poda y cosecha de los árboles, sino que surtieron ramas y hojas para los talleres de procesamiento de moringa como suplemento nutricional para humanos, así como semillas para su distribución directa entre productores interesados y para la siembra en viveros.

3.3.3. Aprendizaje-acción participativa y los talleres de capacitación

Siguiendo a Campos-Reyes *et al.* (2017), se realizaron talleres participativos sobre las cuatro innovaciones propuestas, en los cuales se hizo énfasis en el intercambio de saberes, y asimismo las personas sembraron y usaron las plantas incorporando para ello sus propios conocimientos. Los talleres de capacitación buscaron fomentar el diálogo intercultural, la participación y el poder comunitario, así como el pensamiento crítico de los asistentes y su acción colectiva consecuente, autónoma y organizada como contribución a la satisfacción de sus necesidades concretas. Con los talleres se promovió el consenso entre el conocimiento técnico y científico y los saberes campesinos, para experimentar con las innovaciones propuestas de manera que fuesen de utilidad práctica para las familias participantes en el proceso de difusión de innovaciones con base en el cultivo y aprovechamiento de la moringa. Considerando el llamado diálogo de

saberes (Pérez y Argueta, 2011; Restrepo, 2011; Téllez y Ramírez, 2013; Mejía, 2016; Minga, 2016), se desarrolló una aproximación dialógica a las comunidades en Oaxaca y La Guajira, que no solo respetó sus culturas propias y diversas, sino que valoró sus saberes tradicionales sobre agricultura y entró en contacto con ellos desde la ciencia convencional, para arribar a consensos en cuanto a cómo hacer las cosas (establecer las innovaciones y evaluar su éxito).

De acuerdo con Pretty *et al.* (1995: 55-57) los talleres de capacitación enfocados en el diálogo de saberes, como iniciativa de Aprendizaje-Acción Participativa, incluyeron una metodología sistémica que permitió el aprendizaje acumulativo de todos los participantes (tanto desde las comunidades locales como desde las instituciones de investigación externas), la aceptación de perspectivas múltiples (que evitó simplificar la realidad e invitó a la diversidad de apreciaciones), procesos de aprendizaje colectivos o grupales (que incluyeron las visiones desde la diversidad local hasta las de técnicos y profesionales externos de diferentes disciplinas), la adecuación al contexto específico, la facilitación para que los participantes mismos elaboraran sus propias discusiones en función de los cambios que les fueron convenientes y finalmente, su orientación al cambio con acciones concretas para contribuir a solucionar problemáticas sociales.

Así se diseñaron talleres participativos para difundir conocimiento y técnicas sobre el manejo y aprovechamiento de la moringa. Los talleres auspiciaron temáticas consensuadas específicas, de particular interés para los asistentes. Durante su implementación se privilegió tanto la discusión crítica, como la implementación de ejercicios y actividades prácticas que contribuyen al aprendizaje efectivo de la información compartida. Candelo *et al.* (2003), justifican las ventajas del aprendizaje participativo y de acción (opuesto a la pasividad de la

“educación bancaria”). Los talleres participativos implican procesos de planificación, codiseño, coevaluación y seguimiento.

Se realizó un curso con cuatro talleres en cada comunidad para abordar las innovaciones y sus beneficios potenciales para contribuir a solucionar problemáticas locales, tal como se muestra en el Cuadro 5. El orden de las temáticas correspondió a las etapas del desarrollo fenológico de las plantas.

Cuadro 5. Talleres sobre el cultivo y aprovechamiento de *Moringa oleifera*.

Temas	Talleres realizados			
	Yaxe	Santiago Apóstol	Manaure	Uribia
1. Introducción. Uso y aprovechamiento. Siembra y cuidados iniciales	2	2	4	4
2. Reconocimiento, crecimiento y desarrollo. Cercas vivas y trasplante	1	1	1	1
3. Poda inicial y secado de hojas. Uso nutricional y medicinal	1	1	4	1
4. Segunda poda de formación. Potencial forrajero	1	1	n/a	

La concertación de los talleres en Oaxaca se hizo mediante los ayuntamientos locales, que facilitaron la promoción e infraestructura para implementarlos. En La Guajira, el contexto de aislamiento de las comunidades participantes, la ausencia de electricidad y su precaria red de telecomunicaciones, transporte e infraestructura, exigió adaptaciones metodológicas: allí las autoridades tradicionales de cada comunidad convocaron asambleas para exponer los temas, responder preguntas acordes con las necesidades locales, trasplantar plántulas de los viveros y sembrar semillas. En ambas regiones el diálogo con los

participantes fue primordial para modificar énfasis y contenidos de los talleres, adecuándolos a sus intereses y necesidades.

Diálogo de saberes

En el contexto del diálogo de saberes, si bien los caminos que llevaron al encuentro con las cuatro comunidades participantes en el proyecto de difusión de innovaciones con moringa fueron diferentes, se mantuvieron pilares del diálogo de saberes al interior de los diversos encuentros comunitarios inherentes a la investigación, esto a pesar de las limitaciones tanto de tiempo como de la tradición de extensión convencional desde el ámbito universitario. Así, en La Guajira, la invitación de la Asociación de Autoridades Indígenas Tradicionales Wayúu Shipia Wayúu para probar las innovaciones con moringa fue resultado de un proceso de trabajo previo con la comunidad, mismo que privilegió el enfoque de diálogo de saberes con el objeto de contribuir a la soberanía alimentaria de las comunidades indígenas wayúu asociadas y al trabajo desde Shipia Wayúu para mitigar la crisis humanitaria que padecen las comunidades, crisis cuya manifestación más devastadora es la alta mortandad infantil asociada a la desnutrición, seguida por el impacto devastador de la sequía que impera en la Alta Guajira desde hace más de una década (Mercado, 2016).

En Oaxaca en cambio, la aproximación a las comunidades fue decidida por el comité asesor de la investigación desde el programa doctoral, sin invitación directa ni trabajo previo con productores locales, pero sí con una valiosa tradición de confianza y colaboración entre ellos y la Universidad Autónoma Chapingo, la cual fue imprescindible para el éxito obtenido durante el proceso de intervención para la difusión de innovaciones. Allí, el proceso de diálogo de saberes inició al mismo tiempo que la “imposición temática” de las innovaciones con moringa propuestas, más propia de la tradición de extensión agrícola convencional. El

trabajo en este contexto complejo fue abrir la comunicación, en términos de la educación popular y problematización dialógica de la realidad de acuerdo con Freire (1973) y Petty *et al.* (1995), sin renunciar a la promoción de las innovaciones propuestas que, con todas sus ventajas potenciales, fue decidida inicialmente desde la universidad y no en procesos comunitarios de diálogo de saberes como en La Guajira.

Educación popular y pensamiento crítico.

Considerando las características de la Educación popular en el caso de los talleres para la difusión de innovaciones con base en moringa en Oaxaca y La Guajira, si bien se llevaron imposiciones temáticas propias de la criticada tradición de extensión agrícola convencional, no se pretendió amenazar creencias ni epistemologías propias de las comunidades participantes, sustituir sus formas de pensar por otras impuestas, ni tampoco obligar o imponer cambios que pudiesen parecer óptimos desde la perspectiva científica-universitaria externa a las comunidades. Lo que se hizo fue “ofrecer”, compartir información sobre un recurso fitogenético con inmensas potencialidades, mientras se dialogaba (comunicaba) con los participantes sobre su percepción de problemáticas reales concretas y se preguntaba sobre las posibles ofertas del recurso para contribuir a la solución de dichas problemáticas, sin dejar de lado otras posibles soluciones. Así, equiparando la problematización sobre la erosión ejemplificada por Freire (1973: 39), durante talleres, reuniones y entrevistas a profundidad con productores o grupos de productores, problemáticas de salud como la diabetes, por ejemplo, salieron a la luz y fueron problematizadas colectivamente mediante preguntas, actividades grupales e individuales que promovieron la participación y expresión de ideas, dudas, opiniones y actitudes de los participantes al respecto (orígenes del problema, implicaciones y afectaciones reales, posibles soluciones) y en medio de este diálogo se ponía a consideración una alternativa de solución (el consumo de hojas de moringa

puede contribuir a la disminución de los niveles de glucosa en la sangre), entre otras, como diferentes cambios específicos en las dietas y mayores capacitaciones y acciones al respecto por parte de las entidades de salud pública. Así, en sesiones posteriores se abordó nuevamente el tema y se evaluó conjuntamente, de ser el caso, la efectividad de la solución ofrecida y en ocasiones, efectivamente, los participantes manifestaron su satisfacción ante casos de reducción de niveles de glucosa en los exámenes de sangre, o de mayor vitalidad, disminución de fatiga y mareos asociados a la diabetes, por continuar con el mismo ejemplo. En este contexto, la moringa se ofreció a las comunidades como “un problema a resolver”, ante cuyo diálogo e información, se incentivó en los participantes el preguntarse: “¿qué hago con esto?, ¿lo acepto o no? ¿lo pruebo o no?”.

Durante los talleres de aprendizaje-acción participativa en ambas regiones, se realizaron sesiones de diálogo horizontal que evidenciaron problemáticas locales reales desde la perspectiva de los participantes, mismas que fueron conducentes a privilegiar las innovaciones con moringa que, de acuerdo a los consensos colectivos en cada comunidad, pudiesen ser más útiles que otras. Si bien las temáticas de los talleres fueron planteadas desde la universidad y fueron las mismas para los cuatro municipios con el objetivo de brindar un contexto similar para el análisis comparativo, en la práctica se abrieron siempre espacios para la discusión de las realidades locales particulares. Así, por ejemplo, en la Alta Guajira, las reuniones con las comunidades dejaron en claro su interés principal por la moringa como suplemento nutricional para mujeres embarazadas y lactantes, con el objeto de fortalecer la nutrición infantil, mientras que en Oaxaca los productores destacaron su motivación por experimentar con la moringa como fuente alternativa de forraje para la alimentación y engorda de ganados. En ambas regiones cabe destacar el interés manifestado por el posible aprovechamiento de la moringa como suplemento medicinal para personas

afectadas por alta presión sanguínea y también por altos niveles de glucosa en la sangre, ambos padecimientos médicos que fueron encontrados como de alta incidencia en los cuatro municipios abordados. En contraste, innovaciones propuestas como el uso de la moringa en la preparación de abono foliar para otros cultivos alimenticios y comerciales, o el uso de semillas de moringa para fitoremediación y tratamiento de aguas turbias, por ejemplo, no presentaron hasta el momento mayor incidencia en las comunidades ni interés por su parte, aunque podría ocurrir en el futuro.

3.3.4. Exploración etnográfica

El trabajo de campo para la exploración etnográfica en México fue más largo que en Colombia. Inició en Oaxaca en junio de 2017 con visitas quincenales de tres días a las comunidades y se intensificó entre enero y octubre de 2018 y luego en febrero y marzo de 2020 con temporadas de convivencia en las comunidades que oscilaron entre dos y cinco semanas continuas. Durante el trabajo fue posible percibir temáticas de relevancia histórica y cultural. En Yaxe, por ejemplo, sus orígenes recientes como municipio luego de la emancipación de la Hacienda Yaxe, asociada a la desaparición de la lengua zapoteca, su guerra territorial con la vecina población de San Baltazar Chichicapam (1940-1980) y la historia reciente de su modernización agrícola: su escalamiento como productor de hortalizas, marihuana ilegal y mezcal artesanal. Entrevistas con campesinos y autoridades municipales revelaron problemáticas como la sequía recurrente, la falta de organización comunitaria, y desafíos de salud pública sobresalientes como el alcoholismo, la hipertensión y la diabetes.

Experiencias relatadas por los cinco productores entrevistados a profundidad en Yaxe coincidieron en mencionar iniciativas previas de proyectos de difusión de nuevos cultivos, éstos asociados a empresas privadas que en su momento

facilitaron su propagación y asesoría técnica, y finalmente compraron cosechas de cempasúchil (*Tagetes erecta*) y tabaco (*Nicotiana tabaco*) a los productores participantes en dichos procesos. Afirmaron que una vez las respectivas empresas dejaron de comprar las cosechas (unos tres años el cempasúchil, unos seis el tabaco) los cultivos en el pueblo “se acabaron”, de manera que no fueron sostenibles en el tiempo pues necesitaban el incentivo económico proveniente de las ventas. En contraste, durante los años 80 del s. XX los campesinos de Yaxe incursionaron por iniciativa propia en la producción y venta de hortalizas como cilantro y rábano, en búsqueda de mayores fuentes de ingresos. En esta ocasión la difusión del cultivo de hortalizas no fue promovida por el gobierno ni por empresas privadas y resultó en la adopción de los cultivos comerciales, mismos que actualmente consisten en una destacada fuente de ingresos para el municipio. Los productores entrevistados también opinaron que si existiera un comprador consistente de la moringa, más personas la sembrarían. En esto coincidieron con los participantes entrevistados en Santiago Apóstol, quienes afirmaron que al no haber compradores al por mayor, el proceso de difusión y adopción del cultivo de moringa será lento y la gente lo buscará inicialmente como un recurso complementario medicinal y forrajero de autoconsumo y no con fines comerciales.

En La Guajira el trabajo de campo etnográfico ocurrió entre diciembre de 2018 y julio de 2019 con una estancia continua en la cabecera municipal de Manaure gracias a la hospitalidad de la Asociación Shipia Wayúu, enriquecida con estancias frecuentes de hasta 20 días continuos en comunidades rurales de ambos municipios, como Siapana y San Martín Pulowi. Se evidenció la escasez de agua como limitante principal para la difusión de innovaciones, asociada al seminomadismo que no permite la práctica continua de agricultura. Otro limitante destacado es la dificultad de acceso a las comunidades (aisladas por enormes distancias y escasos medios de transporte). La dependencia alimentaria e

insuficiencia de ingresos monetarios contribuyen al hambre y la pobreza generalizadas. La cultura tradicional (evidenciada, por ejemplo, tanto en la fortaleza de su lengua como en su sistema normativo propio) y la resiliencia en contextos de discriminación, degradación ambiental y marginación socioeconómica, son características de las comunidades wayúu.

El acompañamiento constante a los procesos de difusión de innovaciones agrícolas es necesario en opinión de los cinco productores participantes entrevistados a profundidad en la comunidad Siapana, del municipio de Uribia. Se refirieron como ejemplo al proyecto de huertas autosuficientes impulsado por la FAO en 2015 en su comunidad y en otras vecinas, mismas que se encontraron en su mayoría abandonadas después de cuatro años, principalmente por ausencia de agua para riego. Además de coincidir en la preferencia de un acompañamiento constante a las comunidades durante el proceso de difusión de innovaciones con moringa, los cinco productores entrevistados en Manaure también destacaron la importancia que para ellos tiene su necesidad de recuperar saberes y prácticas sobre etnobotánica tradicional wayúu, sobre la siembra de árboles nativos y su utilización adecuada para comida, medicina y otras funciones, con el propósito de fortalecer su cultura propia y autonomía.

En dicho contexto, la integración de la exploración etnográfica complementó el análisis de redes sociales (ARS). Esto en concordancia con Díaz y Rendón (2011), quienes señalaron que las principales desventajas del enfoque de ARS como herramienta para el estudio de la difusión de innovaciones en la agricultura consisten en la complejidad y heterogeneidad del entorno rural, mismo que implica un entramado de relaciones económicas, sociales, culturales y políticas al interior de las comunidades locales, así como los saberes tradicionales de los agricultores. Dicha complejidad puede ser aún mayor cuando se trata de

comunidades campesinas o indígenas, grupos étnicos particulares que plantean sus vidas desde cosmovisiones y lenguas diferentes, propias de sus culturas diversas. Es por ello que aportes desde las ciencias sociales y humanas pueden contribuir a llenar los vacíos que suponen una desventaja incalculable para los algoritmos de los programas de computación especializada requeridos para el ARS. Por ejemplo, sería insensata la intervención para la difusión exitosa de innovaciones con determinados actores clave arrojados con precisión por el *software*, si en la realidad social estos actores son desestimados por sus comunidades por carecer de suficiente estatus, confianza, o respetabilidad.

Así, la etnografía como aporte desde las ciencias sociales contribuyó a comprender e intervenir eficientemente en áreas que suponen una desventaja para el software especializado de ARS. La exploración etnográfica fue útil para interpretar datos durante el ARS, como por ejemplo las diferentes razones para el incremento de la preferencia de los productores por el aprovechamiento medicinal de la moringa tanto en Oaxaca como en La Guajira observado en la evolución de las tasas de adopción de innovaciones (TAI), o bien el aumento progresivo en las densidades de las redes de Oaxaca en contraste con el decrecimiento de las mismas en La Guajira, entre otros.

3.3.5. Análisis de redes sociales

El análisis de redes sociales (ARS) es coherente con modelos de innovación agrícola participativos que van más allá de la visión lineal limitada a la transferencia de información, e incluyen componentes de orquestación y articulación con otros actores además de productores y extensionistas (como proveedores de insumos y servicios, entidades educativas y de investigación, organizaciones gubernamentales y agencias internacionales). Además, permite medir y comparar tanto niveles de adopción de las innovaciones propuestas,

como indicadores para evaluar la estructura y comportamiento de las redes mismas, con el objeto de diseñar estrategias para optimizar su cohesión y articulación, y la dinamización y flujo eficiente de conocimientos para la innovación. Así, “[...] los procesos de innovación no deben ser vistos meramente como una decisión individual de adopción, sino que hay todo un entramado social de diversas interacciones que influyen en la adopción o no de prácticas, tecnologías e innovaciones” (Aguilar-Gallegos *et al.*, 2017: 23-24). El ARS, identifica procesos de innovación diferenciales, considerando las necesidades y condiciones particulares de los productores y sus parcelas.

El ARS implicó una serie de encuestas, también llamadas cédulas para la valoración de la innovación, que recabaron información para alimentar los indicadores a evaluar. El primer momento de aplicación de las encuestas sirvió para elaborar una línea base y diagnosticar las redes de difusión de innovaciones. Los momentos posteriores, cuando las encuestas fueron aplicadas a los participantes del primer momento y a los nuevos productores que se sumaron desde entonces, contribuyeron a la caracterización de la evolución, crecimiento y comportamiento de las redes. Su evaluación conjunta consolidó el análisis y permitió las recomendaciones para gestionar eficientemente el fortalecimiento de las redes orientado a optimizar la difusión de innovaciones en los contextos locales. Así, el ARS se elaboró con base en una encuesta aplicada durante tres momentos en Oaxaca (entre 2018 y 2020) y dos momentos en La Guajira (en marzo y julio de 2019), con el objeto de visualizar y analizar tres redes para la difusión de innovaciones: de conocimiento, de colaboración y de intercambio u comercialización. Los apartados de la encuesta incluyeron: 1) identificación del participante, 2) red de innovación, 3) redes de colaboración, 4) redes de compra-venta o intercambio y 5) redes de capacitación (Anexo 1). El análisis combinado de los atributos de las redes de innovación y capacitación dio origen a las redes de conocimiento.

Información estadística adicional, complementaria a la estricta conformación de las redes fue recopilada también mediante las encuestas. Los datos alimentaron las matrices con información contextual que permitió ubicar el escenario ecológico y social de las diferentes redes, y que complementar la interpretación de los grafos, los cuales por sí mismos solo pueden ofrecer una información limitada. El aprovechamiento óptimo de la información visualizada en los grafos de redes requirió el análisis de diferentes indicadores, por ejemplo, la cantidad y la calidad de las relaciones se apreciaron con los indicadores de densidad y diversidad: redes más densas favorecieron la confianza y el flujo de información entre los actores, mientras que la diversidad de las redes se calculó diferenciando las relaciones entre grupos de actores mutuamente excluyentes con características propias al interior de las mismas (Roldán *et al.*, 2018). Con todo, el ARS posee unas limitaciones inherentes, que consisten básicamente en su incapacidad para interpretar la complejidad del medio ecológico y sociocultural, sobre todo en los ámbitos rurales y agropecuarios, ante lo cual el uso de herramientas de análisis contextual desde las ciencias sociales se consideró como una contribución para complementar las deficiencias de la herramienta metodológica.

En Oaxaca se encuestaron 50 participantes para establecimiento de la línea base a mayo de 2018 y 175 para la línea final a febrero de 2020. En La Guajira se encuestaron 28 participantes para establecimiento de línea base a marzo de 2019 y 152 para la línea de seguimiento a julio de 2019. En concordancia con Roldán *et al.* (2018), la captura de información relacional empleó un catálogo en el que se asignaron claves únicas a cada actor. El archivo relacional se procesó en el programa NetDraw (Borgatti *et al.*, 2002), para obtener el gráfico de la red y posteriormente se exportó al programa Ucinet 6.288 para hacer el análisis de indicadores. Las gráficas fueron generadas con el programa Gephi 0.9.2.

El ARS implicó la medición de las redes dilucidadas en el proceso de difusión de innovaciones, de acuerdo a unos indicadores específicos cuyo análisis integrado permite en primer lugar diagnosticar el estado actual de las redes y posteriormente definir estrategias para optimizar las mismas con el objeto de extender mediante las redes la información conducente a promover y difundir las innovaciones. El análisis de redes parte del supuesto de que la expresión del potencial individual depende tanto de los atributos propios, como de las relaciones y la posición dentro del entramado de relaciones. Los indicadores considerados fueron la tasa de adopción de innovaciones (TAI), así como el tamaño de las redes y los índices de centralización, diferencia en densidades y diversidad de actores.

Tasa de adopción de innovaciones. Este indicador considera el número de productores que innovan sobre el número total de productores. La tasa de adopción de innovaciones (TAI) fue calculada con datos del segundo apartado de la cédula para la valoración de innovaciones, correspondiente a la red de innovación. Este indicador permite identificar las innovaciones más difundidas y qué actores y comunidades las pusieron en práctica. Como puede observarse en las Figuras 10 y 14 (págs. 107 y 122), las innovaciones más destacadas entre los participantes encuestados coinciden con datos obtenidos de las entrevistas etnográficas que resaltan el interés de las comunidades en las propiedades medicinales de la moringa para aliviar la hipertensión y para reducir los niveles de glucosa en la sangre, afectaciones arraigadas localmente tanto en Oaxaca como en La Guajira.

Las Figuras 10 y 14 muestran la evolución de la TAI en los tres momentos de monitoreo para Oaxaca y en los dos momentos para La Guajira respectivamente.

En Oaxaca los cambios observados resultan de un proceso de aprendizaje y validación por parte de los productores, en función de su selección progresiva de ciertas innovaciones acordes con sus intereses particulares. En la mayoría de los casos se observa un incremento en la adopción de innovaciones en la línea de seguimiento y posteriormente una disminución de la misma durante la línea final. Esta evolución de la TAI puede explicarse mediante el proceso de aprendizaje y validación, mismo que ocurrió durante los 15 meses transcurridos entre la línea de seguimiento y la línea final. Dicho periodo de validación resultó en el aprendizaje autónomo de los productores sobre ventajas y desafíos para el cultivo y aprovechamiento de la moringa. Entre las ventajas resaltaron su rápido crecimiento y su resistencia a la sequía, mientras que como desafíos destacaron su necesidad de cuidado y agua constante durante los primeros meses de establecimiento, su vulnerabilidad ante el ataque de las hormigas arrieras y el escaso mercado para la comercialización de productos derivados del cultivo como hojas secas y semillas.

En La Guajira, los cambios observados en la TAI se atribuyen principalmente al aumento de participantes entre la línea base y la línea de seguimiento, momentos que contaron con 28 y 152 productores encuestados respectivamente. Dicho incremento resultó en una diversidad de opiniones y respuestas de los participantes, ejemplificada por las diferencias sustanciales entre un momento y otro para innovaciones como la siembra para producción intensiva de hoja y de semilla, para forraje, cercas vivas y para su aprovechamiento como árbol ornamental y de sombra.

Factores ecológicos predominantes tanto en Oaxaca como en La Guajira, ambas regiones caracterizadas por fuertes sequías, incidieron en la preferencia de los participantes mexicanos y colombianos por innovaciones como la siembra por

trasplante en oposición a la siembra directa. En ambos países los productores indicaron que la siembra directa hubiera exigido mayor cuidado de la plántula, tanto por su necesidad de riego constante durante los primeros meses de establecimiento, como por su mayor vulnerabilidad ante la depredación de hormigas arrieras, aves de corral y ganados. Ante estos desafíos, el trasplante de plántulas ya establecidas en macetas o bolsas, sembradas individualmente por los participantes o bien distribuidas desde los viveros generados durante el proceso de intervención para la difusión de innovaciones, resultó de mayor utilidad y preferencia para los productores.

Asimismo, tanto en Oaxaca como en La Guajira destacó el interés de los participantes en los usos medicinales y nutricionales de la moringa, constante durante los diferentes momentos de monitoreo. En Oaxaca, el uso medicinal de la planta fue la única innovación que presentó un incremento durante la línea final, mientras que las otras innovaciones sobresalientes mostraron un decrecimiento de la línea final en comparación con la línea de seguimiento. A su vez en La Guajira, los usos de la moringa como medicina y como suplemento nutricional fueron las dos únicas innovaciones que mostraron un incremento de la línea de seguimiento en comparación con la línea base. Resultados de la exploración etnográfica indican que la reciente y progresiva popularización de la moringa como suplemento nutricional y medicinal en Oaxaca, ejemplificada por el incremento de su comercio en el tianguis semanal de Ocotlán de Morelos y de su mercadeo a través de medios de comunicación como la radio, la televisión y la internet, contribuyen a explicar este comportamiento de la TAI. En La Guajira los productores entrevistados reportaron un incremento reciente del comercio de la moringa en los mercados regionales vecinos de Uribia y Maicao en Colombia y de Maracaibo en Venezuela, aunque no destacaron su publicidad en medios masivos de comunicación. Allí, el contexto sociocultural actual de las comunidades rurales wayúu contribuye a explicar el interés destacado de los

participantes en los usos medicinales y nutricionales de la planta. En Oaxaca la mayoría de participantes no conocía la moringa y apenas comenzaba a escuchar de ella en los mercados y medios masivos de comunicación, mientras que en La Guajira, aunque los participantes tampoco conocían la planta, la mayoría ya sabía de su existencia: llamada waireña en lengua wayúunaiki, los saberes tradicionales locales le atribuyen propiedades medicinales para aliviar dolencias renales y urinarias. Adicionalmente, la crisis de hambre y desnutrición que enfrentan las comunidades wayúu contribuye a explicar su notable interés en las propiedades nutricionales de la moringa.

Cabe aclarar que las innovaciones detectadas por la TAI no fueron exactamente las mismas para Oaxaca y La Guajira. Adicionalmente a las cuatro categorías de innovación promovidas en módulos demostrativos y talleres de capacitación, otras fueron consideradas en la encuesta para el ARS, tanto por su potencial utilidad en el contexto local, como porque fueron reportadas por los participantes. Las innovaciones incluidas en la TAI originadas en prácticas reportadas por los participantes consistieron en el uso de moringa para reforestación, para su difusión y divulgación, para cortinas rompevientos y también para la alimentación de abejas mieleras con néctar y polen de sus flores, la siembra directa de semillas sin cáscara, la siembra directa y el uso de riego por goteo con botellas de plástico, el uso de abono obtenido en los nidos de las hormigas arrieras, el control de hormigas arrieras con botellas o bolsas de plástico ajustadas alrededor del tallo de los árboles y finalmente la práctica de los productores de hablarle a las plantas para estimular su crecimiento.

Tamaño. Este indicador consiste en el número de actores que se encuentran en una red. A mayor tamaño de la red, mayor es el número de actores participantes y de vínculos posibles entre ellos. Todas las redes analizadas en Oaxaca y en La

Guajira incrementaron progresivamente tanto en el número de actores como en la cantidad de relaciones entre ellos, en los diferentes momentos del monitoreo, tal como se aprecia en las Figuras 11, 12, 13, 15, 16 y 17 (págs. 108-110 y 123-125).

Centralización. Es un indicador de red que mide el grado en el cual los vínculos existentes en cada red se encuentran focalizados en uno o en pocos actores. Este índice se determinó de acuerdo con Freeman (1979) mediante la fórmula:

$$C = \sum (D - d) / [(N - 1)(N - 2)]$$

Donde D es el grado máximo de un actor en la red, d es el grado de cada uno de los actores en red y N es el número de actores en la red. El indicador toma valores de 0 a 100%. Valores cercanos a 0 corresponden a una red no centralizada mientras que los cercanos a 100 indican una red centralizada.

Las redes de conocimiento tanto en Oaxaca como en La Guajira iniciaron con una estructura de tipo centralización única en la línea base y en ambos casos evolucionaron progresivamente hacia estructuras de decisión compartida. Este comportamiento de las redes indica la dependencia inicial al conocimiento aportado por un actor (correspondiente al investigador externo) y su progreso hacia configuraciones en donde se observa a varios actores locales como proveedores de información. Dicha evolución de las redes indica un incremento de las relaciones entre actores y una disminución de los valores de centralización en Oaxaca, como puede observarse en el Cuadro 6. En el caso de La Guajira, si bien la centralización aumentó en lugar de disminuir, el destacado incremento en el número de actores y el fortalecimiento de vínculos de actores locales explican el aumento en el número de relaciones (Figura 15).

Cuadro 6. Cambio en los indicadores de centralización de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020), y Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).

Red	Centralización	Línea Base	Seguimiento	Línea Final
Conocimiento	Oaxaca	72.45	69.9	58.16
	La Guajira	77.82	81.18	n/a
Colaboración	Oaxaca	12.38	9.31	8.91
	La Guajira	10.32	10.51	n/a
Intercambio	Oaxaca	90.82	71.38	49.22
	La Guajira	62.23	78.4	n/a

Las redes de colaboración, construidas a partir de las respuestas a las preguntas “¿a quién consulta en cuestiones agrícolas?” y “¿a quién considera que puede interesarle cultivar moringa?” fueron las menos centralizadas de las tres redes analizadas, pues implicaron referencias a actores locales y por tanto reflejaron menor preponderancia de actores externos. En Oaxaca la centralización disminuyó del 12.38 % en la línea base al 8.91 % en la línea final, señalando un incremento en las relaciones entre actores, mientras que en La Guajira este indicador aumentó menos de un 1 % entre la línea base y la de seguimiento, a pesar del significativo incremento tanto en el número de actores como de relaciones entre ellos. Visualmente las redes de colaboración en las dos regiones mostraron una transición desde estructuras más difusas hacia unas de mayor saturación, como puede apreciarse en las Figuras 12 y 16. El incremento en las relaciones de colaboración se relaciona con el aumento progresivo del tamaño de las redes y se atribuye al acompañamiento durante los procesos de intervención, al dinamismo de los actores clave en ambas regiones y a las múltiples opciones de aprovechamiento de la planta, que generaron interés entre los participantes y sus referidos. Tanto en Oaxaca como en La Guajira los procesos de colaboración

entre los actores fueron fortaleciéndose progresivamente, sugiriendo que la colaboración demanda un periodo de construcción de relaciones.

Finalmente, las redes de comercialización (compra y venta) o intercambio (trueque) señalan un decrecimiento progresivo en el índice de centralización para Oaxaca en los tres momentos y un aumento en La Guajira en los dos momentos. En Oaxaca, si bien el número de nodos y relaciones incrementaron y la centralización descendió del 90.82 % en la línea base al 49.22 % en la línea final, visualmente se mantuvo una red centralizada durante los tres momentos (Figura 13). Por su parte, en La Guajira la red de intercambio aumentó la centralización de la línea base (62.23 %) a la línea de seguimiento (78.4 %) en un contexto de incremento destacado de nodos y relaciones, como se aprecia en la Figura 17, presentando visualmente una evolución desde una configuración de estructura más difusa y centralizada en el primer momento, hacia una con estructura más saturada de tipo decisión compartida en el segundo momento. En las dos regiones estudiadas, el intercambio material de insumos y productos fue escaso durante la línea base y el incremento posterior de las relaciones evidenció procesos más dinámicos, si bien en La Guajira se observó el fortalecimiento de actores centrales que dominaron la red y que corresponden a los productores que facilitaron el funcionamiento de los viveros y el abastecimiento de plantas a los nuevos participantes. Asimismo, el comportamiento de las redes en ambas regiones sugiere que la transición hacia redes de intercambio menos centralizadas demanda mayor tiempo y debe considerar el periodo de crecimiento y producción de la moringa, tanto de hojas como de semillas.

En Oaxaca las tres redes analizadas presentaron un incremento constante en el número de actores y de relaciones, así como un decrecimiento en los índices de centralización durante los tres momentos del monitoreo, lo que supone la

participación de nuevos actores en las relaciones de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con base en moringa, y su progresiva independencia y autonomía con respecto los actores que centralizaban dichas relaciones durante la línea base. En La Guajira las tres redes también presentaron un aumento constante en el número de actores y en la cantidad de sus relaciones, si bien en todas se observó un incremento en los índices de centralización, lo que sugiere que los nuevos actores de la línea de seguimiento iniciaron su proceso de difusión de innovaciones con dependencia a los actores que ya centralizaban estas relaciones durante la línea base.

Diversidad de actores. Se trata de un indicador de redes que mide la diversidad de los tipos de actores que la componen y sus relaciones. Se considera que las redes se componen por grupos de actores con características propias y mutuamente excluyentes, de manera que “[...] la diversidad de relaciones es un índice que se calcula restando el número de lazos internos del grupo al número de sus lazos externos, y dividiéndolo entre el número total de lazos” (Roldán *et al.*, 2018: 22). También llamado E-I index, el indicador da cuenta de la relación entre lazos externos (E) e internos (I) y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$E - \text{Index} = \frac{E - I}{E + I}$$

Los valores posibles van de -1 a +1. Valores próximos a -1 indican la predominancia de lazos internos u homofilia, mientras que valores cercanos +1 señalan la dominancia de lazos externos llamada heterofilia (Krackhardt y Stern, 1988). En la gestión de redes, por lo general se espera que la heterofilia aumente en un primer momento y luego tienda a bajar y estandarizarse con el tiempo, si bien debe recordarse que no existen recetas fijas y que todo depende del contexto de la red, su trayectoria y sus objetivos. En efecto, el comportamiento homofílico o heterofílico puede orientarse en función de lo que se pretenda lograr

en un momento determinado: homofílico para consolidar un proceso, heterofílico para favorecer información externa que promueva cambios o innovaciones.

Las variables seleccionadas para realizar la división de los grupos de actores participantes en el proceso de difusión de innovaciones con base en moringa en Oaxaca y La Guajira implicaron la ocupación y localidad de cada uno, en correspondencia con el catálogo de actores para análisis de redes de innovación, utilizado durante las encuestas (Anexo 1, Cédula para la valoración de la innovación). La distribución de los grupos consideró cuatro categorías: 1) empresas rurales (ER) o productores participantes, empresas rurales referidas (ERe) o productores referidos y familiares referidos por los productores encuestados (FAM); 2) instituciones de enseñanza e investigación (IE), instituciones gubernamentales (IG), e instituciones con funciones múltiples (FM) como la Asociación Shipía Wayúu en el caso de La Guajira, misma que presta a sus miembros servicios de organización comunitaria, asesoría jurídica, salud e infraestructura, entre otros; 3) proveedores de insumos (PI), proveedores de servicios profesionales (PSP) y organismos internacionales (OI) como la FAO; y 4) medios de comunicación masivos como la radio y la televisión (RTV) y la internet (INT).

Como se aprecia en el Cuadro 7, las redes en ambas regiones presentaron un desplazamiento progresivo hacia la homofilia durante los diferentes momentos del monitoreo, lo cual en términos generales señala un incremento de las relaciones entre productores locales para la transmisión de información conducente a la difusión de innovaciones con base en moringa y por tanto indica un decrecimiento de las relaciones entre productores con entidades externas. La única excepción ante este comportamiento ocurrió con la red de intercambio y comercialización de moringa e insumos en La Guajira, misma que presentó una

transición hacia la heterofilia desde la línea base hasta la línea de seguimiento, que puede explicarse tanto por el marcado incremento en el número de actores (productores locales), como por la predominancia de unos pocos actores centrales, como el investigador externo y los anfitriones de los viveros, quienes durante la línea de seguimiento concentraban la oferta de moringa e insumos a los nuevos participantes.

Cuadro 7. Cambio en los indicadores de diversidad de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020), y Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).

Red	Región	Línea Base	Seguimiento	Línea Final
Conocimiento	Oaxaca	.833	.688	.461
	La Guajira	.349	.160	n/a
Colaboración	Oaxaca	-.216	-.373	-.437
	La Guajira	-.462	-.602	n/a
Intercambio	Oaxaca	.872	.620	.169
	La Guajira	.320	.645	n/a

También pudo observarse que las redes de colaboración mostraron una marcada tendencia hacia la heterofilia en ambas regiones y durante los diferentes momentos del monitoreo, ubicándose en su totalidad en el umbral de los números negativos y transitando progresivamente hacia -1. Este comportamiento puede explicarse por la naturaleza de las preguntas cuyas respuestas conformaron las redes, las cuales implicaron referencias hacia actores locales y por lo tanto menor protagonismo de actores externos. Ocurrió lo opuesto con las redes más centralizadas de conocimiento e intercambio, cuya línea base presentó los mayores niveles de heterofilia debido al monopolio por parte de actores externos tanto de la información como de los insumos físicos (plantas y semillas) en un

primer momento. Dichas redes de conocimiento e intercambio transitaron hacia la homofilia en los momentos posteriores, con la excepción ya señalada de la red de intercambio en La Guajira.

Diferencia de densidades. La densidad es un indicador de redes que mide la cohesión de las mismas, cuantificando la cantidad promedio de lazos, vínculos o relaciones al interior de una red determinada. La densidad se refiere a la proporción de todas las relaciones existentes respecto a las relaciones posibles al interior de una red (Wasserman y Faust, 1994). Así, entre más densa o articulada se encuentre una red, mayor es el flujo de información al interior de la misma y mayor es la confianza entre los actores (Roldán *et al.*, 2018). En este contexto, la prueba estadística para estimar las diferencias entre densidades de redes simétricas se llevó a cabo con base en el procedimiento propuesto por Snijders y Borgatti (1999), quienes mediante el uso de estadística no paramétrica consideraron los errores estándar de las diferencias de densidades de dos redes. El estimador de la probabilidad de las diferencias en la densidad de las redes se calculó con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{Z_1 - Z_2}{SE.b}$$

Donde T es la probabilidad de las diferencias en las densidades; Z son las diferencias de las densidades entre las redes; y SE.b es el error estándar *bootstrap*.

El Cuadro 8 presenta las diferencias de densidades para las redes analizadas durante los diferentes momentos del monitoreo. Como puede observarse, la transición entre los diferentes momentos implicó diferencias de densidades estadísticamente significativas para todas las redes, con dos excepciones: la transición entre línea base y línea de seguimiento para la red de intercambio en

Oaxaca, y la transición entre línea base y línea de seguimiento para la red de conocimiento en La Guajira. Si bien estos resultados muestran que los procesos de intervención realizados provocaron cambios estadísticamente significativos en la mayoría de las redes, la exploración etnográfica y la aproximación a los contextos locales contribuye a explicar las diferencias fundamentales ocurridas entre las dos regiones: las redes en Oaxaca incrementaron su densidad de manera estadísticamente significativa durante los tres momentos, mientras que en La Guajira se observó un decrecimiento estadísticamente significativo de la densidad de las redes durante los dos momentos.

Cuadro 8. Diferencias en densidades para las redes de difusión de innovaciones con moringa pareadas por momentos de la encuesta para el análisis de redes sociales en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020), y Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).

Red	Región	Momento	Diferencia en densidades ($p < 0.05$)
Conocimiento	Oaxaca	Línea base - Seguimiento	0.0436*
		Seguimiento - Línea final	0.0068*
	La Guajira	Línea base - Línea final	0.0166*
		Línea base - Seguimiento	0.0628
Colaboración	Oaxaca	Línea base - Seguimiento	0.0010*
		Seguimiento - Línea final	0.0002*
	La Guajira	Línea base - Línea final	0.0002*
		Línea base - Seguimiento	0.0002*
Intercambio	Oaxaca	Línea base - Seguimiento	0.0732
		Seguimiento - Línea final	0.0006*
	La Guajira	Línea base - Línea final	0.0066*
		Línea base - Seguimiento	0.0390*

* Diferencias estadísticamente significativas.

En efecto, las actividades realizadas para difundir innovaciones con base en moringa en Oaxaca resultaron en cambios significativos de sus estructuras, aumentando progresivamente la densidad y por tanto el flujo de información durante los tres momentos analizados. Solamente en la red de intercambio puede observarse que la diferencia en densidades es estadísticamente significativa a partir del segundo momento, correspondiente a la transición entre línea de seguimiento y línea final, resultado que sugiere que las relaciones de intercambio demandan un periodo más largo para lograr cambios. Esta apreciación es coherente con la necesidad de mayor tiempo para alcanzar redes menos centralizadas observada especialmente en las redes de intercambio, mismas que al implicar la comercialización o el trueque de insumos y productos físicos, deben considerar el tiempo de crecimiento y producción de la planta.

En La Guajira, el decrecimiento progresivo en las densidades de las redes observado durante la transición entre el primero y el segundo momento es estadísticamente significativo en todos los casos, con excepción de la red de conocimiento. Tal disminución en las densidades se da a pesar del aumento destacado tanto de actores como de relaciones en todas las redes (Figuras 15, 16 y 17) y puede explicarse justamente por el incremento en el número de actores durante la línea de seguimiento: en ese momento los nuevos participantes iniciaron su proceso de aprendizaje con la planta y no reportaron relaciones ni de colaboración ni de intercambio con base en la moringa. Una explicación ante dicha ausencia de relaciones iniciales reportada por los nuevos participantes, consiste en que provinieron de diferentes comunidades, distantes entre sí, en donde no había previamente moringas. Estos resultados son coherentes con el incremento en los índices de centralización para las mismas redes. Por su parte, la transición entre línea base y línea de seguimiento también implicó una reducción en las densidades de las redes de conocimiento, misma que no fue estadísticamente significativa, lo cual sugiere que a pesar del aumento

de actores y relaciones, se mantuvieron los vínculos con unos pocos nodos centralizados que dominaban las relaciones y a diferencia de lo ocurrido en el segundo momento de la red de colaboración, no destacó la presencia de nodos sueltos o sin relaciones.

4. DIFUSIÓN DEL CULTIVO DE MORINGA COMO ALTERNATIVA AGROFORESTAL EN OAXACA, MÉXICO

Highlights

- La introducción de cultivos agroforestales se beneficia de procesos etnográficos.
- Procesos de intervención agroforestal demandan al menos dos años de acciones continuas.
- Particularmente, la difusión de conocimientos mediante procesos de colaboración puede desarrollarse en el corto plazo.
- El intercambio y comercio de productos agroforestales es el aspecto cuyo desarrollo demanda mayor tiempo.
- La introducción de cultivos agroforestales demanda presencia constante de agentes externos en sus primeros años.

Resumen*

El cultivo de moringa puede contribuir a la diversificación agrícola y la solución de problemáticas de familias rurales vulnerables en tierras secas. Se propuso analizar el proceso de difusión de innovaciones con base en moringa en comunidades rurales, estimando cambios en las tasas de adopción de innovaciones (TAI) y en las estructuras de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio, durante el periodo 2018-2020, para contribuir a la diversificación agrícola. Innovaciones con moringa fueron promovidas mediante un proceso de intervención consistente en la propagación de la planta, parcelas demostrativas, talleres participativos, etnografía y análisis de redes sociales. Cambios en las TAI evidenciaron un proceso de validación por parte de los productores. Cambios en la red de conocimiento señalaron la integración de actores y el incremento de las relaciones entre ellos. Los procesos de colaboración entre actores se fortalecieron conforme transcurrió la intervención. Se concluye que las relaciones de intercambio demandan mayor tiempo para conformar de estructuras de decisión compartida. Durante la intervención

* Tesis de Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo. Autor: Reylbeck Leonardo Mercado Vacca. Director: Dr. Joel Pérez Nieto. Codirector: Dr. Roberto Rendón Medel.

aumentó la densidad de las redes, disminuyó su centralización y su diversidad progresó hacia la homofilia, indicando menor dependencia de actores externos. Destaca el interés de los participantes en el potencial medicinal de la moringa.

Palabras clave: Aprendizaje-acción participativa, etnografía, redes sociales, innovación.

Abstract

Moringa cultivation can contribute to agricultural diversification and to the solution of challenges faced by vulnerable farmers in tropical drylands. An analysis of the diffusion process of moringa-based innovations among rural communities was proposed, considering changes in the rates of innovation adoption (TAI), as well as in the structure of knowledge, collaboration and commerce networks during the 2018-2020 period towards contributing to agricultural diversification. Moringa-based innovations were promoted through an intervention process involving plant propagation, demonstration plots, participative workshops, ethnography and Social Network Analysis. Changes in the TAI revealed a validation process performed by local farmers. Changes in the knowledge network indicated an integration between local actors and the growth of relations among them. Processes of collaboration among actors were strengthened during the intervention. It is concluded that relations of commerce demand more time in order to achieve shared decision structures. During the intervention, networks density increased, networks centralization decreased and networks diversity evolved towards homophily, revealing less dependence on external actors. Stands out the interest of local farmers in the medicinal potential of moringa.

Keywords: Participatory Learning and Action, ethnography, social networks, innovation.

4.1. Introducción

Las tierras secas ocupan el 41% de la superficie terrestre del planeta y sufren particularmente las consecuencias del cambio climático antrópico (EM, 2005a). Las zonas secas, en conjunto, se encuentran ampliamente afectadas por la

desertificación, la pérdida de biodiversidad, la pobreza y la inseguridad alimentaria (FAO, 2015). La agroforestería, como mecanismo conveniente para la implementación de la agricultura multifuncional, constituye una alternativa para contribuir a la regeneración de agroecosistemas degradados y a la seguridad alimentaria de grupos humanos vulnerables. Para ello es esencial la diversificación de la producción agrícola (Leahey, 2012).

En este contexto, la experimentación e innovación con especies introducidas como la moringa representa una oportunidad para la diversificación agrícola desde el enfoque agroforestal y multifuncional. Es un árbol de usos múltiples con potencial para contribuir al mejoramiento de factores ambientales, sociales y económicos, que muestra adaptación a zonas secas (Daba, 2016; Kumar *et al.*, 2017; Sawsan *et al.*, 2017, Korsor *et al.* 2019).

La moringa es una de trece especies conocidas de *Moringa*, único género de la familia *Moringaceae*. Es árbol de rápido crecimiento y tolerante a la sequía, nativo del norte de India, actualmente distribuido por las regiones tropicales, subtropicales y secas del mundo (Fuglie, 2001; Olson, 2001; Martín *et al.*, 2013).

La planta provee múltiples opciones de aprovechamiento. Crece en suelos poco fértiles y pobres en materia orgánica. No es una especie invasiva, pues no existen registros de su naturalización (Olson y Fahey, 2011). Su establecimiento es útil en sistemas agroforestales: como forraje, para linderos y cercas vivas, cortinas rompevientos, barreras vivas para terrazas en laderas, producción de abono y fertilizantes (Folkard y Shuterland, 1996; Olson y Fahey, 2011; Magaña, 2012; Nouman *et al.*, 2014).

La moringa es un recurso eficiente para contribuir a la seguridad alimentaria de poblaciones vulnerables; aporta hierro, calcio, potasio, vitaminas A, B y C, compuestos antioxidantes y proteínas con aminoácidos esenciales (Nambiar *et al.*, 2003; Zongo *et al.*, 2013; Gopalakrishnan *et al.*, 2016; Rani y Arumugam, 2017; Oyeyinka y Oyeyinka, 2018).

Investigaciones previas sobre difusión de innovaciones con moringa incluyen un estudio sobre su adopción desde la perspectiva teórica de Rogers (Fahey y Thurber, 2009) y abordan factores socioeconómicos para su adopción en comunidades rurales de Nigeria y Benin (Adeloye, 2014; Ajayi y Adeyeme, 2016; Tor *et al.*, 2017; Gandji *et al.*, 2018). En México destaca “Del patio al plato: grado de adopción de la moringa en comunidades rurales de Veracruz”, trabajo que promueve la moringa como contribución a la seguridad alimentaria (Campos-Reyes *et al.*, 2017).

En México existen estudios sobre innovación participativa con grupos étnicos diversos (Mata *et al.*, 2007; Gonzales, 2008). Otros trabajos exploran la creación de indicadores y el análisis de redes de innovación rural (Aguilar *et al.*, 2010; Díaz y Rendón, 2011; Rendón y Aguilar, 2013; Aguilar-Gallegos *et al.*, 2016), cuyos fundamentos son aplicados en la difusión de innovaciones agroalimentarias (Cano-Reyes *et al.*, 2015).

Generar la introducción de la especie requiere una oferta inicial suficiente de semillas y plántulas para que productores participantes inicien la difusión y luego puedan ser autónomos en la producción de moringa. La difusión requiere sistemas de demostración eficiente de prácticas de manejo en campo e implica la capacitación de productores mediante talleres con enfoque participativo y de pensamiento crítico. Adicionalmente, la etnografía, mediante trabajo de campo

prolongado, observación participante y entrevistas a profundidad, permite una aproximación minuciosa a la cotidianidad y problemáticas de las comunidades, ofreciendo perspectivas sobre un contexto complejo útil para interpretar los datos obtenidos mediante las encuestas que alimentan el ARS y por tanto, para tomar decisiones conducentes a fortalecer las redes de innovación.

El objetivo de la investigación fue analizar el proceso de introducción del cultivo de la moringa en comunidades rurales, estimando los cambios en la difusión de innovaciones y en la estructura de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio, durante el periodo 2018 - 2020. La hipótesis central consideró que bajo un proceso de aprendizaje participativo, los cambios en la difusión de innovaciones inician con un dinamismo provocado por agentes externos y evolucionan hacia un mayor protagonismo de los productores locales.

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Municipios integrados en la promoción del cultivo de moringa

El análisis de procesos de difusión de innovaciones con base en el aprovechamiento de moringa se realizó entre familias rurales que padecen inseguridad alimentaria en los municipios de Yaxe y Santiago Apóstol, en la región Valles Centrales del estado de Oaxaca, México. Su clima predominante es semicálido del grupo C isotermal con distribución de la temperatura tipo Ganges [(A) C(w"o) (w) a (i') g] (García, 1973) y su fisiografía comprende lomerío con llanuras en Yaxe y valles de laderas tendidas con lomeríos en Santiago Apóstol (INEGI, 2005); ambos municipios presentan fuerte influencia cultural zapoteca.

Yaxe cuenta 2,789 habitantes y su actividad económica principal es la producción de maíz, hortalizas y mezcal artesanal. Santiago Apóstol, con 3,995 habitantes destaca en la producción de maíz, hortalizas y flores. El rezago social en ambos municipios es “muy alto” y sus tasas de inseguridad alimentaria superan el 60 % en Yaxe y el 35 % en Santiago Apóstol (SEDESOL, 2016).

4.2.2. Innovaciones promovidas en los municipios intervenidos

Las innovaciones en el proceso de difusión de moringa incluyeron aspectos técnicos de cultivo, usos en alimentación animal y humana, cercas vivas, regeneración de suelos, uso medicinal, suplemento nutricional y uso en generación de ingresos por venta de semillas y hoja seca.

Acorde con Campos-Reyes *et al.* (2017), se realizaron talleres participativos sobre las innovaciones propuestas que enfatizaron el intercambio de saberes, asimismo las personas sembraron y usaron las plantas incorporando para ello sus propios conocimientos. Se realizaron diez talleres, cinco en cada municipio, considerando desde los cuidados iniciales de la planta y el tratamiento de la semilla, hasta la valoración del potencial forrajero, nutricional, alimenticio y económico de la planta.

Las acciones realizadas para fomentar la difusión de moringa y las innovaciones que se buscaba fomentar fueron las siguientes.

Propagación local de moringa. Se estableció un vivero con 3,500 plantas en Yaxe para distribuir las en ambos municipios. Los viveros de pequeños productores les otorgan facilidades de entrenamiento (Roshetko *et al.*,

2010).

Demostración de prácticas de manejo. De acuerdo con Rendón *et al.*, (2016) se establecieron dos módulos demostrativos agroforestales en agricultura de conservación, uno con moringa y maíz, y otro de moringa con alfalfa y maíz, también cuatro parcelas demostrativas de moringa como cercas vivas, como un medio importante para la transferencia de tecnología, en ellos se probaron, ajustaron, validaron, difundieron y transfirieron las nuevas prácticas

Aprendizaje-acción participativa. La concertación de los talleres se realizó con la colaboración de los ayuntamientos locales, que facilitaron la promoción e infraestructura para implementarlos. El diálogo con los participantes fue primordial para modificar énfasis y contenidos de los talleres, adecuándolos a sus intereses y necesidades. Los talleres de capacitación buscaron fomentar el diálogo intercultural, la participación y pensamiento crítico de los asistentes y su acción consecuente para contribuir a la satisfacción de sus necesidades concretas (Pérez y Argueta, 2011; Téllez y Ramírez, 2013; Mejía, 2016; Minga, 2016; Pretty *et al.*, 1995). Con los talleres se buscó el consenso entre el conocimiento técnico-científico y los conocimientos campesinos, para experimentar con las innovaciones propuestas de manera que sean de utilidad práctica para las familias participantes en el proceso de difusión de innovaciones.

Exploración etnográfica. De acuerdo con Restrepo (2016), la exploración etnográfica buscó describir articulaciones entre las prácticas y los significados que las mismas tienen para grupos humanos particulares sobre un tema concreto: en este caso, la moringa como alternativa agroforestal. El método etnográfico incluyó temporadas de convivencia prolongadas del investigador con las familias rurales, observación

participante, diarios de campo y entrevistas estructuradas a productores clave. Implicó una inmersión relativamente constante en las dinámicas cotidianas de la gente que colaboró con la investigación. La integración de la exploración etnográfica complementó el análisis de redes sociales (ARS), pues Díaz y Rendón (2011) señalan que las principales desventajas del enfoque de ARS como herramienta para el estudio de la difusión de innovaciones en la agricultura consisten en la complejidad y heterogeneidad del entorno rural, que implica relaciones económicas, sociales, culturales y políticas, así como el conocimiento tácito de los agricultores.

4.2.3. Análisis de redes sociales

El proceso de difusión de la moringa se monitoreó en tres momentos: línea base, seguimiento y línea final. El monitoreo y valoración de dicho proceso se basó en el ARS. El Cuadro 9 muestra las fechas de monitoreo y el número de productores integrados por municipio.

Cuadro 9. Número de participantes por municipio encuestados para el análisis de redes sociales en Oaxaca.

Municipio	Línea base	Seguimiento	Línea final
Yaxe	abril 2018	octubre 2018	febrero 2020
	40	82	115
Santiago Apóstol	abril 2018	noviembre 2018	marzo 2020
	10	40	60

El proceso de intervención integró la participación con productores, las demostraciones en campo y la presencia en comunidades y motivó el aumento en el número de productores interesados en la moringa como opción agroforestal.

Las redes identificadas en la investigación se construyeron a partir de las siguientes preguntas:

Red de conocimiento: ¿De quién aprendió sobre el cultivo de moringa?

Red de colaboración: ¿A quién consulta en cuestiones agrícolas? ¿A quién considera que puede interesarle cultivar moringa?

Red de intercambio: ¿A quién compra o intercambia semillas e insumos para producir moringa? ¿A quién vende o intercambia su producción?

Para monitorear el comportamiento de las relaciones de conocimiento, colaboración e intercambio, se emplearon indicadores de redes sociales adaptados a procesos de innovación rural.

Índice de centralización. Este índice se determinó de acuerdo con Freeman (1979) en función de la concentración de relaciones que tuvieron los nodos de la red aplicando la siguiente fórmula:

$$C = \sum (D - d) / [(N - 1)(N - 2)]$$

Donde D es el grado máximo de un actor en la red, d es el grado de cada uno de los actores en red y N es el número de actores en la red. El indicador toma valores de 0 a 100%. Valores tendientes a 0 indican una red no centralizada y valores cercanos a 100 señalan una red centralizada. Una red centralizada está dominada por uno o muy pocos nodos centrales, si alguno de esos nodos es removido, la red se fragmenta rápidamente.

Diversidad de actores. El E-I index que da cuenta de la relación entre lazos externos (E) e internos (I) se calculó mediante:

$$E - I \text{ index} = \frac{E - I}{E + I}$$

Los valores posibles van de -1, indicando la predominancia de lazos internos, denominado homofilia; a +1 señalando la dominancia de lazos externos, llamado comportamiento heterofílico (Krackhardt y Stern, 1988). El comportamiento homofílico o heterofílico puede orientarse en función de lo que se pretenda lograr en un momento determinado: homofílico para consolidar un proceso, heterofílico para favorecer información externa que promueva cambios o innovaciones.

Diferencia en densidades. La prueba estadística para estimar las diferencias entre densidades de redes simétricas se realizó mediante el procedimiento propuesto por Snijders y Borgatti (1999), quienes se basaron en estadística no paramétrica para tomar los errores estándar de las diferencias de densidades de dos redes. Así, el estimador de la probabilidad de las diferencias en la densidad de las redes se calculó mediante:

$$T = \frac{Z1 - Z2}{SE.b}$$

Donde T es la probabilidad de las diferencias en las densidades; Z son las diferencias de las densidades entre las redes; SE.b es el error estándar bootstrap.

El análisis de redes sociales se realizó empleando NetDraw (Borgatti *et al.*, 2002) y Ghephi para el análisis gráfico. El cálculo de indicadores se realizó utilizando Ucinet 6.288 (*Ibid.*).

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Cambios en la adopción de innovaciones

Los cambios en las Tasas de Adopción de Innovaciones (TAI) observados (Figura 10) son resultado de la curva de aprendizaje y de la selección de ciertas prácticas en función de los intereses de los productores. En la mayoría de los casos, las innovaciones presentan un incremento en la línea de seguimiento con relación a la línea base; en la línea final se observa una disminución con respecto a la línea de seguimiento. Así, el incremento en la TAI en el primer periodo se considera un proceso de validación que resulta en la TAI de línea final.

Al respecto, diez productores clave entrevistados a profundidad señalaron que los principales desafíos encontrados para el cultivo son su necesidad de agua constante durante los primeros meses de establecimiento, las hormigas arrieras y el escaso mercado para su comercialización. Argumentan que por ello, innovaciones que requieren la siembra masiva de moringa disminuyeron entre el segundo y el tercer momento, mientras que el uso medicinal para autoconsumo, que requiere pocos árboles por familia, continúa incrementando. Según Rogers (1983) la difusión de innovaciones puede llevar a su adopción o bien a su discontinuación, reinención o rechazo, siguiendo un proceso racional y de conveniencia para los participantes, quienes en este caso, prefieren asegurar unos pocos árboles que les aprovisionen de semillas suficientes para sembrar más árboles cuando sea oportuno, por ejemplo en un año con buenas lluvias.

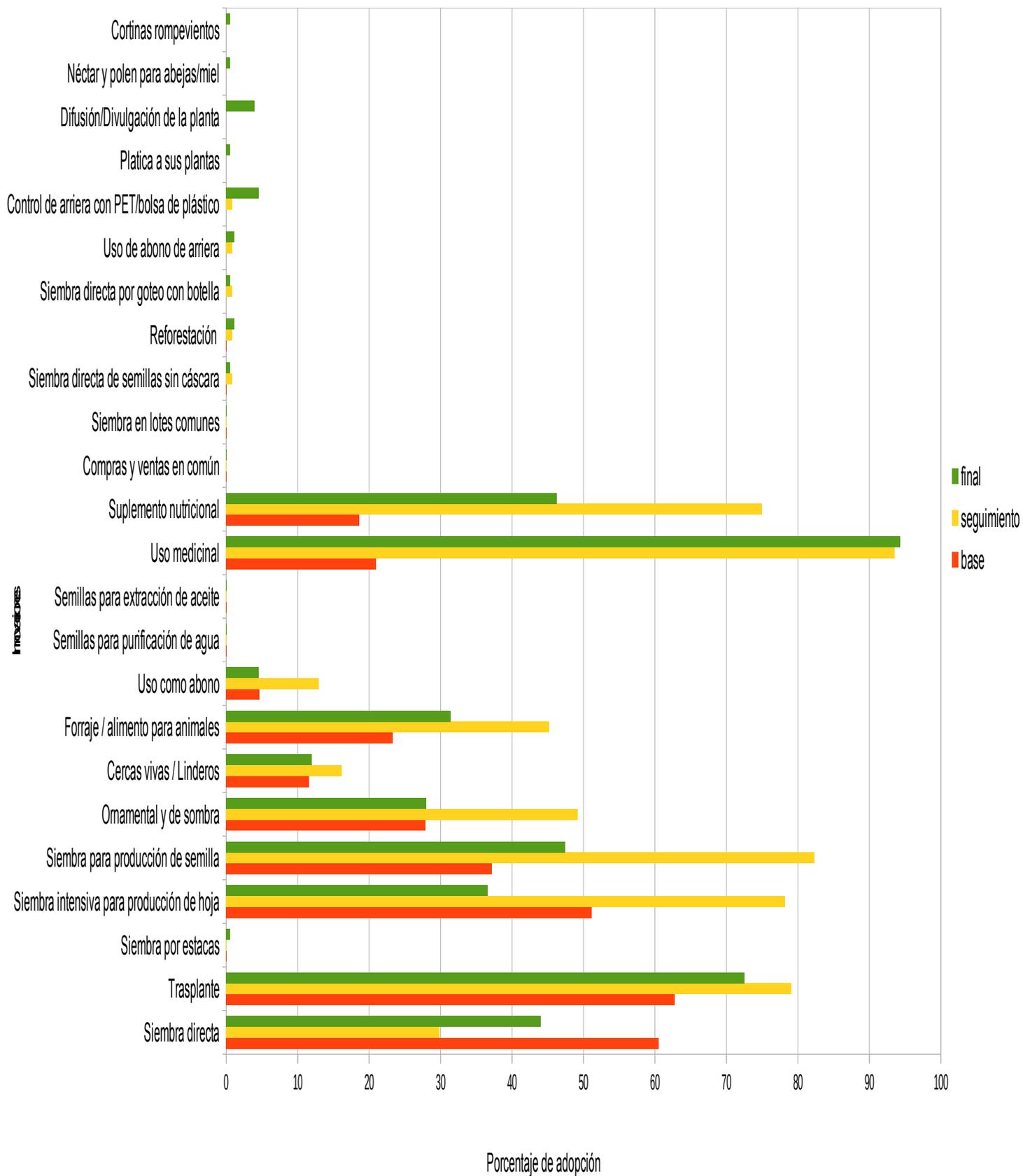


Figura 10. Cambios en la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI) con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).

4.3.2. Cambios en la estructura de las redes

La red de conocimiento (Figura 11) presenta en la línea base una estructura de tipo centralización única y en la línea final una estructura de decisión compartida. Para Rendón y Aguilar (2013) estas estructuras señalan, en la línea base, la dependencia inicial al conocimiento aportado por un actor; en la línea final se observan varios actores como proveedores de información.

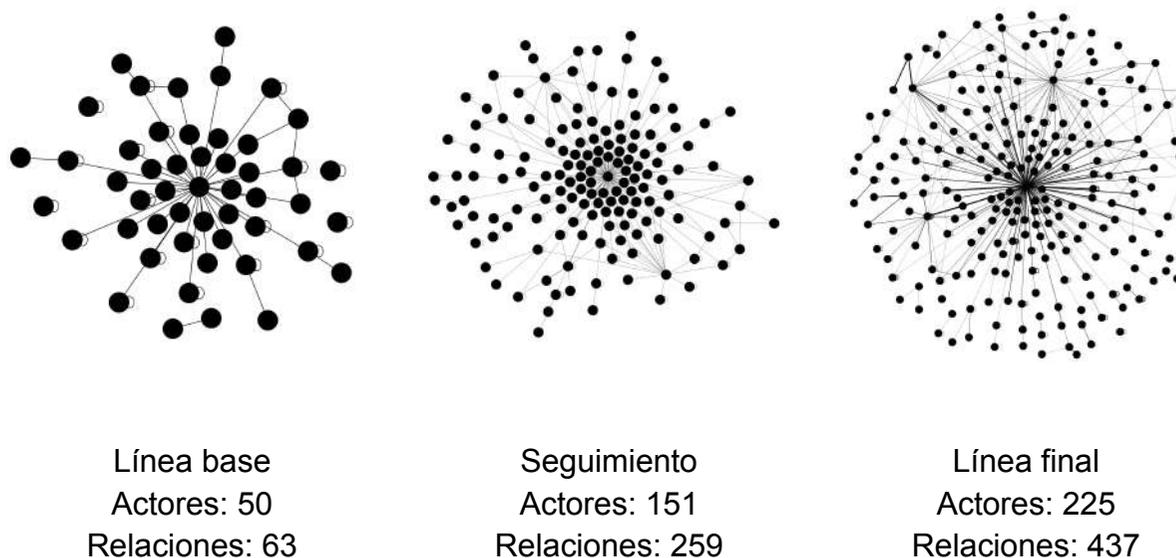


Figura 11. Cambios en la estructura de la red de conocimiento para innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).

Los cambios en la red de conocimiento señalan tanto la integración de actores como el incremento en las relaciones entre ellos. Estos cambios se atribuyen tanto a los procesos de aprendizaje - acción participativa y acompañamiento empleados durante la intervención, como al desempeño de los actores más innovadores quienes son también fuente de información y difusión de innovaciones entre sus pares.

En la Figura 12, referida a la red de colaboración, la línea base presenta una estructura difusa y va integrándose hacia una estructura saturada. Esto indica que los procesos de colaboración van fortaleciéndose entre los actores conforme transcurre la intervención. Así, la colaboración demanda un periodo de construcción de relaciones.

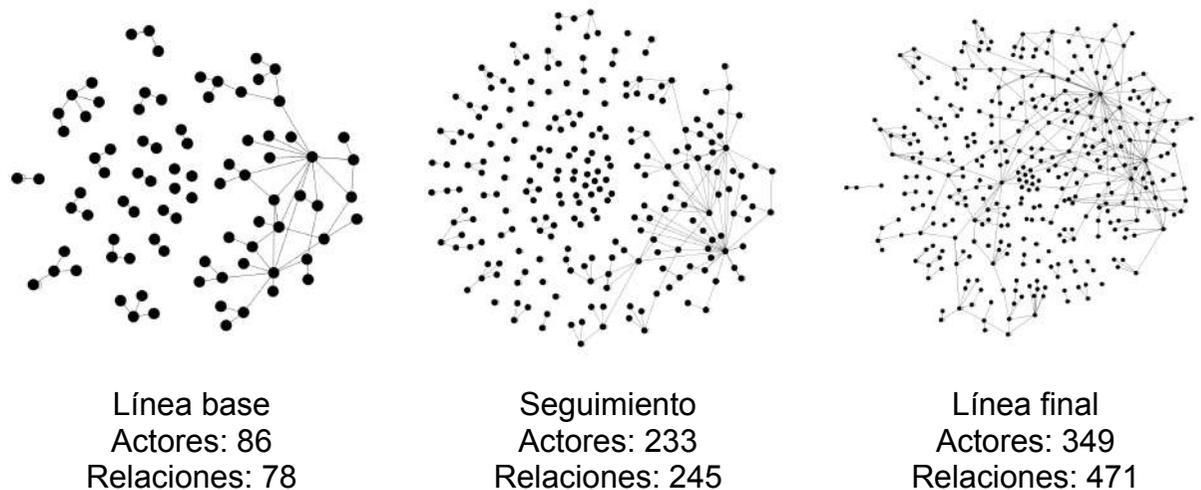


Figura 12. Cambios en la estructura de la red de colaboración para innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).

El incremento en las relaciones de colaboración se atribuye al proceso de intervención constante, al dinamismo de actores clave y, según diez participantes entrevistados a profundidad, a las múltiples opciones de aprovechamiento de la planta, que llaman su atención especialmente como alternativa medicinal para controlar la hipertensión y la hiperglucemia, lo cual habría que corroborar científicamente, y como alternativa forrajera.

La red de intercambio (Figura 13) presenta un incremento en el número de nodos y relaciones, pero mantiene la conformación de una red centralizada. Lo anterior

sugiere que las relaciones de intercambio demandan mayor tiempo para la conformación de estructuras de tipo decisión compartida.

Inicialmente el intercambio de materiales y productos de moringa era escaso; prácticamente una relación por actor. En la línea final, el incremento en las relaciones da cuenta de un proceso más dinámico. Este incremento se atribuye a factores externos como la creciente popularidad de la moringa en el mercado regional vecino de Ocotlán de Morelos y a características de la planta que, dado su rápido crecimiento, permite la cosecha de hojas y semillas un año después de la siembra.

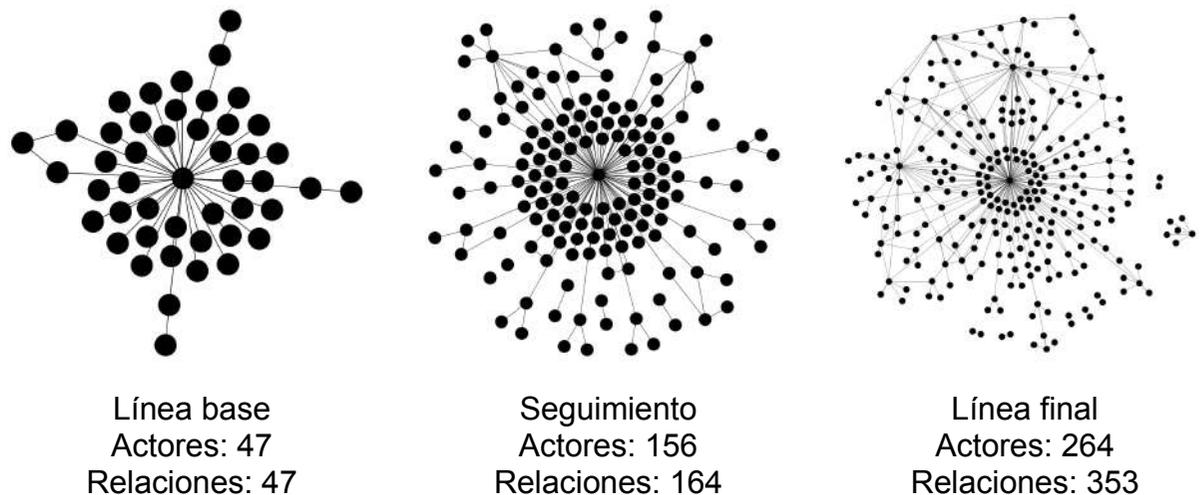


Figura 13. Cambios en la estructura de la red de intercambio para innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).

Visualmente, las redes presentan cambios en sus estructuras durante el proceso de intervención. Estos cambios se relacionan con los indicadores referidos a la centralización y a la diversidad de relaciones (Cuadro 10). En las tres redes se observa una disminución en la centralización, lo que sugiere que nuevos actores

participan en relaciones de conocimiento, colaboración e intercambio reduciendo la dependencia a los actores que inicialmente centralizaban estas relaciones.

Cuadro 10. Cambio en los indicadores de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).

Red	Indicador	Línea base (abr. 2018)	Seguimiento (nov. 2018)	Línea final (feb. 2020)
Conocimiento	Centralización	72.45	69.9	58.16
	Diversidad	.833	.688	.461
Colaboración	Centralización	12.38	9.31	8.91
	Diversidad	-.216	-.373	-.437
Intercambio	Centralización	90.82	71.38	49.22
	Diversidad	.872	.620	.169

La diversidad, en las tres redes, tiende hacia un valor más cercano a -1, indicando un mayor comportamiento homofílico. Así, las relaciones entre productores tienden a incrementarse en mayor proporción que las relaciones de productores con entidades externas, mismas que promovieron inicialmente el cultivo de moringa.

Las redes de conocimiento y de colaboración presentaron diferencias en densidades en los tres momentos (Cuadro 11). Significa que las redes son estadísticamente diferentes y que los procesos realizados provocaron cambios positivos en sus estructuras, mismos que indican un incremento significativo en las densidades durante los tres momentos de ambas redes.

Las diferencias en densidades de la red de intercambio son significativas solo después del periodo de seguimiento (Cuadro 11). Esto implica que las relaciones de intercambio demandan un periodo mayor para observar cambios, a diferencia de las redes de conocimiento y colaboración donde los cambios ocurren desde el primer periodo.

Cuadro 11. Diferencias en densidades para las redes de difusión de innovaciones con moringa pareadas por momentos de la encuesta para el análisis de redes sociales en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 - 2020).

Red	Momento	Diferencia en densidades ($p < 0.05$)
Conocimiento	Línea base - Seguimiento	0.0436*
	Seguimiento - Línea final	0.0068*
	Línea base - Línea final	0.0166*
Colaboración	Línea base - Seguimiento	0.0010*
	Seguimiento - Línea final	0.0002*
	Línea base - Línea final	0.0002*
Intercambio	Línea base - Seguimiento	0.0732
	Seguimiento - Línea final	0.0006*
	Línea base - Línea final	0.0066*

* Diferencias estadísticamente significativas. Fuente: elaboración propia.

Las relaciones de intercambio representan, al final, la posibilidad para los productores de obtener ingresos por la producción de moringa. La similitud de esta red en los primeros momentos señala que los beneficios monetarios de la moringa como alternativa comercial comienzan a observarse hasta la línea final, esto a pesar del desánimo de cinco productores entrevistados a profundidad, quienes manifestaron no encontrar mercado para su producción.

4.4. Conclusiones

La difusión de innovaciones durante un periodo de dos años pasó por un proceso de validación de los productores en tres momentos: línea base, seguimiento y final. Se inició con un incremento en el número de adoptantes en los primeros momentos y concluyó con un valor mayor que al principio de la intervención en el tercer momento, pero menor al de los productores que probaron las innovaciones preferidas en el segundo momento. La adopción no puede estimarse por el cambio de adoptantes en los dos primeros momentos de la intervención, sino hasta después de que los productores conocen, prueban y deciden repetir cierta innovación como parte de su lógica de producción.

Las estructuras de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio mostraron un incremento en el número de actores y de relaciones entre ellos, una disminución en la centralización y una tendencia a desarrollar mayores relaciones entre productores. Las relaciones de intercambio demandan un mayor periodo para provocar diferencias significativas. En la red de conocimiento y colaboración las diferencias estadísticas se observan desde el momento del seguimiento.

5. DIFUSIÓN DEL CULTIVO DE MORINGA COMO ALTERNATIVA AGROFORESTAL EN LA GUAJIRA, COLOMBIA

5.1. Introducción

De manera análoga a lo expuesto en el capítulo anterior y con fines comparativos, se desarrolló un proceso de intervención para la difusión de moringa en áreas rurales de dos municipios colombianos en el Departamento de La Guajira, al norte del país, mismos que se caracterizan por la alta vulnerabilidad de la población rural que los habita: comunidades indígenas u originarias pertenecientes a la etnia wayúu. A diferencia del trabajo llevado a cabo en Oaxaca, el proceso de intervención en Colombia solo contó con dos momentos para el monitoreo y análisis de redes sociales: línea base y seguimiento.

El trabajo se realizó en colaboración explícita con la Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas Wayúu Shipia Wayúu, organización conformada por cerca de 500 comunidades locales (llamadas rancherías), las cuales constituyen la asociación comunitaria más numerosa de la región. El apoyo e interés de la Asociación fueron indispensables para el diseño conjunto y la aplicación de estrategias que hicieron posible iniciar el proceso de intervención para la difusión de innovaciones con *Moringa oleifera* entre las familias participantes del estudio, con el propósito de contribuir a su diversificación agrícola y al acceso a nuevas fuentes de alimentación e ingresos, así como de regeneración ecológica.

5.2. Materiales y métodos

La experiencia de intervención para la difusión de innovaciones con base en moringa realizada con familias rurales de Oaxaca fue replicada en La Guajira, de manera que los materiales y métodos son idénticos.

5.2.1. Municipios integrados en la promoción del cultivo de moringa

El análisis de procesos de difusión de innovaciones con base en el aprovechamiento de moringa se realizó entre familias rurales que padecen inseguridad alimentaria en los municipios de Manaure y Uribia, al norte del Departamento de La Guajira, Colombia. Se trata de una región árida y semiárida, con planicies y dunas de alta salinidad, un régimen bimodal de lluvias y deficiencia hídrica durante todo el año. Manaure cuenta con 103,961 habitantes y en el municipio habitan 680 comunidades wayúu. Uribia, con 174,287 habitantes, cuenta en su territorio con 644 comunidades indígenas wayúu (DANE, 2015).

5.2.2. La gente wayúu y su territorio: el contexto local

El territorio ancestral de las comunidades indígenas wayúu se localiza en la Península de la Guajira y comprende ambos lados de las fronteras estatales entre Colombia y Venezuela, en el extremo norte de América del Sur. La Alta Guajira es la región más seca del país, con precipitaciones de menos de 200 mm anuales (Villalobos *et al.*, 2007). La gente wayúu constituye el grupo étnico originario más numeroso de Colombia. Vásquez y Correa (2000) mencionan las características principales de la etnia wayúu:

Pueblo de pastores y de pescadores, aún combina estas actividades con la caza-recolección y la horticultura, heredadas de sus antecesores prehispánicos. Junto a ellas, el comercio, los tejidos, eje de las actividades domésticas; la cerámica, cada vez más en desuso; la explotación de la sal y de algunos otros recursos naturales como el yeso y el talco, y el trabajo asalariado, completan el panorama de sus actividades económicas.

La pesca y el pastoreo son los ejes socioeconómicos respectivos de los dos sectores tradicionales principales de la sociedad wayúu [...]. (Vásquez y Correa, 2000: 154)

La gente wayúu vive en comunidades de familias extendidas denominadas rancherías, cuyos jefes o autoridades heredan su estatus por vía matrilineal.

Existen más de tres mil rancherías diseminadas por todo el territorio ancestral (Villalobos *et. al.*, 2007).

El proceso de intervención para difusión de innovaciones con moringa se enfocó en comunidades wayúu dedicadas al pastoreo, que no se encuentran frente al mar. Adultos mayores entrevistados durante el trabajo de campo recuerdan que solía haber dos temporadas de lluvias al año y opinan que los ciclos climáticos han cambiado y ahora es imposible predecir cuándo volverá a llover. En la actualidad falta el agua y por lo tanto la horticultura es prácticamente inexistente. Si bien las fuentes de agua a las que deben recurrir las diferentes rancherías varían (pozos, *jagüeyes*, represas, carro-tanques del gobierno) y se encuentran en medio de las mismas o a kilómetros de distancia, debe reiterarse que el agua escasea dramáticamente en el territorio ancestral de la Nación Wayúu. Esta escasez no permite una agricultura mínima y reduce significativamente el acceso a proteína animal pues incrementa la mortandad del ganado vacuno y caprino. El pastoreo tradicional ha disminuido por la misma razón, mientras que los tejidos de mochilas, hamacas y sombreros para vender a turistas e intermediarios se han convertido en la principal fuente de ingresos de muchas familias.

Extensas zonas rurales de Manaure y Uribia constituyen el territorio de las comunidades étnicas wayuú, mismas que padecen altos índices de desnutrición, mortalidad y pobreza extrema que afectan especialmente a la niñez. Dicha crisis humanitaria se debe básicamente a la falta de agua y a la sequía intensa que afecta el territorio en el último lustro, relacionada tanto con la desertificación y el cambio climático antrópico (ver Capítulo 2), como con el acaparamiento de *Lamuna*, el Río Ranchería, la principal arteria fluvial de la región, por parte de una empresa minera multinacional y contados terratenientes. Miles de infantes han muerto en el último lustro por causas asociadas a la desnutrición. Sin agua, no

hay posibilidades de apelar al patrimonio biocultural y la agricultura tradicional: ya no crece maíz, ni frijol ni sandías, elementos que en la antigüedad constituyeron su dieta tradicional. El pastoreo de chivos tradicional también está al borde del colapso, pues los animales mueren de sed (OXFAM, 2014; UNICEF-FUCAI, 2015; Bonet-Morón y Hahn-De-Castro, 2017).

5.2.3. Innovaciones promovidas en los municipios intervenidos.

Tal como fue expuesto en el capítulo anterior, las innovaciones en el proceso de difusión de moringa incluyeron aspectos técnicos del cultivo, sus usos agroecológicos para alimentación animal, cercas vivas y regeneración de suelos, y su aprovechamiento como suplemento medicinal y nutricional para humanos, así como para la generación de ingresos a las familias participantes por venta de plántulas, semillas y hoja seca.

Las acciones realizadas para fomentar la difusión de innovaciones con base en moringa, también llamadas elementos del proceso de difusión de innovaciones, fueron las siguientes:

Propagación local de moringa. Se establecieron dos viveros, uno con 3,200 plantas en Manaure y otro con 500 plantas en Siapana, zona rural de Uribia, ambos con agua salobre para riego, además de bajas tasas de germinación que obligaron a dos resiembras, la última de ellas con semillas locales. A julio de 2019 se habían repartido 400 plantas en ambos municipios.

Demostración de prácticas de manejo. En La Guajira no se encontraron parcelas agrícolas activas para ubicar módulos demostrativos: dada la

sequía, las huertas estaban abandonadas. Cabe mencionar que se encontraron dos parcelas con cultivos de moringa en las comunidades Siapana y Wayamichón, en zonas rurales del municipio de Uribia, correspondientes a un programa de establecimiento de huertas agrícolas desarrollado por la FAO en 2015, mismo que promovió la moringa como árbol forrajero. De dichas parcelas, la de Wayamichón se encontraba abandonada por falta de agua, mientras que la de Siapana estaba activa y fue propicia tanto para la demostración de prácticas de manejo, como para la obtención de hojas y semillas en el proceso de difusión de innovaciones con moringa en Siapana y comunidades vecinas.

Aprendizaje-acción participativa. En La Guajira, el contexto de aislamiento de las comunidades participantes, la ausencia de electricidad y su precaria red de telecomunicaciones, transporte e infraestructura, exigió adaptaciones metodológicas: allí las Autoridades Tradicionales de cada comunidad convocaron Asambleas para exponer los temas, responder preguntas acordes con las necesidades locales, trasplantar plántulas del vivero y sembrar semillas. Así, se planearon 14 talleres participativos para fomentar las innovaciones propuestas, mismos que enfatizaron el diálogo de saberes y el aprovechamiento de la planta incorporando los conocimientos propios de los participantes. Para algunos productores locales la moringa no era del todo una especie desconocida: en wayuunaiki, lengua de la etnia wayúu, la planta es llamada *waireña* y la gente le atribuye propiedades medicinales para tratar afecciones renales como piedras o “arena” en los riñones, así como problemas urinarios y de la próstata en adultos mayores. Se realizaron nueve talleres en Manaure y cinco en Uribia, adaptados a las condiciones de aislamiento y precariedad tecnológica de las rancherías, y considerando temáticas que abarcaron desde los cuidados iniciales de la planta y el tratamiento de la semilla, hasta la valoración del potencial forrajero, nutricional, alimenticio y

económico de la planta.

Exploración etnográfica. En La Guajira el trabajo de campo ocurrió entre diciembre de 2018 y julio de 2019 con una estancia continua en la cabecera municipal de Manaure (gracias a la hospitalidad de la Asociación Shipia Wayúu) enriquecida con estancias frecuentes de hasta 20 días en comunidades rurales de ambos municipios, como Siapana (Uribia) y San Martín Pulowi (Manaure). Se evidenció la escasez de agua como limitante principal para la difusión de innovaciones, asociada al seminomadismo que no permite la práctica continua de agricultura. Otro limitante destacado es la dificultad de acceso a las comunidades, aisladas entre sí por enormes distancias y escasos medios de transporte. La dependencia alimentaria e insuficiencia de ingresos monetarios contribuyen al hambre y la pobreza generalizadas. La cultura tradicional (evidenciada, por ejemplo, en su sistema normativo propio) y la resiliencia en contextos de discriminación, degradación ambiental y marginación socioeconómica, se percibieron como características predominantes de las comunidades wayúu visitadas.

5.2.4. Análisis de redes sociales

El proceso de difusión de la moringa se monitoreó en dos momentos: línea base y seguimiento. El Cuadro 12 muestra las fechas de monitoreo y el número de productores integrados por municipio.

De manera análoga al trabajo desarrollado en Oaxaca, el proceso de intervención en La Guajira integró la participación con productores, las demostraciones en campo y la presencia en comunidades, y motivó el aumento en el número de productores interesados en la moringa como opción agroforestal. Las redes

identificadas en la investigación se construyeron a partir de las siguientes preguntas:

Red de conocimiento: ¿De quién aprendió sobre el cultivo de moringa?

Red de colaboración: ¿A quién consulta en cuestiones agrícolas? ¿A quién considera que puede interesarle cultivar moringa?

Red de intercambio: ¿A quién compra o intercambia semillas e insumos para producir moringa? ¿A quién vende o intercambia su producción?

Cuadro 12. Número de participantes por municipio encuestados para el análisis de redes sociales en La Guajira.

Municipio	Línea base	Seguimiento
Manaure	marzo 2019	julio 2019
	18	81
Uribe	marzo 2019	julio 2019
	10	71

Para monitorear el comportamiento de las relaciones de conocimiento, colaboración e intercambio, se emplearon indicadores de redes sociales adaptados a procesos de innovación rural, mismos que fueron explicados en el capítulo anterior y que consistieron en:

- Índice de centralización
- Diversidad de actores
- Diferencia en densidades

De igual manera, el ARS utilizó los programas informáticos NetDraw y Ghephi para el análisis gráfico, mientras que los indicadores fueron calculados mediante Ucinet 6.288 (Borgatti *et al.*, 2002).

5.3. Resultados y discusión

5.3.1. Cambios en la adopción de innovaciones

Los cambios observados en las Tasas de Adopción de Innovaciones (TAI) (Figura 14) resultan de los intereses de los productores y consideran el aumento en la cantidad de participantes entre los dos momentos: línea base y seguimiento. Así, por ejemplo, la destacable reducción del interés de los participantes por el uso de la moringa como planta ornamental y de sombra durante el segundo momento (seguimiento), no es resultado de un proceso de validación por parte de los productores, sino consecuencia de la respuesta mayoritaria de los nuevos productores encuestados, cuyo número supera a los encuestados durante el primer momento (línea base), tal como indica el Cuadro 12.

Es de resaltar también la influencia de las condiciones ambientales en la región, en donde la marcada escasez de agua disponible en las comunidades influyó en la preferencia de los participantes hacia el trasplante de plantas ya establecidas en macetas o bolsas y distribuidas por los viveros generados durante el proceso de intervención, en oposición a la siembra directa de semillas, la cual hubiera exigido mayor cuidado de las plántulas por parte de los productores. Por otra parte, el interés destacado de los participantes en los usos medicinales y nutricionales de la planta puede relacionarse con su contexto sociocultural actual, que indica tanto el conocimiento generalizado sobre propiedades medicinales del

árbol para el tratamiento de padecimientos renales y urinarios, como la escasez de alimentos y el hambre que padecen las comunidades, respectivamente.

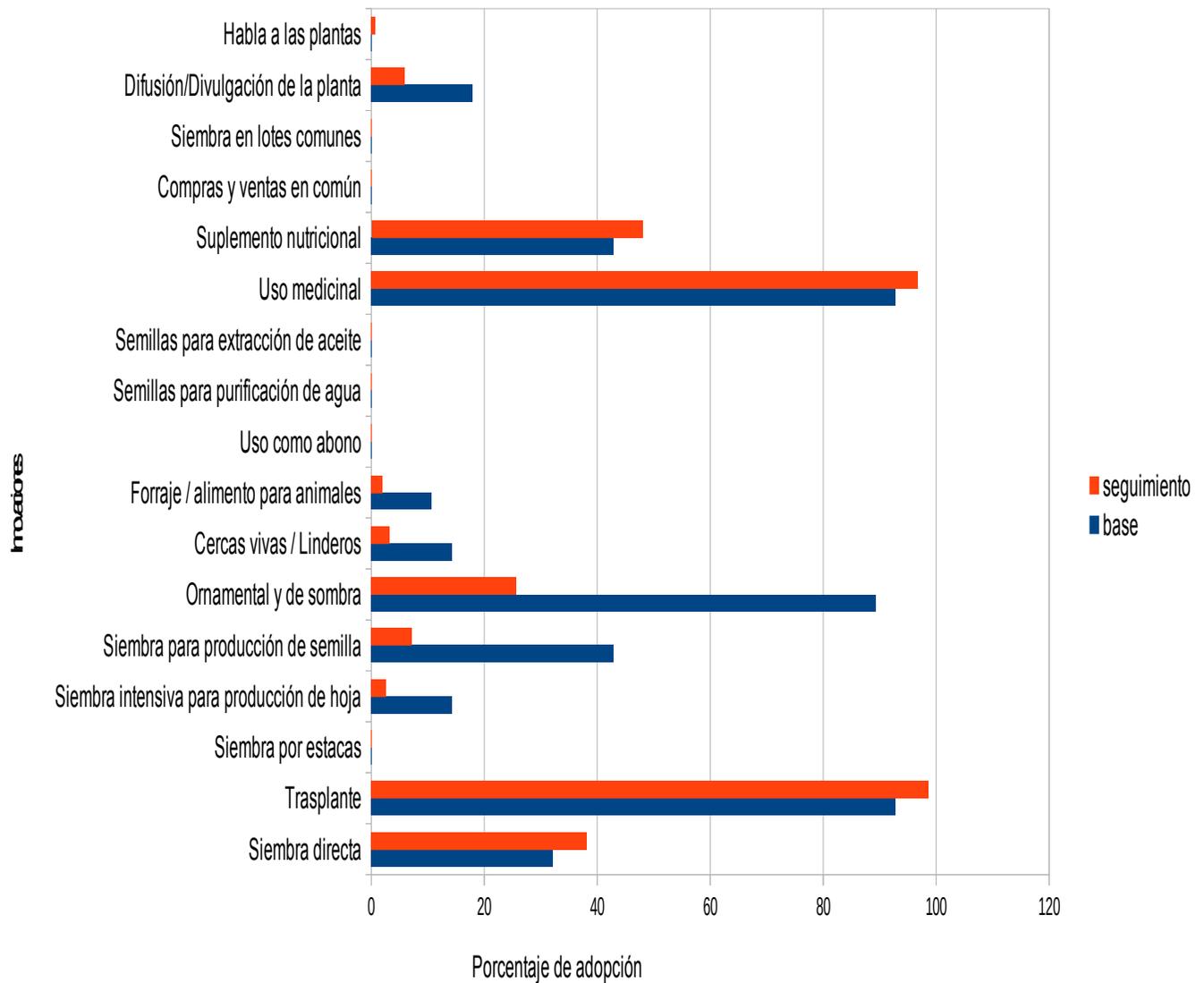
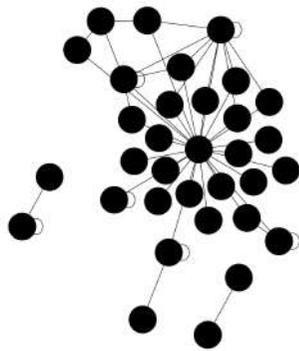


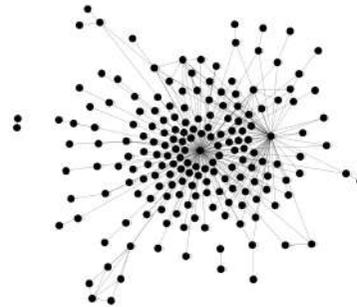
Figura 14. Cambios en la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI) con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).

5.3.2. Cambios en la estructura de las redes

La red de conocimiento (Figura 15) presenta en la línea base una estructura de tipo centralización única y en la línea de seguimiento se nota el avance hacia una estructura de decisión compartida. Ambos momentos indican la dependencia al conocimiento aportado por un actor (en este caso el investigador externo), y si bien la línea de seguimiento presenta un incremento de cerca del 4% en el grado de centralización, se observa un destacado incremento en la cantidad de actores y en las relaciones entre ellos, así como el paulatino fortalecimiento de otros pocos nodos centrales.



Línea base
Actores: 33
Relaciones: 49



Seguimiento
Actores: 184
Relaciones: 386

Figura 15. Cambios en la estructura de la red de conocimiento para innovaciones con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).

En la Figura 16, referida a la red de colaboración, la línea base presenta una red de tipo estructura difusa. En la línea de seguimiento se nota una mayor saturación de la red, pero sin lograr constituirse en una red de tipo estructura saturada, debido a los múltiples nodos “sueños” o sin relaciones que pueden observarse en la parte central de la gráfica, mismos que se explican por el notable incremento en el tamaño de la red en comparación con el primer momento. Esto indica que los procesos de colaboración van fortaleciéndose entre

los actores conforme transcurre la intervención, confirmando que la colaboración demanda un periodo de construcción de relaciones.

El incremento en las relaciones de colaboración se atribuye tanto al aumento de tamaño de la red como al acompañamiento continuo durante el proceso de intervención y al dinamismo de actores clave. Diez participantes entrevistados a profundidad coincidieron en señalar que tanto la tolerancia de la planta a las condiciones de extrema sequía, como sus múltiples opciones de aprovechamiento en el ámbito medicinal, fueron las principales razones que motivaron el interés de los participantes por la moringa, mismo que se vio reflejado en las respuestas a la encuesta que alimentaron la conformación de las redes de colaboración.

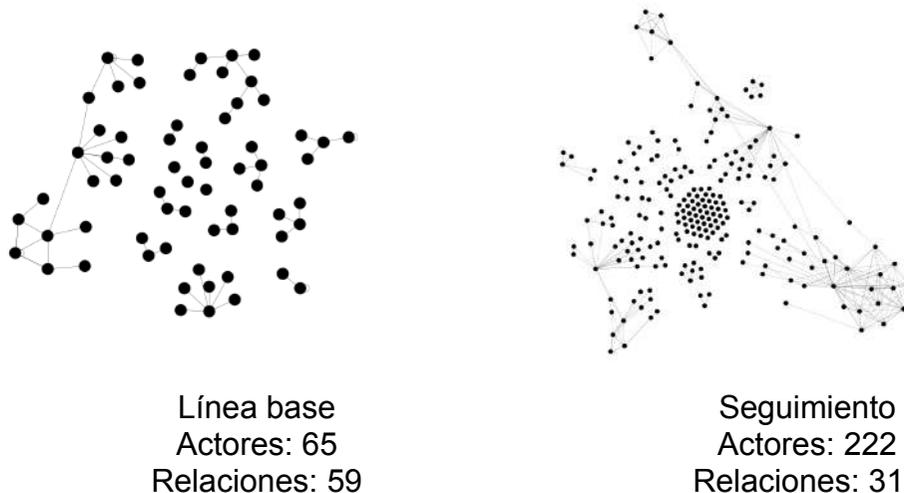


Figura 16. Cambios en la estructura de la red de colaboración para innovaciones con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).

Considerando la dimensión de centralización, la red de comercialización o intercambio (Figura 17) transita desde una configuración más centralizada, aunque no de decisión única, hacia una de tipo decisión compartida. En cuanto al ámbito de estructuración, la misma red presenta la transición desde una

estructura más difusa en la línea base hacia una estructura más saturada en la línea de seguimiento. El incremento destacado en el número de nodos y relaciones contribuye a explicar estos cambios. También lo hace la presencia de actores centrales que dominan la red, mismos que se fortalecieron con el paso del tiempo entre los dos momentos de monitoreo. Dichos actores corresponden principalmente a quienes contribuyeron al mantenimiento de los viveros en sus comunidades y permitieron así el abastecimiento y la distribución de plantas a los demás participantes.

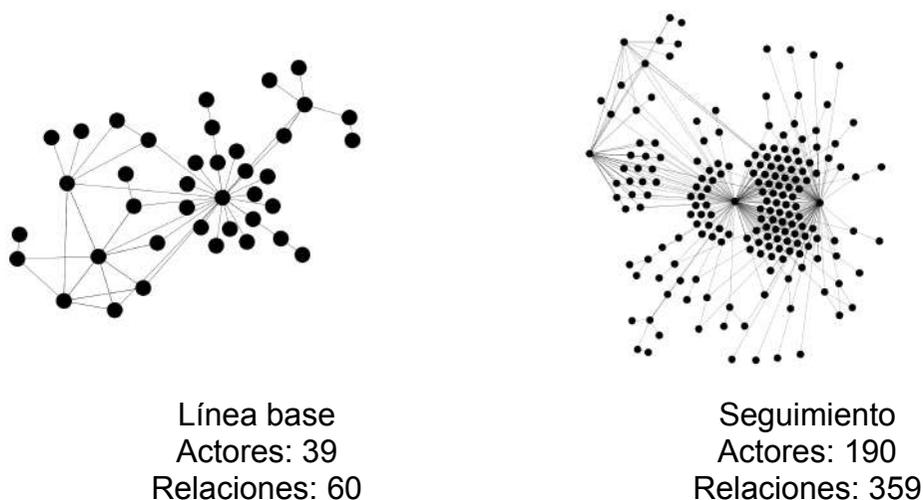


Figura 17. Cambios en la estructura de la red de intercambio para innovaciones con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo - julio 2019).

Visualmente, las redes presentan cambios en sus estructuras durante el proceso de intervención. Estos cambios se relacionan con los indicadores referidos a la centralización y a la diversidad de relaciones (Cuadro 13). En las tres redes se observa un aumento en la centralización, debido esencialmente al notable incremento en el número de actores observado para el segundo momento del monitoreo. Lo anterior sugiere que actores nuevos que superan en número a los encuestados durante la línea base participan en relaciones de conocimiento, colaboración e intercambio, iniciando su proceso de difusión de innovaciones con

dependencia a los actores que ya centralizaban estas relaciones. Cabe recordar que el indicador de centralización toma valores de 0 a 100% en donde valores tendientes a 0 indican una red no centralizada, por tanto las tres redes de colaboración no son centralizadas e indican menor dependencia de uno o pocos actores dominantes.

El indicador de diversidad de actores, toma en cuenta valores que van desde -1, señalando dominancia de relaciones entre tipos de actores más homogéneos (los productores rurales, por ejemplo); hasta +1 indicando la predominancia de relaciones con tipos de actores más heterogéneos (instituciones de gobierno, o investigadores externos). Cabe recordar que el comportamiento homofílico o heterofílico de las redes puede orientarse en función de los objetivos de gestión en un momento determinado: homofílico para consolidar un proceso, heterofílico para acoger información externa que promueva cambios o innovaciones. De acuerdo a la información presentada en el Cuadro 13, tanto la red de conocimiento como la de colaboración muestran un desplazamiento hacia la homofilia, indicando un aumento de las relaciones entre productores para transmisión de información relativa a las innovaciones promovidas. Por su parte, la red de intercambio y comercialización de moringa e insumos transitó hacia la heterofilia, en correspondencia con el incremento del número de actores durante la línea de seguimiento y la dominancia de pocos actores centrales (como el investigador externo) que concentraron en ese momento la oferta de moringa e insumos a los nuevos participantes.

Las redes de colaboración e intercambio presentaron diferencias en densidades estadísticamente significativas en los dos momentos (Cuadro 14). Dichas diferencias indican un decrecimiento estadísticamente significativo según el cual las redes observadas en la línea de seguimiento son menos densas que en la

línea base. Este comportamiento resulta del aumento destacado en el número de actores para el segundo momento, mismos que al iniciar su participación en el proceso de intervención aún no habían tenido oportunidad de desarrollar relaciones de colaboración con base en la planta que apenas comenzaban a conocer, y menos aún de intercambio, pues naturalmente en dicho momento las moringas no habían tenido el tiempo suficiente para ofrecer productos comerciales.

Cuadro 13. Cambio en los indicadores de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio para la difusión de innovaciones con moringa en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo – julio 2019).

Red	Indicador	Línea Base (mar. 2018)	Seguimiento (nov. 2018)
Conocimiento	Centralización	77.82	81.18
	Diversidad	.349	.160
Colaboración	Centralización	10.32	10.51
	Diversidad	-.462	-.602
Intercambio	Centralización	62.23	78.4
	Diversidad	.320	.645

La densidad también disminuyó en los dos momentos para la red de conocimiento, pero este decrecimiento no fue estadísticamente significativo, lo cual se explica por su alta centralización y la escasa presencia de nodos “sueños” o sin relaciones. Cabe recordar que la densidad es un indicador que cuantifica la cantidad promedio de lazos que se crean dentro de cada red, y se refiere a la proporción de todas las relaciones existentes respecto a las relaciones posibles en la red.

Cuadro 14. Diferencias en densidades para las redes de difusión de innovaciones con moringa pareadas por momentos de la encuesta para el análisis de redes sociales en Manaure y Uribia, La Guajira (marzo – julio 2019).

Red	Momento	Diferencia en densidades ($p < 0.05$)
Conocimiento	Línea base – Seguimiento	0.0628
Colaboración	Línea base – Seguimiento	0.0002*
Intercambio	Línea base – Seguimiento	0.0390*

* Diferencias estadísticamente significativas.

5.4. Conclusiones

La difusión de innovaciones fue monitoreada en dos momentos con cuatro meses de diferencia entre ellos: línea base y línea de seguimiento. Durante este periodo se evidenció un incremento significativo en el número de productores participantes que decidieron conocer y probar el cultivo de moringa. Las estructuras de las redes de conocimiento, colaboración e intercambio mostraron un incremento en el número de actores y de relaciones entre ellos.

La centralización aumentó en todas las redes, siendo la red de colaboración la menos centralizada y por tanto la que muestra mayor independencia de uno o pocos actores dominantes. Las redes de conocimiento y colaboración presentaron un incremento de los vínculos entre productores para la transmisión de información relativa a las innovaciones, mientras que la red de intercambio con base en insumos materiales fue en ambos momentos más dependiente de los pocos actores que concentraban entonces la oferta de plantas e insumos para abastecer a los nuevos participantes. Asimismo la densidad de las redes se redujo en todos los casos, con una diferencia estadísticamente significativa en las redes de colaboración e intercambio. Dicho decrecimiento en la densidad de las redes se explica por el aumento destacado en el número de nuevos participantes

durante la línea de seguimiento, quienes reportaron pocas o nulas relaciones con otros actores.

En La Guajira la escasez de agua es limitante central para difundir las innovaciones, aunada al aislamiento e incomunicación de las comunidades rurales. Es deseable el monitoreo de un tercer momento o línea final que permita indagar por el proceso de validación de innovaciones en la región, así como la realización de un análisis comparativo completo con respecto al proceso de intervención para la difusión de innovaciones con moringa en Oaxaca, referido en el Capítulo 4.

6. SÍNTESIS Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las hipótesis planteadas, la caracterización comparativa de los procesos de intervención para la difusión de innovaciones con base en moringa entre familias rurales de los Valles Centrales de Oaxaca, México y de La Alta Guajira, Colombia, reveló efectivamente diferencias que fueron influenciadas por factores ecológicos, agronómicos, socioculturales y económicos diversos, y que resultaron tanto en redes como en procesos de gestión diferenciados para la difusión de innovaciones.

Factores ecológicos y agronómicos condicionaron la difusión de innovaciones con moringa. La experiencia demostró que la planta efectivamente pudo ser propagada y difundida en las dos regiones secas intervenidas, a pesar de que en La Guajira el establecimiento de los viveros fue más desafiante que en Oaxaca tanto por la mayor escasez de fuentes hídricas para riego, como por la salinidad del agua y del suelo. Resultados de evolución de la tasa de adopción de innovaciones (TAI) confirmados e interpretados por la exploración etnográfica tanto en Oaxaca como en La Guajira, fueron coincidentes en revelar que la propagación de moringa por trasplante en oposición a la siembra directa fue una práctica preferida por los productores de ambas regiones, misma que reveló la vulnerabilidad de las plántulas durante los primeros cuatro meses de su establecimiento. Las lluvias anuales en Oaxaca, aunadas a la tradición agrícola vigente de los productores mexicanos participantes en el proceso de intervención, contrastaron con las sequías severas de La Guajira y con el abandono de la agricultura por familias que han perdido paulatinamente durante las últimas décadas su vocación agrícola.

Inseparable de los factores ecológicos y agronómicos, el panorama sociocultural y económico jugó un papel determinante en el proceso de intervención para la difusión de innovaciones. La relación íntima con el territorio enmarcada por vastas cosmovisiones propias de cada cultura local, es una base común para los grupos étnicos participantes en ambas regiones de estudio, así como su vocación agrícola tradicional, mismas que se han visto influenciadas de forma diferente en ambos países por las historias de conquista y colonización europea en los siglos precedentes (que en Yaxe, por ejemplo, resultaron la pérdida de la lengua zapoteca), y que implicaron procesos de aculturación y resistencia densos y largos que resultaron en las comunidades modernas rurales de hoy. En coherencia con el contexto presentado para Oaxaca y La Guajira y como contribución a la respuesta exigida por la pregunta inicial de investigación, el Cuadro 15 presenta los factores que limitaron e incentivaron la difusión exitosa del cultivo de moringa para la diversificación agrícola en las comunidades intervenidas.

Cuadro 15. Factores que limitaron e incentivaron la difusión de innovaciones con base en moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca (2018 – 2020), y Manaure y Uribia, La Guajira (marzo – julio 2019).

Factores		Oaxaca	La Guajira
Ecológicos	Limitan	<ul style="list-style-type: none"> • Sequía 	<ul style="list-style-type: none"> • Sequía • Agua salobre • Salinidad del suelo • Temporada de lluvias anuales más incierta
	Incentivan	<ul style="list-style-type: none"> • Medio ecológico. Adecuado para la planta • Temporada de lluvias anuales más confiables 	<ul style="list-style-type: none"> • Medio ecológico. Adecuado para la planta
Agronómicos	Limitan	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidad de la plántula durante los primeros meses a hormigas arrieras, aves y ganado • Necesidad de mayor riego durante los primeros 	

		<p>cuatro meses</p> <ul style="list-style-type: none"> Suelos pobres en materia orgánica, arena 	
	Incentivan	<ul style="list-style-type: none"> Tolerancia de la planta a la sequía Crecimiento acelerado Múltiples opciones de aprovechamiento: especialmente como forraje y abono foliar 	
Socio-culturales	Limitan	<ul style="list-style-type: none"> Desconocimiento de la planta Desconfianza ante proyectos externos 	<ul style="list-style-type: none"> Monolingüismo: necesidad de traducción al wayúunaiki Lejanía entre las comunidades intervenidas. Dificultad de transporte e infraestructura: ausencia de carreteras, electricidad, auditorios Difícil convocatoria Desconfianza ante proyectos externos y ante foráneos, extranjeros o <i>arijunas</i> (no wayúu)
	Incentivan	<ul style="list-style-type: none"> Bilingüismo zapoteco-español Cercanía entre las comunidades intervenidas. Facilidad de transporte e infraestructura: carreteras, electricidad, auditorios. Facilidad de convocatoria. Capacidad organizativa de ayuntamientos locales Facilidad de convocatoria Enfermedades: hipertensión y diabetes 	<ul style="list-style-type: none"> Desnutrición y enfermedades: hipertensión y diabetes Conocimiento previo de la planta en la sabiduría popular Pueblos tradicionalmente agrícolas: ganadería caprina y vacuna

		<ul style="list-style-type: none"> • Popularización reciente de la planta en mercados y medios de comunicación masivos • Pueblos tradicionalmente agrícolas: hortalizas, verduras • Confianza en la Universidad Autónoma Chapingo 	<ul style="list-style-type: none"> • Popularización reciente de la planta en medios de comunicación masivos • Confianza en la Asociación Shipia Wayúu. Liderazgo efectivo de la asociación
Económicos	Limitan	<ul style="list-style-type: none"> • Escasez de mercados para la comercialización de productos con base en moringa e insumos 	<ul style="list-style-type: none"> • Abandono de la agricultura como actividad económica destacada • Ausencia de mercados para la comercialización de productos con base en moringa e insumos
	Incentivan	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad agrícola primordial actualmente • Generación de ingresos por: hojas, semillas, ahorro en forraje y potencial ahorro en fertilizante foliar. • Apertura reciente de mercados para la venta de productos con base en moringa • Ahorro en gastos de suplementos nutricionales, medicinas y transporte con fines médicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro en gastos de suplementos nutricionales, medicinas y transporte con fines médicos.

Los resultados expuestos corroboran también la segunda hipótesis de esta investigación, la cual indica que los procesos de gestión para la difusión de innovaciones son diferentes entre familias, regiones y países. Efectivamente, tanto los tiempos establecidos para la intervención y el acompañamiento a las

comunidades locales, como los factores ecológicos, agronómicos, socioculturales y económicos diversos, culminaron en procesos de intervención diferentes para la difusión de innovaciones con base en moringa entre las familias rurales participantes. En Oaxaca, con mayor disposición de tiempo para acompañar el proceso de difusión y tres momentos de monitoreo, fue posible evidenciar un proceso de validación de las innovaciones por parte de los productores participantes que no se observó en La Guajira, en donde solo fue posible monitorear dos momentos del proceso para la elaboración del análisis de redes sociales. Otro ejemplo claro de las condiciones diferentes en ambas regiones para la puesta en marcha de los elementos del proceso de difusión de innovaciones fue el relacionado con la infraestructura y la localización de las familias participantes. En Oaxaca fue posible convocar con facilidad a los participantes a los eventos de capacitación y difusión, gracias a la colaboración de los ayuntamientos locales y a que la mayoría de los productores residían en inmediaciones del área urbana de los municipios intervenidos. No fue así en La Guajira, en donde la mayoría de las familias participantes residían lejos de los centros urbanos municipales y en donde los talleres de capacitación más concurridos tuvieron lugar durante las asambleas generales convocadas por la Asociación Shipía Wayúu, mismas a las que acudieron los productores participantes desde diversos puntos rurales de los extensos municipios, ubicados hasta a veinte horas de viaje de la cabecera municipal de Manaure, sede de la asociación. En La Guajira, por ejemplo, el tiempo de traslado entre los dos viveros establecidos fue de ocho horas de viaje. Estas circunstancias jugaron un papel fundamental que contribuye a explicar las diferencias en la gestión de las redes para la difusión de innovaciones en las dos regiones intervenidas.

En concordancia con lo anterior, la tercera hipótesis también fue corroborada, pues las redes de difusión de las innovaciones son efectivamente diferentes, tal como se ha expuesto en el presente capítulo. Ejemplos notables de ello son el

aumento gradual de los indicadores de densidad y la disminución progresiva de la centralización de las redes en Oaxaca, así como el comportamiento inverso de las redes en La Guajira respecto a los mismos indicadores, aún con el notable aumento en el número de nodos y de relaciones en todas las redes. Lo anterior teniendo en cuenta la imposibilidad de una comparación estricta dadas las tres mediciones en Oaxaca en contraste con solamente dos mediciones en La Guajira.

En tal contexto, recomendaciones generales y con presupuesto suficiente para el diseño de estrategias de alto impacto orientadas al cultivo y uso extensivo de la moringa, dadas las condiciones regionales y locales encontradas en los cuatro municipios seleccionados, incluirían de manera fundamental la creación de emprendimientos locales y de empleos que faciliten el fortalecimiento de las culturas propias de los participantes en sus propios términos. Se trata de sociedades indígenas u originarias y campesinas caracterizadas por altos índices de vulnerabilidad y rezago social, afectadas especialmente por la sequía y la desertificación: en otras palabras, con suelos degradados, pobreza extrema, desempleo y deficiencias en infraestructura y servicios básicos. En tales contextos, la multifuncionalidad de la moringa y su extraordinario potencial de aprovechamiento —apoyado por una sólida evidencia científica— señala múltiples vertientes de posibilidades tanto para el consumo local, como para la restauración ecológica y el comercio, consecuentes con las metas de la agricultura multifuncional, que son contribuir al logro de beneficios sociales, ecológicos y económicos para pequeños productores a escala local, y a la mitigación del cambio climático a nivel global.

El diagnóstico profesional y técnico tanto de los escenarios locales como del potencial económico de los emprendimientos debe optimizarse mediante su

problematización en programas a mediano y largo plazo de educación popular real en los términos planteados por Freire (1973) y perfeccionados con las diferentes estrategias de aprendizaje-acción participativa señaladas por Pretty *et al.* (1995). El análisis de redes sociales (ARS) como herramienta para gestionar la transmisión de información y la difusión de innovaciones sería idealmente asimilado por productores-coinvestigadores-actores clave locales, cuyo conocimiento del contexto local (ecológico, cultural, social y político), iluminaría los vacíos que no pueden ser alcanzados por los programas especializados de computación, aumentando la efectividad y eficiencia de la herramienta. En efecto, el trabajo transdisciplinario incluiría la coordinación de equipos de trabajo científico compuestos tanto por profesionales de diferentes disciplinas (agroecología, agroforestería, botánica, agronomía, antropología, sociología, educación comunitaria para adultos), como por coinvestigadores locales, expertos en navegar el complejo contexto ecológico y cultural de los territorios locales. Dicho trabajo en equipo dependería del diálogo horizontal entre los saberes expertos de coinvestigadores locales y los conocimientos científicos y técnicos, en igualdad de condiciones y respeto mutuo, para llegar a acuerdos y consensos sobre el diseño de la investigación y los pasos a seguir para su difusión. De importancia fundamental serán los procesos de diálogo de saberes entre el equipo transdisciplinario y los participantes locales, enmarcados en la problematización colectiva de la realidad ecosocial y la exploración conjunta de soluciones, tal como lo señala Freire (1973).

Finalmente, una estrategia consensuada de difusión de innovaciones con ayuda de la herramienta ARS, aunada a trabajo de campo etnográfico desde las ciencias sociales y al proceso comunitario continuo de evaluación y diálogo de saberes que permitan a la comunidad misma direccionar los detalles del incremento del subconjunto vegetal útil, en este caso el cultivo del árbol de usos

múltiples *Moringa oleifera*, contribuiría al éxito de su difusión en beneficio de las comunidades rurales vulnerables en zonas secas.

Ante tal panorama complejo, iniciativas de reforestación, regeneración de suelos, cercas vivas y linderos, control de erosión y manejo de terrazas en laderas, son posibles con la integración agroforestal de la moringa, árbol que posee además altas tasas de secuestro de carbono (en comparación con la mayoría de plantas) para la mitigación del cambio climático antrópico (Daba, 2016, Kumar *et al.*, 2017). Otras probables iniciativas de emprendimiento incluirían el establecimiento de bancos forrajeros y de proteína, y la siembra agroforestal de agaves, nopales, árboles frutales y maderables intercalados con moringa, además de la producción, consumo y comercio agroecológico de:

- forraje fresco y seco
- abonos y fertilizantes foliares para otros cultivos
- aceite industrial y comestible de alta calidad, biocombustibles, jabones, champús y cosméticos
- suplementos nutricionales, y posiblemente medicinales para el tratamiento de múltiples patologías y deficiencias (como el exceso de glucosa en la sangre y la alta presión sanguínea, condiciones que padecen conjuntamente los municipios estudiados)²

Todo lo anterior con amplio espectro para potenciar sinergias que pueden fortalecer la biodiversidad y las culturas locales mientras contribuyen a remediar la catástrofe medioambiental que enfrentamos a nivel global. Por ejemplo: en Oaxaca, producción de forraje de moringa combinado con cebada y alfalfa; producción de mezcal con moringa. En La Guajira: forraje para la recuperación de

² Existe evidencia científica reciente, más no concluyente, que sustenta la posible utilidad de *Moringa oleifera* para la prevención y el tratamiento de los padecimientos mencionados, como la aportada por Padilla y Cruz (2016), Chaves-Bedoya *et al.* (2017), Kumar *et al.* (2018), y Kris y Chichioco (2019).

la ganadería caprina tradicional (de enorme importancia nutricional, económica, comercial y simbólica para la cultura wayúu, hoy en crisis debido a la sequía y al aumento de la desertificación); fitoremediación de aguas turbias en lugares con acceso muy deficiente a fuentes de agua potable. En ambas regiones: reforestación con moringa y vegetación nativa; producción de miel de abejas con polen y néctar de moringa, regeneración de las poblaciones de abejas y mayor polinización de la vegetación nativa y los cultivos alimenticios y comerciales.

Finalmente, recomendaciones concretas para ambas regiones incluyen el acompañamiento constante, la asesoría para las podas conducentes a mayor producción de hojas, y un nuevo momento de monitoreo y medición de la evolución de las redes. En particular y en concordancia con el contexto y los resultados presentados, algunas recomendaciones para fortalecer la difusión de innovaciones con moringa en Yaxe y Santiago Apóstol, Oaxaca, son las siguientes:

- Todas las redes analizadas, de conocimiento, colaboración e intercambio, disminuyeron su centralización y aumentaron su densidad y homofilia, lo que sugiere cambios positivos en las redes hacia mayor circulación de la información para la difusión de innovaciones entre productores y por tanto mayor independencia de la influencia de actores externos. Dicha configuración de redes es conveniente para consolidar procesos de difusión de innovaciones a nivel local. En tal caso se recomienda el acompañamiento a los actores clave locales identificados como fuentes de información y articuladores entre nodos, para incrementar este patrón de comportamiento de las redes.
- A pesar de la reducción progresiva en el indicador de centralización, las redes de intercambio mantuvieron una configuración

centralizada durante los tres momentos del monitoreo, sumado a esto, la diferencia en crecimiento de las densidades de estas redes solamente fue significativo a partir de la línea final., lo cual sugiere la necesidad de más tiempo para que las redes adquirieran una configuración menos centralizada y de decisión compartida. En armonía con las sugerencias de los productores entrevistados se recomienda la exploración y consolidación de mercados locales y regionales para productos a base de moringa. Se recomienda dialogar con “La Aceitera”, empresa aledaña a Santiago Apostol que actualmente compra semillas de higuierilla (*Ricinus communis*) a productores locales y la cual podría interesarse en la elaboración de aceite a base de semillas de moringa

- Se recomienda también reforzar la investigación y capacitación sobre dos innovaciones específicas: 1) el uso de la moringa como forraje y 2) su aprovechamiento como abono foliar, pues en los municipios intervenidos ya existen árboles maduros que proporcionen suficientes hojas para incentivarlas. El complemento forrajero a base de moringa puede ser de utilidad para la mayor producción de leche y huevos para el autoconsumo. El abono foliar puede ser de especial utilidad e interés en Yaxe y Santiago Apóstol pues en ambos municipios la producción comercial de hortalizas y flores ocupa un lugar destacado en la economía local.

Asimismo, las principales recomendaciones en La Guajira consisten tanto en el monitoreo a las redes de difusión de innovaciones durante un tercer momento, como en un mayor acompañamiento a las familias participantes en sus localidades, las cuales suelen ubicarse muy distantes entre sí dada la amplia extensión rural de los municipios, especialmente de Uribia. Esta desconexión o distanciamiento físico entre la mayoría de productores incorporados al proceso de

intervención para la línea de seguimiento, fue un factor que incidió en la ausencia de relaciones y bajas densidades reveladas por el análisis de redes sociales, a pesar del destacado aumento de actores en las redes. Se espera que dicho acompañamiento incluya capacitaciones participativas en las diferentes comunidades, y que aunado al dinamismo de los actores clave y el paso del tiempo, permitan visualizar redes menos centralizada, más densas y tendientes a la homofilia que revelen una mayor consolidación del proceso de difusión de innovaciones. Otras recomendaciones para La Guajira incluyen:

- En la región todas las redes analizadas mostraron una disminución de la densidad y un incremento progresivo de la centralización, de manera que un acompañamiento más intensivo en las comunidades aisladas podría revertir dichos resultados en favor del fortalecimiento del proceso de difusión de innovaciones. La homofilia, por su parte, sí mostró un incremento progresivo durante los dos momentos analizados en todas las redes, con excepción de la red de intercambio que progresó hacia la heterofilia sugiriendo una dependencia hacia actores externos. Se recomienda acompañamiento especial a actores fuente y articuladores para que el indicador transite hacia la homofilia.
- Realizar un tercer monitoreo equiparable a la línea final en Oaxaca para el análisis de redes sociales, que permita visualizar la evolución de la tasa de adopción de innovaciones y las redes de difusión, y comprobar tanto la supervivencia de los árboles, como si tuvo lugar un periodo de validación como el constatado en Oaxaca.
- Para contribuir a solucionar el desafío que implica la salinidad del suelo para el cultivo de la moringa, se recomienda incorporar a las parcelas materia orgánica proveniente de la flora y la fauna locales, como por ejemplo abono de animales de crianza y hojarasca.

- Como complemento a la difusión y aprovechamiento de la moringa, se recomienda continuar estrategias que se beneficien del ARS y la exploración etnográfica para el diseño de estrategias que promuevan la revitalización de la etnobotánica wayúu, el despertar de conocimientos dormidos sobre agricultura y medicina locales, reforzando así los propósitos de autonomía cultural que son bandera de las comunidades asociadas a Shipia Wayúu.
- Finalmente, resalta la necesidad de fundamentar clínicamente por las ciencias médicas el potencial medicinal de la moringa para el control de la diabetes y la hipertensión.

7. CONCLUSIONES

Argumentando la viabilidad de la agroforestería como estrategia coherente para la implementación de la agricultura multifuncional, se realizó un proceso de intervención para promover la diversificación agrícola mediante la difusión del árbol de usos múltiples *Moringa oleifera* entre familias rurales vulnerables de zonas secas en México y Colombia. En concordancia con los objetivos planteados, se realizó una comparación de los procesos de difusión de innovaciones con base en moringa entre familias zapotecas y mestizas de la región Valles Centrales de Oaxaca, México, y familias wayúu de la Alta Guajira Colombia. Con base en la exploración etnográfica y al análisis de redes sociales (ARS), se identificaron ciertos factores ecológicos, agronómicos, socioculturales y económicos, que favorecieron o limitaron la difusión en red de las innovaciones propuestas.

La planta de moringa respondió satisfactoriamente al medio ecológico y en Oaxaca los primeros árboles sembrados ya producen semillas. En La Guajira germinó la tercera parte de las semillas plantadas inicialmente, mismas que ya están produciendo flores; dos resiembras posteriores fueron necesarias. En La Guajira la escasez de agua fue limitante central para difundir las innovaciones, aunada al aislamiento e incomunicación de las comunidades rurales. El bilingüismo –menor que en Oaxaca— implicó el reto de contar con intérpretes para la lengua wayúunaiki. En cambio, la planta ya era conocida en la región: le llaman waireña y usan su semilla como remedio contra cálculos renales, todo lo cual facilitó su referencia.

El ARS permitió la identificación de tres tipos de redes para la difusión de innovaciones, de manera que el uso de diferentes indicadores y fórmulas

matemáticas facilitó la medición de su evolución en tres momentos para los municipios de Oaxaca y en dos momentos para los municipios de La Guajira. El ARS también permitió visualizar la tasa de adopción de innovaciones (TAI) y la evolución de las tres redes para la difusión de innovaciones, exponiendo tanto las innovaciones específicas más aceptadas por los participantes en Oaxaca y La Guajira, como las rutas para la gestión de las redes de difusión. Esto permitió proponer una serie de recomendaciones para el fortalecimiento de las diferentes redes en las dos regiones en donde se llevó a cabo el proceso de intervención.

Los resultados de la TAI son coherentes con los saberes locales (expresados durante talleres de capacitación y entrevistas etnográficas) que prefieren proteger la plántula en macetas durante los primeros meses antes de trasplantarla en el suelo, y con las necesidades manifiestas que privilegian la producción intensiva de hoja para uso potencialmente medicinal en humanos y como alternativa forrajera.

El crecimiento de las redes en ambas regiones fue constante, tanto en cantidad de actores como de relaciones entre ellos. En Oaxaca todas las redes evolucionaron con cambios positivos que señalan una progresiva circulación de la información para la difusión entre los productores locales y por tanto una apropiación paulatina del recurso fitogenético en beneficio propio, misma que se benefició de un proceso de validación observado hasta el tercer momento del monitoreo. En La Guajira dicha evolución positiva se dio más lentamente y se recomienda especialmente monitorear un tercer momento de manera análoga al ejercicio realizado en Oaxaca

Los procesos de difusión de moringa en ambos países contaron con la indispensable participación y colaboración de actores heterogéneos. En Oaxaca,

instituciones gubernamentales como los ayuntamientos municipales locales jugaron un papel primordial en la promoción de las innovaciones. Debido a la colaboración fundamental de las Presidencias Municipales fue posible agendar, difundir, organizar y promocionar los diferentes talleres de capacitación en auditorios públicos, así como actividades en las parcelas demostrativas, y lograr el reconocimiento y la confianza de las familias para participar en el proyecto, incluyendo la realización de encuestas y las entrevistas etnográficas. Las Presidencias Municipales y sus diferentes Regidurías (de agricultura, salud, educación, etc.) reconocieron vínculos de confianza y respeto con la Universidad Autónoma Chapingo, y lograron transmitirlos a sus comunidades; mediante su conducto y recomendación fue posible contar a su vez con la colaboración de otras instituciones de gobierno como los jardines, bibliotecas, escuelas y policías municipales, la Agencia San Lucas en Santiago Apóstol, la clínica y el Comisariado Ejidal en Yaxe. Puede decirse que en Oaxaca, las instituciones de gobierno local dieron legitimidad al proyecto y transmitieron confianza en él a sus comunidades, misma que se vio reflejada en la participación de productores y familias. En La Guajira fue la Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas Wayúu Shipia Wayúu, una organización no gubernamental, la que logró legitimar el trabajo de difusión de innovaciones entre sus miembros, transmitiendo la confianza para su participación y colaboración en las diferentes actividades de capacitación y recolección de información.

Las motivaciones principales para la difusión de innovaciones con moringa entre los productores locales de ambas regiones fueron sus probables propiedades medicinales para aliviar la hipertensión y para reducir los niveles de glucosa en la sangre. En Oaxaca le siguieron en importancia la generación de ingresos adicionales para las familias mediante su aprovechamiento como forraje para ganado y la venta de sus hojas secas en mercados locales, mientras que en La Guajira otras motivaciones fueron sus cualidades como suplemento nutricional

para infantes y madres lactantes en riesgo de desnutrición. Estos resultados reclaman la necesidad de fundamentar clínicamente por las ciencias médicas el potencial medicinal y nutricional de la planta, para el tratamiento de los padecimientos referidos.

8. ANEXO

Cédula para la valoración de la innovación

Esta cédula recaba información para la valoración de la innovación de productores participantes en el proyecto de investigación "RESPUESTA EN RED A INNOVACIONES CON *MORINGA OLEIFERA* POR FAMILIAS RURALES DE OAXACA, MÉXICO Y LA GUAJIRA, COLOMBIA". Los datos que proporcione son para fines de investigación y serán estrictamente confidenciales.

I. Identificación

Fecha de encuesta (dd/mm/aaaa/)

Información del(la) productor(a)						
Nombre(s)	Apellido paterno	Apellido materno	Edad	Años escolaridad		
Adscripción étnica (¿cómo se considera o identifica?)						
Indígena zapoteco(a) []	Indígena wayúu []	Mestizo(a) []	Afrodescendiente []	Otro (¿cuál?) []		
Ubicación						
Estado/departamento	Municipio		Localidad/ranchería			
Propiedad de la tierra				Régimen hídrico		
Propia []	Rentada []	Prestada / en asocio []	Colectiva []	Riego []	Temporal []	Mixto []

II. Red de innovación con *Moringa oleifera*

Innovación / Uso	¿De quién(es) lo aprendió? (nombre completo)	Tipo de actor	Año
1. Siembra directa []			
2. Trasplante []			
3. Siembra por estacas []			
4. Siembra intensiva para producción de hoja []			
4.1. Espacio entre plantas:			
5. Siembra para producción de semilla []			
5.1. Espacio entre plantas:			
6. Ornamental y de sombra []			
7. Cercas vivas / linderos []			

8. Forraje / alimento para animales []			
<i>¿Cuáles?</i> 8.1. Ganado(s) () 8.2. Aves () 8.3. Peces ()			
9. Uso como abono []			
<i>¿Cómo?</i> 9.1 Extracto de hojas como abono foliar () 9.2. Abono verde () 9.3. Torta / bagazo de semillas ()			
10. Semillas para purificación de agua []			
11. Semillas para extracción de aceite []			
12. Uso medicinal []			
13. Suplemento nutricional []			
14. Compras y ventas en común []			
15. Siembra en lotes comunes []			
16. Otros usos o innovaciones organizacionales []			
<i>¿Cuál(es)?</i>			

III. Red de colaboración

¿De quién(es) aprende / a quién(es) consulta en cuestiones agrícolas? (nombres completos)	Tipo de actor	Año

¿A quién(es) cree usted que puede interesarle(s) cultivar la moringa? (nombres completos)	Tipo de actor	Año

--	--	--

IV. Red de compra-venta o intercambio

¿A quién(es) compra o de quién(es) obtiene / intercambia semillas de moringa o insumos?	Tipo de actor	Año

¿A quién(es) vende o intercambia su moringa?	Tipo de actor	Año

V. Preguntas finales. Seleccione la respuesta o respuestas que correspondan.

¿Cuántas plantas de moringa tiene / ha sembrado? _____ ¿Cuánta moringa consume / necesita al mes?
_____ kg

¿Quién maneja las plantas? **Mujer(es)** [] **Hombre(s)** [] **Niños(as)** []

Su interés en la moringa es para:

Medicina [] **Alimentación humana** [] **Alimentación animal** [] **Abono** [] **Negocio** [] **Otro** []
(¿cuál?) _____

Uso de la moringa	¿Qué parte(s) de la planta consume?	¿Para qué la consume?	¿Cómo la consume?
Medicinal			
Suplemento nutricional			

¿Ha asistido a cursos / capacitaciones sobre la moringa? **Sí** [] **No** [] ¿Cuándo? _____ ¿Con quién?

¿Cuáles han sido los principales obstáculos / desafíos para su cultivo de moringa? _____
.....

GUÍA PARA EL(LA) ENCUESTADOR(A)

I. IDENTIFICACIÓN

En este apartado el(la) encuestador(a) llenará los datos que se le piden dependiendo de la pregunta.

En **información del(la) productor(a)** se debe colocar **nombre y apellidos**, la **edad** en años y la **escolaridad**. Para la escolaridad anote el número de años efectivos, **y no** primaria o secundaria.

En **adscripción étnica** las respuestas son excluyentes: marque solo una casilla.

Para el caso del tipo de **propiedad de la tierra**, si la persona encuestada maneja más de una opción, se debe colocar la opción en la que se tenga una mayor cantidad de superficie. **Por favor no deje ningún apartado vacío.**

II. RED DE INNOVACIÓN

Pregunte a cada persona encuestada sobre el uso de las innovaciones indicadas en el cuadro. A continuación, prosiga a preguntarle **de quién(es) aprendió** cada práctica. Solicite el nombre completo de la persona, empresa o institución. **No se aceptan datos** como: "su hermano, su esposa, vecinos, sus familiares, el cliente intermediario, etc.". **Muy importante:** anote el tipo de actor, para ello apóyese en el catálogo de actores presentado en **cuadro 1**. Por último, coloque el **año** de adopción de la innovación.

Cuadro 1. Catálogo de actores para análisis de redes de innovación

Tipo	Clave	Tipo	Clave
Empresa rural	ER	Cliente intermediario	CI
Empresa rural referida	Ere	Centro de acopio, comercial y/o agroindustria	CA
Proveedor de insumos	PI	Funciones múltiples	FM
Proveedor de equipo	PE	Organización de productores	OR
Proveedor de genética	PG	Consumidor final	CF
Proveedor de servicios profesionales	PSP	Familiar	FAM
Proveedor de servicios financieros	PF	Maquilador	MQ
Institución de enseñanza e investigación	IE	No productor	NP
Institución gubernamental	IG		

III. RED DE COLABORACIÓN y IV. RED DE COMPRA-VENTA O INTERCAMBIO

Pregunte a la persona encuestada **de quién(es) aprende o a quiénes consulta** sobre temas de agricultura, así como **a quién(es) le(s) interesaría cultivar moringa**. Asimismo, pregunte **a quién(es) compra o de quién(es) obtiene por intercambio semillas de moringa o insumos**, y **a quién(es) vende o intercambia la moringa que produce**. En todos los casos y al igual que en la red de innovación pregunte el nombre completo de la persona, empresa o institución y **no acepte** respuestas vagas. Asimismo, indique el tipo de actor considerando las mismas opciones que en la red de innovación.

V. PREGUNTAS FINALES

En este apartado el(la) encuestador(a) llenará los datos que se le piden dependiendo de la pregunta. Las respuestas son incluyentes: marque todas las casillas que correspondan a las respuestas de la persona encuestada.

9. LITERATURA CITADA

Abdalla, Mona (2013). "The potential of *Moringa oleifera* extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *Sativa*) plants". *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 5 (3), 42-49. doi: 10.5897/IJPPB2012.026

Adegún, M. K. y O. J. Ayodele (2015). "Growth and yield of *Moringa oleifera* as influenced by spacing and organic manures in South-Western Nigeria". *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 6 (6), 30-37. Disponible en: <http://www.innspub.net/wp-content/uploads/2015/06/IJAAR-V6No6-p30-37.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Adeloye, K. A. (2014). "Factors Associated with Adoption and Utilization of moringa among Rural Women in Osun State, Nigeria". *Journal of Agriculture and Sustainability*, 5 (1), 57-69. Disponible en: <http://infinitypress.info/index.php/jas/article/download/485/280> [Consultado 19 mayo 2020]

Agbogidi, O. M., y E. M. Ilondu (2012). "*Moringa oleifera* Lam. Its Potential as a Food Security and Rural Medicinal Item." *J. Bio. Innov.* 1(6), 156-167. Disponible en: https://www.jbino.com/docs/Issue06_02.pdf [Consultado 19 mayo 2020]

Aguilar Ávila, Jorge, J. Reyes Altamirano Cárdenas y Roberto Rendón Medel (Coords.) (2010). *Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural*. Puebla, Universidad Autónoma Chapingo, FAO, CIESTAAM.

Aguilar-Gallegos, Norman, Enrique Genaro Martínez-González y Jorge Aguilar-Ávila (2016). "Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad", *Estudios Gerenciales*, 32 (140), 197-207. doi: 10.1016/j.estger.2016.06.006

Aguilar-Gallegos, Norman, José Alfredo Olvera-Martínez, Enrique Genaro Martínez-González, Jorge Aguilar-Ávila, Manrubio Muñoz-Rodríguez y Horacio Santoyo-Cortés (2017). "La intervención en red para catalizar la innovación agrícola". *REDES, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales* 28 (1), 9-31.

Ajayi, Francis Oluwadamilare y Ayotunde Adewale Adeyemi (2016). "Factors influencing the adoption of moringa plant cultivation among farming households in Southwestern Nigeria: A tobit approach". *International Journal of Innovative Food, Nutrition & Sustainable Agriculture*, 4 (4),15-24. Disponible en:

<https://seahipaj.org/journals-ci/dec-2016/IJIFNSA/full/IJIFNSA-D-3-2016.pdf>
[Consultado 19 mayo 2020]

Asante, William Jasper, Iddrisu Latif Nasare, Damian Tom-Dery, Kwame Ochire-Boadu y Kwami Bernard Kentil (2014). "Nutrient composition of *Moringa oleifera* leaves from two agro ecological zones in Ghana." *African Journal of Plant Science* 8(1), 65-71.

Babu, Suresh Chandra (2000). "Rural nutrition interventions with indigenous plant foods—a case study of vitamin A deficiency in Malawi." *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 4 (3), 169-179. Disponible en: <http://www.pressesagro.be/base/text/v4n3/169.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Biswas, A. K., T. S. Hoque y M. A. Abedin (2016). "Effects of moringa leaf extract on growth and yield of maize". *Progressive Agriculture*, 27 (2), 136-143. doi: 10.3329/pa.v27i2.29322

Bolarinwa, I.F., T. E. Aruna y A. O. Raji (2019). "Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder". *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18 (2), 195-200. doi: 10.1016/j.jssas.2017.05.002

Bonet-Morón, Jaime y Lucas Wilfried Hahn-De-Castro (2017). *La mortalidad infantil en La Guajira: Una caracterización estructural*. Cartagena, Banco de La República, Centro de Estudios Económicos Regionales.

Borgatti, S. P., M. G. Everett y L. C. Freeman (2002). *Ucinet 6 for Windows: software for social network analysis*. Harvard, Analytic Technologies.

Brandt, Patric, Anna Ernst, Fabienne Gralla, Christopher Luederitz, Daniel J. Lang, Jens Newig, Florian Reinert, David J. Abson y Henrik von Wehrden (2013). "A review of transdisciplinary research in sustainability science". *Ecological Economics* 92, 1-15. doi: 10.1016/j.ecolecon.2013.04.008

Caamal Maldonado, J. A., F. Casanova Lugo, A. Gonzáles Moreno, J. Caamal Caamal, P. Xiu Canche, J. Navarro Alberto, y J. B. Castillo Caamal (2012). "Producción de alimento, forraje y servicios ambientales de sistemas agroforestales en Yucatán, México." En: O. A. Castelán, A. Álvarez, A. Bernués, J. C. Ku, y V. C. Silveira (Comps.), *Avances de investigación en producción animal en Iberoamérica* (pp. 79-104). Mérida, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY).

Campos-Reyes, L.C.; T. de J. Zamudio-Zamudio y M. C. Álvarez-Ávila (2017). "Del patio al plato: grado de adopción de la moringa (*Moringa oleifera* Lam.), en comunidades rurales de Veracruz, México". *Agroproductividad*, 10 (7), 83-87.

Disponible en:
<http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/1063/909/> [Consultado 19 mayo 2020]

Candelo R., Carmen, Gracia Ana Ortiz R., y Barbara Unger (2003). *Hacer talleres. Una guía práctica para capacitadores*. Cali, WWF Colombia / InWENT / IFOK

Cano-Reyes, Octavio, Juan A. Villanueva-Jiménez, Juan Lorenzo Reta-Mendiola, Arturo Huerta-De-la-Peña y José-Alberto Zarazúa (2015). "Investigación participativa y redes de innovación en agroecosistemas con papayo en Cotaxtla, Veracruz, México". *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12 (2), 219-237. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5197565.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Casanova Lugo, F., W. Cetzal Ix, V. F. Díaz Echeverría, A. J. Chay Canul, I. Oros Ortega, A. T. Piñeiro Vázquez y N. A. González Valdivia (2018). "Moringa oleifera Lam. (Moringaceae): árbol exótico con gran potencial para la ganadería ecológica en el trópico." *Agroproductividad*, 11 (2), 100-105.

Casini, Leonardo, Caterina Contini y Caterina Romano (2012). "Paths to developing multifunctional agriculture: insights for rural development policies." *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 9 (3-4), 185-203. doi: 10.1504/IJARGE.2012.050347

Chandiposha, Misheck (2007). *Evaluation of moringa (Moringa oleifera Lam) as a shade tree for rape production in the Lowveld semi-arid region of Zimbabwe*. Trabajo de grado para optar al título de Master of Science (Agronomy). Harare, University of Zimbabwe, Department of Crop Science.

Chaves-Bedoya, Giovanni, Zaida Lorena Galvis-Pérez y Luz Yineth Ortiz-Rojas (2017). "Diversidad genética de *Moringa oleifera* Lam. en el nororiente colombiano utilizando marcadores RAMs". *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11 (2), 408-415.

CORPOGUAJIRA – Corporación Autónoma Regional de La Guajira (2011). *Atlas Ambiental de La Guajira*. Disponible en: https://issuu.com/corpoguajira/docs/atlas_ambiental_guajira [Consultado 9 Mayo 2017]

Cuevas Reyes, Venancio, Julio Baca del Moral, Anastacio Espejel García, Ariadna Barrera Rodríguez y Mauricio Sosa Montes (2017). "Agricultura multifuncional y sistemas de producción bajo un contexto de agricultura diversificada." En M. Sámano y J. Baca (Coords.), *Agricultura multifuncional y*

políticas públicas en México (pp. 35-51). Texcoco, Universidad Autónoma Chapingo.

Daba, Mekonnen (2016). "Miracle Tree: A Review on Multi-purposes of *Moringa oleifera* and its Implication for Climate Change Mitigation." *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 7 (8), 1-5. doi: 10.4172/2157-7617.1000366

DANE – Departamento Nacional de Estadística (2015). *Avances Alianza por el agua y la vida de La Guajira*. Dirección de Geoestadística. Disponible en: <https://geoportal.dane.gov.co> [Consultado 29 Mayo 2019]

Deb, Sourabh, A. Arunachalam y A. K. Das (2009). "Indigenous knowledge of Nyishi tribes on traditional agroforestry systems." *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 8 (1), 41-46.

Dechasa, Jiru, Kai Sonder, Lalisa Alemayehu, Yalemshay Mekonen y Agena Anjulo (2006). "Leaf yield and Nutritive value of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* Accessions: Its potential role in food security in constrained dry farming agroforestry system." En: *Moringa and other highly nutritious plant resources: Strategies, standards and markets for a better impact on nutrition in Africa* (pp. 1-15). Accra, Centre for the Development of Enterprise (CDE) / Global Facilitation Unit for Underutilized Species / Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA).

Del Toro Martínez, John, Arturo Carballo Herrera y Leobardo Rocha Román (2011). "Valoración de las propiedades nutricionales de *Moringa oleifera* en el Departamento de Bolívar." *Revista de Ciencias*, Universidad del Valle 15, 23-30.

Díaz, Julio y Roberto Rendón (2011). "El análisis de redes sociales como herramienta para el estudio de la difusión de innovaciones en la agricultura". *Textual, análisis del medio rural latinoamericano*, 56, 109-122. Disponible en: https://www.academia.edu/8797307/el_análisis_de_redes_sociales_como_herramienta_para_el_estudio_de_la_difusión_de_innovaciones_en_la_agricultura..._a_nalisis_of_social_networks_as_a_tool_for_the_study_of_innovation_diffusion_in_agriculture [Consultado 19 mayo 2020]

DIGEPO—Dirección General de Población, Gobierno del Estado de Oaxaca (2010). *Total de viviendas, indicadores sobre migración a Estados Unidos, índice y grado de intensidad migratoria, y lugar que ocupa en los contextos estatal y nacional, por municipio, 2010*. Disponible en: https://www.oaxaca.gob.mx/digepo/wp-content/uploads/sites/13/recursos/banco_info/Indice_de_Intensidad_Migratoria.pdf [Consultado 19 mayo 2020]

Eguiarte, Luis (2017). "Transdisciplina". *Oikos*, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/articulos/mezcal/17-recuadros/322-transdisciplina> [Consultado 19 mayo 2020]

Elevitch, Craig, Garien Behling, Michael Constantinides, y James B. Frid (2014). *Grower's Guide to Pacific Island Agroforestry Systems, Information Resources, and Public Assistance Programs*. Holualoa, Permanent Agriculture Resources (PAR).

EM–Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005a). *Ecosistemas y bienestar humano. Síntesis sobre desertificación*. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.796.aspx.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

EM (2005b). *Ecosystems and Human Well-Being. Synthesis*. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> [Consultado 25 noviembre 2019]

EM (2005c). *Panorama general*. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/es/About.html#2> [Consultado 25 noviembre 2019]

Fahey, Jed W. (2005). "Moringa oleifera: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1." *Trees for Life Journal* 1(5). doi: 10.1201/9781420039078.ch12

Fahey, Jed W. y Melanie D. Thurber (2009). "Adoption of *Moringa oleifera* to combat under-nutrition viewed through the lens of the 'Diffusion of Innovations' theory". *Ecology of Food and Nutrition*, 48 (3), 212-225. doi: 10.1080/03670240902794598

FAO–Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019). *Agriculture and climate change. Challenges and opportunities at the global and local level. Collaboration on Climate-Smart Agriculture*. Roma, FAO.

FAO (2013). *Alimentación escolar y las posibilidades de compra directa de la agricultura familiar. Estudio de caso en ocho países*. Cooperación Brasil - FAO, Fortalecimiento de programas de alimentación escolar en el marco de la iniciativa América Latina y Caribe Sin Hambre 2025. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3413s.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

FAO (1999). *Documento expositivo: El carácter multifuncional de la agricultura y la tierra*. Disponible en: http://www.fao.org/mfcal/pdf/ip_s.pdf [Consultado 25 noviembre 2019]

FAO (2015). *Global guidelines for the restoration of degraded forests and landscapes in drylands. Building resilience and benefiting livelihoods*. Roma, FAO.

FAO (1984). *Sistemas agroforestales en América Latina y el Caribe*. Santiago, FAO Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Feria Díaz, Jhon Jairo, Sixto Bermúdez Roa y Ana María Estrada Tordecilla (2014). "Eficiencia de la semilla *Moringa oleifera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú". *Producción + Limpia*, 9 (1), 9-22. Disponible en: http://lasallista.edu.co/revistas/pl/pl_v9n1/pl_v9n1.pdf [Consultado 19 mayo 2020]

Fernández, Isaura Victoria (2010). *Moringa oleifera y su impacto en el estado nutricional de vitamina A, hierro y zinc en preescolares: Estudio piloto*. Tesis de maestría. Hermosillo, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

Folkard, Geoff y John Shuterland (1996). "Moringa oleifera un árbol con enormes potencialidades." *Agroforestry Today*, 8 (3), 5-8. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x6324s.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Freeman, Linton C. (1979). "Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification". *Social Networks*, 1 (3), 215-239. doi: 10.1016/0378-8733(78)90021-7

Freire, Paulo (1973). *¿Extensión o comunicación? La concientización en el medio rural*. México, Siglo XXI editores.

Fuglie, Lowell J. (2001). "Introduction to the Multiple Uses of moringa." En: Lowell J. Fuglie (Ed.), *The Miracle Tree. The Multiple Attributes of moringa* (pp. 7-10). Dakar, CTA / World Church Service.

Fuglie, Lowell J. (2001b). "Natural Nutrition for the Tropics." En: Lowell J. Fuglie (Ed.), *The Miracle Tree. The Multiple Attributes of Moringa* (pp. 103-115). Dakar, CTA / World Church Service.

Fuglie, Lowell J. (2001c). "Combating Malnutrition with Moringa." En: Lowell J. Fuglie (Ed.), *The Miracle Tree. The Multiple Attributes of Moringa* (pp. 117-136). Dakar, CTA / World Church Service.

Fuglie, Lowell J. (s.f.). "The Moringa Tree: Local Solution to Malnutrition?" *Miracletrees.org*. Disponible en: http://miracletrees.org/moringa-doc/moringa_the_miracle_tree.pdf [Consultado 24 noviembre 2016].

Gandji, Kisito, Valere K. Salako, A. Belarmain Fandohan, Achille E. Assogbadjo y Romain L. Glele (2018). "Factors Determining the Use and Cultivation of *Moringa oleifera* lam. in the Republic of Benin". *Economic Botany*, 72 (3), 332-345. doi:10.1007/s12231-018-9424-4.

García, Enriqueta (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Ciudad Universitaria, México D. F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Godínez-Oviedo, Angélica, Norma Güemes-Vera y Otilio Acevedo-Sandoval (2016). "Nutritional and phytochemical composition of *Moringa oleifera* Lam and its potential use as nutraceutical plant: a review". *Pakistan Journal of Nutrition*, 15 (4), 397-405. doi: 10.3923/pjn.2016.397.405

Gonzales Santiago, María Virginia (2008). *Agroecología, saberes campesinos y agricultura como forma de vida*. Texcoco, Universidad Autónoma Chapingo.

González Vergara, Otto (1987). "Guajiros". En *Introducción a la Colombia Amerindia* (pp. 21-34). Bogotá, Ministerio de Educación Nacional, Instituto Colombiano de Cultura, Instituto Colombiano de Antropología.

Gopalakrishnan, Lakshmipriya, Kruthi Doriya y Devarai Santhosh Kumar (2016). "*Moringa oleifera*: a review on nutritive importance and its medicinal application." *Food Science and Human Wellness*, 5 (2), 49-56. doi: 10.1016/j.fshw.2016.04.001

Granados Sánchez, Diódoro, Miguel Hernández García, Antonio Vázquez Alarcón y Pablo Ruíz Puga (2013). "Los procesos de desertificación y las regiones áridas." *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19 (1), 45-66.

Guerrero García, Baltazar y Reynaldo Pereznegrón (2017). "Evolución, prospectiva y administración de las zonas áridas de México (CONAZA)." En: *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Memoria y prospectiva de las Secretarías de Estado* (pp. 445-472). México, Secretaría de Cultura / SAGARPA.

IAASTD–International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (2009a). *Executive Summary of the Synthesis Report*. UNDP / FAO / UNEP / UNESCO / The World Bank / WHO / Global Environment Facility. Washington, Island Press.

IAASTD (2009b). *Towards Multifunctional Agriculture for Social, Environmental and Economic Sustainability*. Disponible en: <https://www.globalagriculture.org/fileadmin/files/weltagrarbericht/IAASTDBerichte/IssuesBriefMultifunctionality.pdf> [Consultado 25 noviembre 2019]

INEGI–Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005). “Santiago Apóstol, Oaxaca”. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20452.pdf [Consultado 19 mayo 2020]

INEGI (2005). “Yaxe, Oaxaca”. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20561.pdf [Consultado 19 mayo 2020]

Iqbal, Muhammad Aamir (2014). "Improving the growth and yield of canola (*Brassica napus* L.) with seed treatment and foliar sprays of brassica (*Brassica napus* L.) and moringa (*Moringa oleifera* L.) leaf extracts". *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 14 (10), 1067-1073. doi: 10.5829/idosi.ajeaes.2014.14.10.12429]

James, Armachius, y Vumilia Zikankuba (2017). "*Moringa oleifera* a potential tree for nutrition security in sub-Sahara Africa". *American Journal of Research Communication*, 5 (4), 1-14. Disponible en: http://www.usa-journals.com/wp-content/uploads/2017/04/James_Vol54.pdf [Consultado 19 mayo 2020]

Jhariya, Manoj, Dhiraj Yadav, y Arnab Banerjee (2020a). “Preface.” En: M. K. Jhariya, D. K. Yadav, y A. Banerjee (Eds.), *Agroforestry and Climate Change. Issues and Challenges* (pp. xvii-xviii). Oakville, Apple Academic Press Inc.

Jhariya, Manoj, Arnab Banerjee, Dhiraj Yadav, y Abhishek Raj (2020b). “Agroforestry and Climate Change: Issues, Challenges, and the Way Forward”. En: M. K. Jhariya, D. K. Yadav, y A. Banerjee (Eds.), *Agroforestry and Climate Change. Issues and Challenges* (pp. 1-34). Oakville, Apple Academic Press Inc.

Jociles Rubio, María Isabel (2018). “La observación participante en el estudio etnográfico de las prácticas sociales”. *Revista colombiana de antropología*, 54 (1), 121-150.

Karthigesu, Jayavanan, D. K. N. G. Pushpakumara, y S. Sivachandran (2014). “Role of Live Fence Agroforestry in Jaffna Peninsula”. *Tropical Agriculturist*, 162, 25-44. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273097700_role_of_live_fence_agroforestry_in_jaffna_peninsula [Consultado 19 mayo 2020]

Kayalto, Barnabas, Cheikna Zongo, Raketa W. Compaore, Aly Savadogo, Brahim B. Otchom y Alfred S. Traore (2013). "Study of the nutritional value and hygienic quality of local infant flours from Chad, with the aim of their use for improved infant flours preparation." *Food and Nutrition Sciences*, 4, 59-68. doi: 10.4236/fns.2013.49A2009

Kholif, A. E., T. A. Morsy, G. A. Gouda, U. Y. Anele y M. L. Galyean (2016). "Effect of feeding diets with processed *Moringa oleifera* meal as protein source in lactating Anglo-Nubian goats". *Animal Feed Science and Technology*, 217, 45-55. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.04.012

Kiers, Toby, Roger Leakey, Anne-Marie Izac, Jack Heinemann, Erika Rosenthal, Dev Nathan y Janice Jiggins (2008). "Agriculture at a Crossroads." *Science*, 320 (5874), 320-321. doi: 10.1126/science.1158390

Korsor, Morlu, Charles Ntahonshikira, Haruna M. Bello y Habauka M. Kwaambwa (2019). "Growth Performance of *Moringa oleifera* and *Moringa ovalifolia* in Central Namibia Semi-Arid Rangeland Environment." *Agricultural Sciences*, 10, 131-141. doi: 10.4236/as.2019.102011

Krackhardt, David, y Robert N. Stern (1988). "Informal networks and organizational crises: An experimental simulation". *Social Psychology Quarterly*, 51 (2), 123–140. doi: 10.2307/2786835

Kris Acuram, Lovely y Christine L. Chichioco Hernandez (2019). "Anti-hypertensive effect of *Moringa oleifera* Lam". *Cogent Biology* 5 (1). doi: 10.1080/23312025.2019.1596526

Krotz, Esteban (2015). *La antropología hoy: reconfiguraciones y propuestas desde el Sur. Curso intensivo*. Chetumal, Universidad de Quintana Roo.

Kumar, Vikas (2016). "Multifunctional Agroforestry Systems in Tropic Regions". *Nature Environment and Pollution Technology*, 15 (2), 365-376.

Kumar, Sai Sailesh, Jabir P K2, Madhusudhan U, Archana R, Mukkadan J K (2018). "Effect of *Moringa oleifera* leaves on blood pressure in hypertensive patients". *Indian Journal of Clinical Anatomy and Physiology*, 5(3):350-352. doi: 10.18231/2394-2126.2018.0081

Kumar, Yogesh, Tarun Kumar Thakur, M. L. Sahu y Anita Thakur (2017). "A Multifunctional Wonder Tree: *Moringa oleifera* Lam Open New Dimensions in Field of Agroforestry in India." *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (8), 229-235. doi: 10.20546/ijcmas.2017.608.031

Laurenceau, Martin y Lorena Soto Pinto (2015). "Sistemas agroforestales para la adaptación al cambio climático en el área protegida La Frailescana, Chiapas, México." *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*, 15 (30), 19-49.

Leakey, Roger (2010). "Agroforestry: A Delivery Mechanism for Multi-Functional Agriculture." En L. R. Kellimore (Ed.), *Handbook on Agroforestry: Management Practices and Environmental Impact* (pp. 461-471). New York, Nova Science Publishers Inc.

Leakey, Roger (2012). *Living with the Trees of Life. Towards the Transformation of Tropical Agriculture*. Wallingford y Cambridge, CABI.

Leone, Alessandro, Alberto Spada, Alberto Battezzati, Alberto Schiraldi, Junior Aristil y Simona Bertoli (2015). "Cultivation, Genetic, Ethnopharmacology, Phytochemistry and Pharmacology of *Moringa oleifera* Leaves: An Overview". *Int. J. Mol. Sci.*, 16, 12791-12835.

Loyola H., Oscar, Arellys Valido T., Delmy Triana G., Israel Pérez C., Idania Yero P., y Dania Gonzáles G. (2015). "Evaluación de la retención de carbono y la fauna edáfica en asocio con *Moringa oleifera* Lam. en cercas vivas". *Centro Agrícola*, 42, 75-81. Disponible en: <http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/html/v42n1/body/cag11115.html> [Consultado 19 mayo 2020]

Magaña, Wilberth (2012). "Aprovechamiento poscosecha de la moringa (*Moringa oleifera*)." *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 3 (2), 171-174. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81325441010> [Consultado 19 mayo 2020]

Mariño García. Rafael Alfredo (2016). *Caracterización de servicios ecosistémicos para el diseño de sistemas agroforestales en la cuenca alta del Río Ranchería – Guajira, Colombia–*. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Agroforestería Tropical. Bogotá, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Facultad de Ingeniería.

Maroyi, Alfred (2009). "Traditional homegardens and rural livelihoods in Nhema, Zimbabwe: a sustainable agroforestry system." *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 16 (1), 1-8. doi: 10.1080/13504500902745895

Martín, C., G. Martín, A. García, Teresa Fernández, Ena Hernández y Jürgen Puls (2013). "Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica." *Pastos y Forrajes*, 36 (2), 137-149. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262707027_Potenciales_aplicaciones_de_moringa_oleifera_Una_revisión_crítica [Consultado 19 mayo 2020]

Martin, Franklin (2012). "Living Fences". *ECHO Development Notes*, 116, 1-4. Disponible en: <https://www.echocommunity.org/resources/bca8c49a-7185-45a2-b7de-0b1e6a19a661> [Consultado 19 mayo 2020].

Martínez, Francisco (2012). *Estudio Geológico-Minero del Área Jarillas-Las Casas, municipio de San Nicolás Yaxe, estado de Oaxaca*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Geólogo. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Martinez-Torres, María Elena y Peter M. Rosset (2016). "Diálogo de saberes en La Vía Campesina: Soberanía Alimentaria y Agroecología". *Espacio Regional* 1 (13), 23-36.

Masagca, Jimmy, Aurora Araojo y Meda B. Mercado (2016). "Social representations of rural women on nutrient-enriched tilapia fish foods with *Moringa oleifera*". *International Journal of Advanced Education and Research*, 1(10), 36-40. Disponible en: <http://www.alleducationjournal.com/download/141/1-7-27-724.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Mata García, Bernardino, Artemio Cruz León, Julio Sánchez Escudero y José Alfonso Aguirre (Coords.) (2007). *Innovación tecnológica y desarrollo rural con pequeños agricultores*. Texcoco, Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, INIFAP.

Mejía Jiménez, Marco Raúl (2016). "Diálogo-confrontación de saberes y negociación cultural: ejes de las pedagogías de la educación popular: una construcción desde el sur". *Educar en Revista* 61, 37-53. doi: 10.1590/0104-4060.47205

Mejía Solís, Margarita Esther (2015). *Evaluación nutrimental de plantaciones de Moringa oleifera Lam. para optimizar la producción de aceite*. Trabajo de grado para optar al título de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo sostenible. Texcoco, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos.

Melo Zipacón, William Felipe (2016). *Caracterización multifuncional del modelo agroforestal "Finca Montemariana" en la región de Montes de María, Bolívar (Colombia)*. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Medioambiente y Desarrollo. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales (IDEA).

Mercado Vacca, Reylbeck Leonardo (2016). *Miel y moringa. Estrategias desde la permacultura para atender necesidades concretas de una comunidad maya en Quintana Roo*. Tesis para obtener el título de Maestro en Antropología Aplicada.

Chetumal, Universidad de Quintana Roo, División de Ciencias Sociales y Económico Administrativas. Disponible en: <http://irisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/104> [Consultado 19 mayo 2020]

Meza, Z., E. Olivares, E. Gutiérrez, H. Bernal, J. Aranda, R. Vázquez y R. Carranza (2016). "Crecimiento y producción de biomasa de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México". *Tecnociencia Chihuahua* 10 (3), 143-153. Disponible en: http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v10n3/Data/Crecimiento_y_produccion_de_biomasa_de_moringa_oleifera_en_condiciones_climaticas_del_Noreste_de_Mexico.pdf [Consultado 19 mayo 2020]

Minang, Peter, Meine van Noordwijk, Olivia Freeman, Lalisa Duguma, Cheikh Mbow, Jean de Leeuw y Delia Catacutan (2015). "Introduction and basic propositions." En: P. Minang, M. van Noordwijk, O. Freeman, C. Mbow, J. de Leeuw, y D. Catacutan (Eds.), *Climate-Smart Landscapes: Multifunctionality in practice* (pp. 3-17). Nairobi, World Agroforestry Center (ICRAF).

Minga, Nancy (2016), "Agroecología: diálogo de saberes para una antigua y nueva propuesta para el campo." *Antropología Cuadernos de Investigación* 17, 86-94. doi: 10.26807/ant.v0i17.92

Modeste Bidima Irénée (2016). *Production and Processing of Moringa*. Yaoundé, Engineers Without Borders Cameroun y Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation.

Montagnini, Florencia (2015). "Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático." En F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola, y B. Eibl (Eds.), *Sistemas agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales* (pp. 269-297). Cali, Fundación CIPAV / Turrialba, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Montagnini, Florencia y Ruth Metzger (2015). "Biodiversidad, manejo de nutrientes y seguridad alimentaria en huertos caseros mesoamericanos." En: F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola, y B. Eibl (Eds.), *Sistemas agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales* (pp. 381-403). Cali, Fundación CIPAV / Turrialba, CATIE.

Montaño Arias, Noé Manuel y Arcadio Monroy Ata (2000). "Conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semiáridas de México." *Ciencia y Desarrollo*, 26 (154), 28-37.

Moyo, Busani, Patrick J. Masika, Arnold Hugo y Voster Muchenje (2011). "Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves." *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925-12933.

Muñoz Chuya, Edder Armando (2016). *Efecto del extracto foliar de moringa en la producción de pimientos híbridos en el Cantón Arenillas*. Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Machala, Univesidad Técnica de Machala.

Muñoz, Erlinda y Daysi Juárez (2016). *Producción de forraje de dos especies, Marango (Moringa oleifera Lam.) y Leucaena (Leucaena leucocephala Lam. De Wit.), en un sistema de cercas vivas durante la época seca en la Finca Santa Rosa, UNA-Managua*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Forestal. Managua, Universidad Nacional Agraria.

Nambiar, Vanisha S., Kalyani Bhadalkar y Meghana Daxini (2003). "Drumstick leaves as source of vitamin A in ICDS-SFP." *Indian Journal of Pediatrics*, 70 (5), 383-387. doi: 10.1007/BF02723611

Navie, Sheldon y Steve Csurshes (2010). *Weed Risk Assesment. Horseradish Tree, Moringa Oleifera*. Brisbane, Biosecurity Queensland - Departament of Employment, Economic Development and Innovation.

Nouman, Wasif, Shahzad Ahmed Basra, Muhammad Tahir Siddiqui, Azra Yasmeen, Tehseen Gull y Maria Angelica Cervantes (2014). "Potential of *Moringa oleifera* L. as livestock fodder crop: a review." *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38, 1-14. doi: 10.3906/tar-1211-66

OECD—Organisation for Economic Cooperation and Development (2001). *Multifunctionality: Towards an Analytical Framework*. Paris, OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264192171-en

Olson, M. E. (2010). "Moringaceae". En: Flora of North America Editorial Committee (Eds.), *Flora of North America. North of Mexico*. New York y Oxford, Flora of North America Association. p. 167-169.

Olson, Mark (2001). "Introduction to the moringa Family." En: Lowell J. Fuglie (Ed.), *The Miracle Tree. The multiple attributes of moringa* (pp. 11-28). Dakar, CTA / World Church Service.

Olson, Mark (2014). "Does moringa fix nitrogen?" *The International Moringa Germplasm Collection*. Disponible en: <http://moringaceae.org/imgc-moringa-blog/does-moringa-fix-nitrogen> [Consultado 24 noviembre 2016].

Olson, Mark y Jed Fahey (2011). "*Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (82) 4, 1071-1082. doi: 10.22201/ib.20078706e.2011.4.678

Olufunke Oluduro, Anthonia (2012). "Evaluation of Antimicrobial properties and nutritional potentials of *Moringa oleifera* Lam. leaf in South-Western Nigeria." *Malaysian Journal of Microbiology* 8(2), 59-67.

Oluwagbenga, Dunsin y Theo Okiemute Odeghe (2015). "Response of sweet bell pepper to moringa leaf extract and organo-bio degradable fertilizer." *Asian J Agri Biol*, 3 (4), 132-138. Disponible en: <https://www.asianjab.com/wp-content/uploads/2015/12/1-MS-AJAB-15-1671.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Omodamiro O., C. Nwankwo y E. Ejiofor (2014). "Antimicrobial and coagulant property of *Moringa oleifera* seed in water purification." *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences* 1 (4B), 279-287. Disponible en: <http://saspjournals.com/wp-content/uploads/2014/08/SJAVS-14B279-287.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Orwa C, A. Mutua, R. Kindt, R. Jamnadass y A. Simons (2009). "Moringa oleifera." *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0*. Disponible en: http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Moringa_oleifera.PDF [Consultado 30 enero 2020]

OXFAM (2014). *Mapeo de la situación de los medios de vida y la seguridad alimentaria de familias vulnerables en la Alta Guajira*. Uribia, OXFAM

Oyeyinka, Adewumi T. y Samson A. Oyeyinka (2018). "*Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects". *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17 (2), 127-136. doi: 10.1016/j.jssas.2016.02.002

Pabón Caicedo, José Daniel, y Juan Carlos Alarcón Hincapié (2016). "El efecto del cambio climático sobre las zonas áridas y semiáridas de Colombia." *Proceedings of the International Conference "Intercarto. InterGIS"*, 22 (1), 56-62. doi: 10.24057/2414-9179-2016-1-22-56-62

Padilla Santamaría. Fernando y Julia Cruz Balderrabano (2016). "Extractos de hojas de *Moringa oleifera* en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus". *Rev Cubana de Medicina Natural y Tradicional*, 1(2). Disponible en: <http://www.revmnt.sld.cu/index.php/rmnt/article/view/39/44> [Consultado 26 septiembre 2020]

Pandey, Deep Narayan (2007). "Multifunctional agroforestry systems in India." *Current Science*, (92) 4, 455-463.

Parra López, Carlos, Javier Calatrava Requena y Tomás de Haro Giménez (2005). "Evaluación comparativa multifuncional de sistemas agrarios mediante

AHP: aplicación al olivar ecológico, integrado y convencional de Andalucía.” *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 5 (9), 27-55.

Pereira Camacho, Franciele, Vânia Serrão Sousa, Rosângela Bergamasco, y Margarida Ribau Teixeira (2017). "The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment". *Chemical Engineering Journal*, 313, 226-237. doi: 10.1016/j.cej.2016.12.031

Pérez Ruiz, Maya Lorena y Arturo Argueta Villamar (2011). "Saberes indígenas y dialogo intercultural". *Cultura y representaciones sociales*, 5 (10), 31-56. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/crs/v5n10/v5n10a2.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Pérez, A., Tania Sánchez, Nayda Armengol, y F. Reyes (2010). "Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal". *Pastos y Forrajes*, 33 (4), 1-16. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269119492001.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Pretty, Jules, Irene Guijt, Ian Scoones y John Thompson (1995). *A Trainer's Guide for Participatory Learning and Action*. Londres, International Institute for Environment and Development (IIED).

Price, Martin (2007). "The Moringa Tree." *ECHO Technical Note*. North Fort Myers, ECHO.

Rabo, Younoussou, Lawali Sitou, Morou Boubé y Mahamane Ali (2016). "Functional Analysis of *Moringa oleifera* Lam. Agroforestry Systems in the Valleys of the Niger River and Goulbi of Maradi (Niger)." *Asian Journal of Applied Sciences*, 4 (4), 844-856.

Ramos-Trejo O., J. Castillo-Huchín, y J. J. Sandoval-Gío (2015). "Effect of cutting intervals and heights in forage productivity of *Moringa Oleifera*". *Revista Bio Ciencias*, 3 (3), 187-194. doi: 10.15741/revbio.03.03.05

Rani, E. Alli y T. Arumugam (2017). "*Moringa oleifera* (Lam) - A nutritional powerhouse". *Journal of Crop and Weed*, 13 (2), 238-246. Disponible en <http://www.cropandweed.com/archives/2017/vol13issue2/13-2-43.pdf> [Consultado 19 mayo 2020].

Rendón Medel, Roberto y Jorge Aguilar Ávila (Coords.) (2013). *Gestión de redes de innovación en zonas rurales marginadas*. México D. F., Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM, MAPorrúa.

Rendón Medel, Roberto, Elizabeth Roldán Suárez, Juan Guillermo Cruz Castillo, y Julio Díaz José (2016). "Criterios para la identificación de módulos demostrativos". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15 (30), 2939-2948. doi: 10.29312/remexca.v0i15.417

Restrepo, Eduardo (2016). *Etnografía: alcances, técnicas y éticas*. Bogotá, Envión editores.

Restrepo, Paula (2011). "El desafío del diálogo intercultural de saberes en una experiencia de campo: de objeto antropológico a sujeto filosófico" *Ankulegi* 15, 35-45.

Reyes Macín, Ángel (2016). *Caracterización de la germinación y estudios citológicos de Moringa oleifera Lam.* Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Producción. Saltillo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Rivera, Darwin y José Centeno (2014). *Evaluación del establecimiento de Moringa oleifera Lam. (Marango) en un sistema de cercas viva en la Finca Santa Rosa-UNA, Managua, Nicaragua.* Trabajo presentado como requisito para optar al título profesional de Ingeniero Forestal- Ingeniero en Zootecnia. Managua, Universidad Nacional Agraria.

Rogers, Everett M.(1983) *Diffusion of Innovations* .New York, Free Press.

Roldán-Suárez, E., R. Rendón-Medel, T. C. Camacho-Villa y J. Aguilar-Ávila (2018). "Gestión de la interacción en procesos de innovación rural". *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19 (1), 15-28.

Roshetko, J. M., E. L. Tolentino Jr., W. M. Carandang, M. Bertomeu, A. Tabbada, G. E. S. Manurung y C. E. Yao. (2010). *Tree Nursery Sourcebook - Options in Support of Sustainable Development*. Bogor, World Agroforestry Center-ICRAF y Winrock International.

Roy, M. M. y J. C. Tewari (2012). "Agroforestry for climate resilient agriculture and livelihood in arid regions of India." *Indian J. of Agroforestry*, 14 (1), 49-59.

Salcido Ruiz, Silvia, Peter R. W. Gerritsen y Arturo Moreno Hernández (2016). "Evaluación de la multifuncionalidad de sistemas de producción agrícola en el sur de Jalisco, México." *Sociedades rurales, producción y medio ambiente* ,16 (31), 17-45.

Sánchez Bernal, E., V. Ortega Baranda, F. Domínguez Hernández, M. Ortega Escobar, Á. Can Chulim y D. Sarmiento Bustos (2013). "Soil erosion control using agroforestry terraces in San Pedro Mixtepec, Oaxaca, Mexico." *International Journal of AgriScience*, 3 (5), 423-439.

Sánchez Rodríguez, Jessica Jeanet (2016). *Multifuncionalidad de la agricultura familiar agroecológica campesina en el centro del Valle del Cauca*. Trabajo de grado para optar al título de Ecóloga. Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.

Sarmiento, David (2008). *Establecimiento de un sistema agroforestal con dos especies leguminosas para la recuperación de suelos degradados en la micro-cuenca de San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca*. Tesis para obtener el grado de licenciado en ingeniería forestal. Puerto Escondido, Universidad del Mar.

Sawsan, F. A. Salih, I. Bushara y Muna M. M. Ahmed (2017). "Range lands as affected by moringa (*Moringa oleifera*) agroforestry under semi-arid condition of Khartoum State (Omdurman)." *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*, 3 (2), 25-32. doi: 10.20431/2454-6224.0302004

SEDESOL—Secretaría de Desarrollo Social (2016). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social*. Subsecretaría de Planeación, Evaluación y Desarrollo Regional. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/185307/Oaxaca.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Segrelles Serrano, José Antonio y Jaime Vásquez Sánchez (Coords.) (2012). *Multifuncionalidad rural y nueva ruralidad. La experiencia europea y la potencialidad de Colombia*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Shonde, Yohannes (2017). "Livelihood Contributions of Moringa Tree based Agroforestry Practices in Konso District, Southern Ethiopia." *Journal of Resources Development and Management*, 36, 1-9.

Sibale, Bright, Robert Kafakoma, Abel Shaba y Duncan Macqueen (2013). *Trees on-farm: removing the obstacles to enterprise. A review of current climate-smart tree-based experiences in Malawi*. London, International Institute for Environment and Development (IIED).

Snijders, Tom A. B. y Stephen P. Borgatti (1999). "Non-Parametric Standard Errors and Tests for Network Statistics". *Connections*, 22 (2), 161-170. Disponible en: https://sites.google.com/site/steveborgatti/research/publications/snijders_borgatti-density_significance.pdf?attredirects=0&d=1 [Consultado 31 mayo 2020]

Souza, Helton Nonato (2012). *Biodiversity and Key Ecosystem Services in Agroforestry Coffee Systems in the Brazilian Atlantic Rainforest Biome*. Tesis doctoral. Wageningen, Wageningen University, C. T. de Wit Graduate School of Production Ecology and Resource Conservation.

Suscheela, P., Sri Rahavi B. y Radha R (2014). "Effectiveness of *Moringa oleifera* seeds in the phytoremediation of pond water." *Scrutiny International Research Journal of Agriculture, Plant Biotechnology and Bio Products*, 1 (2), 34-42. Disponible en: <https://www.scrutinyjournals.com/download?file=122%20SIRJ%20APBBP%20Vol%203%20issue%202%202016.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Tahir Mahmood, Khawaja, Tahira Mugal y Ikram UI Haq (2010). "*Moringa oleifera*: a natural gift – A review". *Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 2 (11), 775-781.

Téllez Infantes, Anastasia y Andrés Ramírez Puerto (2013). "Investigación e intervención social: diálogo de saberes para la promoción económica, social e identitaria en cooperativas indígenas de Cuetzalan (México)". *Nuevas Tendencias en Antropología* 4, 135-152. Disponible en: <http://www.revistadeantropologia.es/Textos/N4/Investigacion%20e%20intervencion%20social.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Tewari, J. C., D. Tripathi y Pratab Narain (2001). "Jujube: A Multipurpose Tree Crop for Arid Land Farming Systems." *The Botanica* 51, 121-126.

Toledo, Víctor y Narciso Barrera Bassols (2008). *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona, Icaria editorial.

Tor, L. G., M. M. Olorukooba y M. G. Agbede (2017). "Assessment of awareness and adoption of Drumstick (*Moringa oleifera*) among residents of Kaduna North L. G. A. of Kaduna State". *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 3 (2), 1749-1754. Disponible en: <http://www.onlinejournal.in/IJIRV3I2/297.pdf> [Consultado 19 mayo 2020]

Tzuc Martínez, Rodrigo, Fernando Casanova Lugo, Arturo Caamal Maldonado, Juan Tun Garrido, Noel González Valdivia, y William Cetzal Ix (2017). "Influencia de las especies leñosas en la dinámica de arvenses en sistemas agroforestales en Yucatán, México." *Agrociencia*, 51 (3), 315-328.

UNICEF-FUCAI (2015). *Comunidades Indígenas Tejedoras de Vida. El cuidado integral intercultural de la infancia wayuu*. Bogotá, Kimpres SAS.

Valdés-Rodríguez, Ofelia, Caupolicán Muñoz-Gamboa, Arturo Pérez-Vázquez, y Luz Esmeralda Martínez-Pacheco (2014). "Análisis y ajuste de curvas de crecimiento de *Moringa oleifera* Lam. en diferentes sustratos". *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2 (2): 66-70. Disponible en: https://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/2014/20_14_19.pdf [Consultado 19 mayo 2020]

Van Huylenbroeck, Guido, Valerie Vandermeulen, Eve Mettepenningen, y Ann Verspecht (2007). "Multifunctionality of Agriculture: A Review of Definitions, Evidence and Instruments." *Living Reviews in Landscape Research*, 1 (3), 1-43.

Vargas Cuervo, Germán y Carlos E. Gómez (2003). "La desertificación en Colombia y el cambio global." *Cuadernos de Geografía*, 12 (1-2), 121-134.

Vásquez Cardozo, Socorro y Hernán Darío Correa (2000). "Los Wayúu, entre Juya ("El que llueve"), Mmá ("La tierra") y el desarrollo urbano regional." En *Geografía Humana de Colombia. Nordeste Indígena (Tomo II)* (pp. 146-203). Bogotá, Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/geograf2/wayuu1.htm> [Consultado 19 mayo 2020]

Velázquez Castro, Judith Alejandra (2018). "Agricultura multifuncional: relevancia para el turismo en México." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9 (7), 1494-1507. doi: 10.29312/remexca.v9i7.1178

Villalobos, Soraya, Orlando Vargas y Sandra Melo (2007). "Uso, manejo y conservación de "yosú", *Stenocereus griseus* (Cactaceae), en la Alta Guajira Colombiana." *Acta biol. Colomb.* 12 (1), 99-112.

Villareal Gómez, Alejandro y Keila Johana Ortega Angulo (2014). "Revisión de las características y usos de la planta *Moringa oleifera*". *Investigación & Desarrollo*, 22 (2), 309-330.

Wasserman, S. y K. Faust (1994). *Social network analysis. Methods and applications*. Nueva York, Cambridge University Press.

Young, Katherine J. (2017). "Mimicking Nature: A Review of Successional Agroforestry Systems as an Analogue to Natural Regeneration of Secondary Forest Stands." En: F. Montagnini (Ed.) *Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty* (pp. 179-209). Cham, Springer. Doi: 10.1007/978-3-319-69371-2₈

Yusuf, J., M. B. Yuakubu y A. M. Balarabe (2015). "The use of *Moringa oleifera* seed as a coagulant for domestic water purification." *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 10 (1) 3, 6-9. doi: 10.9790/3008-10130609

Zongo, Urbain, Steve Léonce Zoungrana, Aly Savadogo y Alfred S. Traoré (2013). "Nutritional and Clinical Rehabilitation of Severely Malnourished Children with *Moringa oleifera* Lam. Leaf Powder in Ouagadougou (Burkina Faso)". *Food and Nutrition Sciences*, 4 (9), 991-997. doi: 10.4236/fns.2013.49128