



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**POBREZA, INNOVACIÓN Y MERCADO EN LAS
COMUNIDADES RURALES, PUEBLA**

JESSICA DEL CARMEN PERAZA REYES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2020

La presente tesis, titulada: **Pobreza, innovación y mercado en las comunidades rurales, Puebla**, realizada por la alumna: **Jessica del Carmen Peraza Reyes**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


DOCTORA EN CIENCIAS
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:  _____

DR. JOSÉ SERGIO ESCOBEDO GARRIDO

ASESOR:  _____

DR. ANTONIO MACÍAS

ASESOR:  _____

DR. ANDRÉS PÉREZ MAGAÑA

ASESOR:  _____

DR. FILEMÓN PARRA INZUNZA

ASESOR:  _____

DRA. MARÍA VIRGINIA GONZÁLEZ SANTIAGO

Puebla, Puebla, México, 19 Mayo de 2020

POBREZA, INNOVACIÓN Y MERCADO EN LAS COMUNIDADES RURALES, PUEBLA

Jessica del Carmen Peraza Reyes, Dr.

Colegio de Posgraduados, 2020

El hombre ha obtenido sus alimentos en la naturaleza, desarrollando tecnologías orientadas hacia la producción para la subsistencia, generando a lo largo de periodos históricos, innovaciones más eficaces y potentes que tienen fuerte impacto en el medio ambiente y en los niveles de pobreza. En la actualidad, las comunidades rurales se encuentran en una situación crítica, ya que, en este sector donde se producen materias primas y alimentos, se registran los mayores niveles de pobreza, siendo marginadas en el contexto global de mercados frente a un limitado acceso a las innovaciones. En este estudio se analiza la pobreza, la innovación y mercados, en un contexto social y técnico-productivo en la localidad de José María Morelos, en el municipio de Tlachichuca, Puebla. Se analizan los procesos de innovación en el sistema agroalimentario de manzana, desde una revisión del modelo lineal y sistémico incorporando los ejes técnico-productivo, organizacional y comercial. Se indaga y estudian las diversas situaciones económicas, sociales y de mercado que enfrenta el productor de manzana, quien esta construyendo su innovación en el medio rural, con lo que se revisa su acercamiento y su aceptabilidad a esas innovaciones, estimando para ello, un índice de aceptabilidad. El objetivo del estudio es, analizar el proceso construido por los pequeños productores, en la generación, acceso y aceptación de la innovación, para mejorar sus sistemas de producción, y conocer sus expectativas para instrumentar actividades novedosas de mercadeo y en su organización, a partir de estas mejoras. Estableciendo la relación existente entre el hecho de ser un productor innovador, y su incorporación al mercado y el papel de la organización social, para identificar los cambios que genera la innovación en pequeños productores, en términos de mejoramiento técnico productivo, de oportunidades y expectativas que despierta hacia nuevos mercados y en el papel que desempeña la organización de productores en el proceso de innovación. Para el marco metodológico se consideró la revisión bibliográfica, las visitas a la comunidad, la colecta de información primaria con encuestas personales, entrevistas en profundidad y talleres, además de la observación participante. Se estimó un Índice de Aceptabilidad de 58 puntos, señalando alta incorporación de la innovación técnica, que involucra un cambio en la variedad de manzana, en densidad, arqueo, fertilización y actividades culturales. El productor innovador identifica actividades novedosas en la comercialización, buscando mercados ($p=0.017$) y esquemas de mercadeo ($p=0.016$), intentando enfrentar el fuerte intermediarismo. La organización de productores, se convierte en el catalizador de inquietudes de los productores, incorporando conocimientos tácitos con los adquiridos, con lo que generan la innovación desde sus propias huertas. Además de facilitar su acceso a la capacitación ($p=0.005$), y asesoría sobre formas de trabajo ($p=0.015$) y promover su manzana ($p=0.000$). La innovación con enfoque sistémico permite identificar que la innovación va más allá del aspecto técnico, involucrando al productor en actividades novedosas de mercadeo, fortaleciendo su propia organización, en busca de mejorar su producción y sus ingresos.

Palabras clave: Innovación, Sistema Agroalimentario, Enfoque sistémico

POVERTY, INNOVATION AND MARKET IN RURAL COMMUNITIES, PUEBLA

Jessica del Carmen Peraza Reyes, Dr.

Colegio de Posgraduados, 2020

Man has obtained his food in nature, developing production-oriented technologies for subsistence, generating, throughout historical periods, more effective and powerful innovations that have a strong impact on the environment and on poverty levels. Currently, rural communities are in a critical situation, since, in this sector where raw materials and food are produced, the highest levels of poverty are registered, being marginalized in the global context of markets facing limited access to innovations. This study analyzes poverty, innovation and markets, in a social and technical-productive context in the town of José María Morelos, in the municipality of Tlachichuca, Puebla. The innovation processes in the apple agri-food system are analyzed, from a review of the linear and systemic model incorporating the technical-productive, organizational and commercial axes. The various economic, social and market situations facing the apple grower, who is building his innovation in rural areas, are investigated and studied, thereby reviewing his approach and acceptability to these innovations, estimating for this, an index of acceptability. The objective of the study is, to analyze the process built by small producers, in the generation, access and acceptance of innovation, to improve their production systems, and to know their expectations to implement new marketing activities and in their organization, from of these improvements. Establishing the existing relationship between being an innovative producer, and its incorporation into the market and the role of social organization, to identify the changes that innovation generates in small producers, in terms of technical-productive improvement, opportunities and expectations that It awakens towards new markets and the role of the producer organization in the innovation process. For the methodological framework, the bibliographic review, the visits to the community, the collection of primary information with personal surveys, in-depth interviews and workshops, in addition to participant observation, were considered. An Acceptability Index of 58 points was estimated, indicating a high incorporation of technical innovation, which involves a change in the apple variety, in density, tonnage, fertilization and cultural activities. The innovative producer identifies novel activities in commercialization, looking for markets ($p = 0.017$) and marketing schemes ($p = 0.016$), trying to confront the strong intermediary. The producer organization becomes the catalyst for producer concerns, incorporating tacit knowledge with that acquired, thereby generating innovation from their own gardens. In addition to facilitating their access to training ($p = 0.005$), and advice on ways of working ($p = 0.015$) and promoting their apple ($p = 0.000$). Innovation with a systemic approach allows us to identify that innovation goes beyond the technical aspect, involving the producer in innovative marketing activities, strengthening their own organization, seeking to improve their production and their income.

Key words: Innovation, Agri-Food System, Systemic approach

DEDICATORIA

A mis Padres:

Carmen Verónica Reyes Vda. de Peraza y José Francisco Peraza Zúniga

Los seres que sembraron una parte de su semilla en mi vida, mostrándome el valor del amor y la humildad. A mi padre, quien me condujo en el camino del conocimiento, y a mi madre, quien me ha enseñado a caminar a pesar de la adversidad. Son el más preciado regalo en mi vida. Los amo.

A mis Hermanas:

Rosy, Jennifer y Ali

Hemos caminado juntas por mucho tiempo sin flagelar, cada una con una habilidad diferente, son mi máximo orgullo y mi mayor bendición. Las re-amo.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** que ha sido mi guía y mi sustento durante toda mi vida, sin él definitivamente no hubiera logrado nada.

A **mi familia**, en especial a mi madre Carmen Verónica Reyes de Peraza por apoyarme en cada uno de mis sueños, por darme fuerzas y enseñarme que, aunque se pasen malas rachas en la vida, hay que seguir adelante. A mi padre, desde el cielo, por mostrarme que el camino del conocimiento es la puerta a muchas oportunidades en la vida. A mis hermanas por su amor, confianza, motivación y apoyo constante. A Víctor Manuel Gándara por cruzarse en mi camino y creer en mí.

A los **pequeños productores** de manzana de José María Morelos, Tlachichuca, en especial a los pertenecientes a la sociedad JOSMAM, gracias por compartir sus experiencias y vivencias conmigo, por abrir las puertas de sus hogares y enseñarme que la humildad es la base de la felicidad en el trabajo.

Al **PROEDAR**, por el apoyo y confianza que depositaron en mi durante estos cuatro años de investigación y trabajo, en especial al Doctor José Sergio Escobedo Garrido quien me apoyo durante mi trayectoria, por su paciencia y perseverancia. A mi comité asesor, profesores y amigos que me ayudaron a construir esta investigación con sus comentarios y correcciones.

A **CONACYT**, gracias por su apoyo, porque con su ayuda logre culminar mis estudios y desarrollar la estancia de investigación académica en la Universidad de Granada, España. Así también, a participar en congresos internacionales (La Habana, Cuba y Montevideo, Uruguay) y nacionales (Quintana Roo y Puebla).

A **México**, a su gente que me recibió de la forma más cálida y más hospedadora, a cada una de las personas que he conocido en este hermoso país, en especial a mis amigos: Abraham Osorio (mi fiel y buen amigo), Neguibi Dzib Poot (mi hermana y confidente México-Mayita), Copo (quien me acompañó en momentos de soledad), a Vivian Camejo (por compartir experiencias), (Javier Esquivel (quien me animo a subir a este barco), la familia Sánchez-Cerón y Osorio-García (quienes me abrieron sus casas sin escatimar), gracias por su apoyo y lealtad. Los voy a extrañar.

CONTENIDO

| | Página |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1.1 Situación problemática..... | 3 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 4 |
| 1.3 Hipótesis..... | 8 |
| 1.4 Objetivos | 8 |
| 1.5 Operacionalización de hipótesis..... | 9 |
| CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO..... | 11 |
| 2.1 Población y tamaño de muestra..... | 11 |
| 2.2 Método y enfoque de investigación | 13 |
| 2.3 Técnicas de recolección de datos e instrumentos de medición | 14 |
| 2.4 Desarrollo del trabajo en campo | 17 |
| III. MARCO REFERENCIAL..... | 18 |
| 3.1 Área de estudio..... | 18 |
| 3.2 Situación de la localidad de José María Morelos, Tlachichuca, Puebla | 19 |
| 3.2.1 Condiciones socioeconómicas | 20 |
| 3.2.2 Caracterización física de la zona..... | 20 |
| 3.3 Producción de Manzana | 22 |
| 3.3.1 Situación productiva de manzana en Puebla..... | 23 |
| 3.3.2 Las variedades de manzana..... | 25 |
| 3.3.3 La producción de manzana en José María Morelos, Tlachichuca ... | 26 |
| 3.3.4 Problemática en la producción de manzana en José María Morelos | 29 |
| IV. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL..... | 30 |
| 4.1 El Concepto de innovación y su clasificación..... | 30 |
| 4.2. Adopción y aceptabilidad de innovaciones..... | 36 |
| 4.3 Sistema Nacional de Innovación (SNI)..... | 38 |
| 4.4 Enfoques de la innovación | 41 |
| 4.4.1 El enfoque: modelo lineal | 42 |
| 4.4.2 La innovación en el Manual de Oslo | 45 |

| | |
|---|------------|
| 4.4.3 La innovación en el Manual de Bogotá | 46 |
| 4.5 Enfoque Sistémico de Innovación..... | 49 |
| 4.6 La innovación en el sistema agroalimentario..... | 57 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 59 |
| 5.1 Los pequeños productores de manzana de la localidad de José María Morelos, Tlachichuca, Puebla | 59 |
| 5.2 Caracterización del sistema productivo de la manzana..... | 67 |
| 5.3 La aceptabilidad de la innovación en los pequeños productores..... | 73 |
| 5.4 La innovación en la comercialización del sistema agroalimentario | 83 |
| 5.5 La Innovación Organizacional/Social en el Sistema Agroalimentario..... | 91 |
| CONCLUSIONES GENERALES..... | 99 |
| RECOMENDACIONES..... | 103 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 104 |

LISTA DE CUADROS

| | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1.Operacionalización de hipótesis..... | 10 |
| Cuadro 2. Clasificación de la innovación según Manual de Bogotá | 48 |
| Cuadro 3. Actividades económicas realizadas por los pequeños productores de José María Morelos | 60 |
| Cuadro 4.Nivel educativo en los pequeños productores | 61 |
| Cuadro 5. Diferencias características de pequeños productores organizados y no organizados .. | 62 |
| Cuadro 6. Superficie por cultivo (Ha)..... | 63 |
| Cuadro 7. Superficie en productores organizados y no organizados | 63 |
| Cuadro 8. Superficie sistema productivo de manzana | 64 |
| Cuadro 9.Variedades de manzana en la localidad | 64 |
| Cuadro 10. Periodo de producción en el sistema productivo..... | 65 |
| Cuadro 11.Productos básicos en las unidades de producción familiares..... | 65 |
| Cuadro 12.Cultivos en los pequeños productores de manzana..... | 66 |
| Cuadro 13.Sistema productivo tradicional (SPT) | 69 |
| Cuadro 14. Sistema mejorado productivo de manzana (SPM) | 70 |
| Cuadro 15. Nivel aceptación del SPM..... | 72 |
| Cuadro 16.Tecnologías del sistema productivo mejorado | 76 |
| Cuadro 17.Rangos de ser innovador | 78 |
| Cuadro 18.Resultados de tablas de contingencia..... | 78 |
| Cuadro 19.Variables socioeconómicas no relacionadas con ser innovador | 80 |
| Cuadro 20.Volumen y precio de la manzana | 81 |
| Cuadro 21.Variables socioeconómicas relacionadas con ser innovador | 82 |
| Cuadro 22. Relación índice innovador técnico productivo/innovación en la comercialización... | 86 |
| Cuadro 23.Relación índice innovador comercialización/innovación en la comercialización | 86 |
| Cuadro 24.Volumen de manzana comercializada ripio y criolla..... | 90 |
| Cuadro 25.Grado de negociación en la comercialización..... | 90 |
| Cuadro 26. Resultados de tablas de contingencia/ innovador técnico productivo/ innovación organizacional/social | 93 |
| Cuadro 27. Resultados de tablas de contingencia /actividades realizadas como organización /ser innovador técnico productivo | 94 |
| Cuadro 28. Relación innovación en la comercialización con variables organizativas/sociales ... | 98 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de ubicación localidad de José María Morelos, Tlachichuca, Puebla. | 19 |
| Figura 2. Toneladas por producción de manzana por año. | 24 |
| Figura 3. Modelo lineal | 43 |
| Figura 4. Proceso de innovación | 43 |
| Figura 5. Modelo lineal technology push | 44 |
| Figura 6. Proceso de innovación según Manual de Oslo | 45 |
| Figura 7. Proceso de innovación, Manual de Oslo | 47 |
| Figura 8. Enfoque sistémico | 53 |
| Figura 9. Cronología y proceso del sistema mejorado productivo de manzana. | 71 |
| Figura 10. Técnicas del SPM aceptadas por los productores. | 72 |



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**DIVERSIDAD EDÁFICA Y RELACIONES PRODUCTIVAS DE LA MILPA
INTERCALADA CON ÁRBOLES FRUTALES EN LA REGIÓN DE
HUEJOTZINGO, PUEBLA**

TABARÉ TONALLI AQUIMÍN DUCHÉ GARCÍA

T E S I S

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

DOCTOR EN CIENCIAS

CHOLULA, PUEBLA

2020

La presente tesis, titulada: **Diversidad edáfica y relaciones productivas de la milpa intercalada con árboles frutales en la región de Huejotzingo, Puebla**, realizada por el alumno: **Tabaré Tonalli Aquimín Duché García**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. IGNACIO OCAMPO FLETES

ASESOR:



DR. JAVIER CRUZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



DR. J. ARAHÓN HERNÁNDEZ GUZMÁN

ASESOR:



DR. ANTONIO MACÍAS LÓPEZ

ASESOR:



DR. DANIEL JIMÉNEZ GARCÍA

Puebla, Puebla, México, 02 de noviembre del 2020

**DIVERSIDAD EDÁFICA Y RELACIONES PRODUCTIVAS DE LA MILPA
INTERCALADA CON ÁRBOLES FRUTALES EN LA REGIÓN DE HUEJOTZINGO,
PUEBLA**

Tabaré Tonalli Aquimín Duché García, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2020

RESUMEN

En el Valle de Puebla, en la región de Huejotzingo, algunos productores cuentan con sistemas tradicionales de cultivo múltiple, en los que intercalan árboles frutales con cultivos anuales. Derivado de estos sistemas, investigadores del Colpos y el Inifap desarrollaron la propuesta tecnológica milpa intercalada con árboles frutales (MIAF); tecnología multiobjetivo que busca aumentar los rendimientos de maíz y la productividad de la tierra, a la par de reducir la erosión hídrica del suelo, mejorar los ingresos de los productores, y conservar la diversidad de los agroecosistemas. Esta investigación evaluó la diversidad biológica edáfica, la calidad del suelo y su relación con aspectos productivos entre los cultivos componentes en el sistema agroforestal Milpa Intercalada en Árboles Frutales, en la región de Huejotzingo, Puebla. Se determinaron variables productivas de los cultivos en dos ciclos de producción, así como atributos fisicoquímicos y microbiológicos del suelo en 16 sitios contrastantes en cuatro fechas de muestreo dentro del sistema MIAF. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), así como una correlación canónica, análisis de conglomerados, análisis de componentes principales y regresión lineal. Los resultados muestran que el sistema MIAF posee ventajas productivas y ecológicas frente a los sistemas en monocultivo, al obtener una ERT (eficiencia relativa de la tierra) > 1 , y al conseguir un índice de calidad de suelo promedio mayor al monocultivo. La presencia de grupos funcionales microbiológicos, como actinomicetos totales, fijadores de nitrógeno y hongos, se ve favorecida en el MIAF respecto al monocultivo, así como el porcentaje de materia orgánica y el contenido de nutrientes en el suelo. En el presente estudio se establecen y confirman evidencias de que el MIAF genera diversos beneficios, a nivel ecológico y productivo, en comparación con los monocultivos.

Palabras clave: Calidad de suelo, Eficiencia relativa de la tierra, Manzana, Maíz-Frijol, Microorganismos edáficos.

EDAPHIC DIVERSITY AND PRODUCTIVE RELATIONSHIPS OF THE MILPA INTERCLASSED WITH FRUIT TREES IN THE HUEJOTZINGO REGION, PUEBLA

Tabaré Tonalli Aquimín Duché García, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2020

ABSTRACT

In the Puebla Valley, in the Huejotzingo region, some producers have traditional multiple cropping systems, in which fruit trees are intercropped with annual crops. Derived from these systems, researchers from Colpos and Inifap developed the technological proposal for milpa intercropped in fruit trees (MIAF), a multi-objective technology that seeks to increase both corn yields and land productivity, while reducing soil water erosion, improving producers' incomes, and conserving the diversity of agroecosystems. This research evaluated the edaphic biological diversity, soil quality and its relationship with productive aspects between the component crops in the Milpa Intercropped in Fruit Trees agroforestry system, in the Huejotzingo region, Puebla. Productive variables of the crops were determined in two production cycles, as well as physicochemical and microbiological attributes of the soil in 16 contrasting sites on four sampling dates within the MIAF system. An analysis of variance and a Tukey mean comparison test ($\alpha=0.05$) were performed, as well as a canonical correlation, cluster analysis, principal component analysis, and linear regression. The results show that the MIAF system has productive and ecological advantages over monoculture systems, by obtaining an ERT (Relative Soil Efficiency) > 1 , and by achieving an average soil quality index higher than the monoculture. The presence of microbiological functional groups, such as total actinomycetes, nitrogen fixers and fungi, is favored in the MIAF with respect to monoculture, as well as the percentage of organic matter and the content of nutrients in the soil. In the present study, evidence is established and confirmed that MIAF generates various benefits, at an ecological and productive level, compared to monocultures.

Key words: Apple, Corn-Bean, Edaphic microorganisms, Relative soil efficiency, Soil quality.

DEDICATORIA

A la diversidad biológica, la cual nos cultiva de incontables maneras, nos protege, brinda alimento y todo lo necesario para disfrutar la vida.

A mi familia, mi pareja, mis hijos, hermanos y padres. Quienes refuerzan mi espíritu para continuar el camino.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado en mis estudios de posgrado.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme los recursos materiales y el conocimiento que me permitió realizar mi investigación.

A los integrantes del Consejo Particular por impulsarme a continuar y apoyarme en la realización de la tesis al igual que mi formación académica y madurez filosófica:

Dr. Ignacio Ocampo Fletes. Por su valioso apoyo a mi formación profesional y contribución al trabajo de tesis, así como sus consejos y recomendaciones que me ayudaron a desarrollarme como persona.

Dr. Javier Cruz Hernández. Por su entera disposición en el avance de la investigación y el enriquecimiento aportado a ella.

Dr. J. Arahón Hernández Guzmán. Por su conocimiento y asesoría académica que me permitió concluir el presente estudio.

Dr. Antonio Macías López. Por su confianza y amabilidad que me impulsaron a concluir mis estudios.

Dr. Daniel Jiménez García. Por su conocimiento compartido y recomendaciones otorgadas.

Al Dr. Pedro Antonio López. Por sus asesorías y consejos que ayudaron a fortalecer el trabajo.

Al Dr. Andrés María Ramírez. Por su tiempo y apoyo en la revisión de presente trabajo.

En especial agradecimiento al M.C. Ernesto Hernández Romero por su entera disposición y compromiso con el desarrollo del presente trabajo, al igual que a la Ing. Reyna Rojas por apoyarme con las actividades de campo.

A Don Hipólito, que descanse en paz, su esposa María y su hijo Iván, por permitirme ingresar a su parcela y darme las facilidades para realizar mi investigación.

A mis compañeros y camaradas, con quienes aprendí y compartí buenos momentos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL

| | |
|--|----|
| 1. Planteamiento de investigación..... | 4 |
| 2. Objetivos | 6 |
| 2.1 Objetivo general..... | 6 |
| 2.2 Objetivos específicos | 6 |
| 3. Hipótesis | 7 |
| 3.1 Hipótesis general..... | 7 |
| 3.2 Hipótesis específicas..... | 7 |
| 4. Marco de referencia | 7 |
| 4.1 Sistemas de cultivo múltiple | 7 |
| 4.2 Sistemas agroforestales (SAF)..... | 9 |
| 4.3 Antecedentes de la Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF)..... | 11 |
| 4.4 Milpa Intercalada en Árboles Frutales | 13 |
| 4.5 Cultivos componentes del MIAF | 13 |
| 4.6 Mesocultivo - Maíz..... | 13 |
| 4.7 Sotocultivo - Frijol..... | 17 |
| 4.8 Epicultivo - Árbol frutal (manzano) | 21 |
| 5. Marco teórico | 22 |
| 5.1 El paradigma agroecológico | 22 |
| 5.2 El agroecosistema | 25 |
| 5.3 La diversidad biológica en los agroecosistemas | 26 |
| 5.4 Productividad de los agroecosistemas | 33 |
| 5.5 Calidad de suelo y microorganismos en el agroecosistema..... | 34 |
| 6. Literatura citada | 38 |
| | |
| CAPÍTULO I. METODOLOGÍA..... | 48 |
| 1.1 Localización y características del área de estudio | 48 |
| 1.2 Método y técnicas de investigación | 49 |
| 1.3 Unidad de análisis | 50 |
| 1.3.1 Diseño Experimental..... | 50 |
| 1.3.2 Tamaño de la muestra | 51 |
| 1.4 Materiales genéticos..... | 52 |
| 1.5 Variables ambientales | 53 |
| 1.6 Variables evaluadas | 54 |
| 1.7 Índice de Área Foliar (IAF) | 55 |
| 1.8 Biomasa foliar de maíz | 55 |
| 1.9 Materia seca de la biomasa aérea total (BAT) | 56 |

| | |
|---|-----|
| 1.10 Materia seca de la biomasa de raíces finas | 56 |
| 1.11 Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT) | 57 |
| 1.12 Calidad de semilla de maíz y frijol | 57 |
| 1.13 Determinación de grupos funcionales de microorganismos edáficos | 59 |
| 1.14 Análisis fisicoquímico del suelo | 60 |
| 1.14.1 Muestreo de suelo | 61 |
| 1.14.2 Humedad y Densidad Aparente | 63 |
| 1.14.3 Granulometría | 63 |
| 1.14.4 Materia orgánica y Carbono oxidable | 63 |
| 1.14.5 Cenizas | 64 |
| 1.14.6 Nitrógeno total | 65 |
| 1.14.7 Nitrógeno nítrico y amoniacal | 65 |
| 1.14.8 Textura | 66 |
| 1.14.9 pH y Conductividad eléctrica | 66 |
| 1.14.10 Nutrientes (P, N, K, Ca) | 67 |
| 1.14.11 Bioensayo espontáneo de arvenses | 67 |
| 1.15 Calculo de índice de calidad de suelo | 68 |
| 1.16 Literatura citada | 69 |
| | |
| CAPÍTULO II. ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR, BIOMASA Y CALIDAD DE SEMILLA DE MAÍZ EN DISTINTAS CONDICIONES DE SIEMBRA DE UN SISTEMA MIAF..... | |
| Resumen..... | 72 |
| Abstract | 72 |
| Introducción | 73 |
| Materiales y métodos | 76 |
| Resultados y discusión | 81 |
| Conclusiones | 87 |
| Literatura citada | 87 |
| | |
| CAPÍTULO III. EFICIENCIA RELATIVA DE LA TIERRA, ATRIBUTOS FISICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL SUELO EN LA MILPA INTERCALADA CON ÁRBOLES FRUTALES | |
| Resumen..... | 93 |
| Abstract | 94 |
| Introducción | 94 |
| Materiales y métodos | 97 |
| Resultados y discusión | 104 |

| | |
|--|------------|
| Conclusiones | 122 |
| Literatura citada | 123 |
| CAPÍTULO IV. GRUPOS MICROBIANOS EN UN AGROECOSISTEMA MILPA INTERCALADA CON ÁRBOLES FRUTALES EN VALLES ALTOS DE PUEBLA. | 129 |
| Resumen..... | 129 |
| Abstract..... | 130 |
| Introducción | 130 |
| Materiales y métodos | 133 |
| Resultados y discusión..... | 136 |
| Conclusiones | 145 |
| Literatura citada | 146 |
| CONCLUSIONES GENERALES..... | 152 |
| RECOMENDACIONES GENERALES | 153 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|-----|
| Cuadro 1. Superficie cosechada de maíz en ciclos PV-OI considerando tierras de riego y temporal. | 17 |
| Cuadro 2. Tratamientos del subexperimento de manzanos | 51 |
| Cuadro 3. Sitios para el primer muestreo de suelo | 61 |
| Cuadro 4. Sitios evaluados para cultivos anuales | 62 |
| Cuadro 5. Sitios para cultivos simples y manzano | 62 |
| Cuadro 6. Sitios evaluados bajo sistema MIAF en la localidad de San Mateo Capultitlán | 77 |
| Cuadro 7. Variables de campo evaluadas en los distintos sitios | 83 |
| Cuadro 8. Calidad física y fisiológica de maíz | 85 |
| Cuadro 9. Sitios de muestreo evaluados en el sistema MIAF..... | 98 |
| Cuadro 10. Métodos de laboratorio para determinar propiedades fisicoquímicas del suelo | 99 |
| Cuadro 11. Clases de calidad de suelo | 102 |
| Cuadro 12. Atributos fisicoquímicos muestreo 1 (hoja bandera de maíz, verano 2018) | 106 |
| Cuadro 13. Atributos fisicoquímicos muestreo 2 (madurez fisiológica de maíz, otoño 2018) .. | 107 |
| Cuadro 14. Atributos fisicoquímicos muestreo 3 (previo a la siembra, primavera 2019) | 109 |
| Cuadro 15. Atributos fisicoquímicos muestreo 4 (hoja bandera de maíz, verano 2019) | 111 |
| Cuadro 16. Resultados del ACP de los promedios de ICS del ciclo agrícola 2018 y 2019 | 112 |
| Cuadro 17. Resultados ACP de los promedios de ICS | 114 |
| Cuadro 18. Indicadores propuestos para evaluar la calidad de suelos (ICS) a partir del CMD.. | 116 |
| Cuadro 19. Indicadores ICS para el ciclo agrícola 2018 y 2019 | 118 |
| Cuadro 20. Rendimientos promedio y ERT en MIAF | 119 |
| Cuadro 21. Tabla de correlación para ERT e ICS 2018 y 2019 | 122 |
| Cuadro 22. Sitios de muestreo de suelo en diferentes condiciones de cultivo. San Mateo Capultitlán, Puebla, 2018..... | 134 |
| Cuadro 23. Croquis de la parcela experimental | 134 |
| Cuadro 24. Análisis de Varianza de propiedades fisicoquímicas del suelo de los sitios muestreados en San Mateo Capultitlán..... | 139 |
| Cuadro 25. Correlación para cultivos en asociación..... | 141 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Clasificación e ilustración del maíz (<i>Zea mays</i> L.) | 14 |
| Figura 2. Estados fenológicos de maíz de acuerdo con la Escala de Ritchie y Hanway (1982, citado en Garay y Cruz, 2015) | 15 |
| Figura 3. Clasificación e ilustración del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)..... | 18 |
| Figura 4. Etapas de desarrollo del cultivo de frijol (<i>P. vulgaris</i> L.) | 19 |
| Figura 5. Superficie cosechada de frijol en México, 2005-2016 (Millones de hectáreas)..... | 20 |
| Figura 6. Clasificación e ilustración del manzano (<i>Malus domestica</i> Borkh) | 21 |
| Figura 7. Ubicación del municipio de Huejotzingo, en el estado de Puebla, y sitio donde se realizó el estudio. | 49 |
| Figura 8. Registro de variables ambientales | 54 |
| Figura 9. Toma de muestra para la estimación de materia seca de la biomasa de hojas en maíz. 56 | |
| Figura 10. Barrena cilíndrica con muestra de suelo para la estimación de materia seca de la biomasa de raíces finas | 57 |
| Figura 11. Grupo de plántulas de prueba de germinación estándar | 58 |
| Figura 12. Determinación de grupos microbiológicos..... | 60 |
| Figura 13. Determinación de porcentaje de materia orgánica. | 64 |
| Figura 14. Bioensayo espontáneo de arvenses..... | 68 |
| Figura 15. Clasificación de plántulas de la prueba de germinación estándar | 80 |
| Figura 16. Distribución ortogonal del análisis de componentes principales (ACP) de los promedios de ICS para los cuatro muestreos de suelo..... | 116 |
| Figura 17. Análisis de Conglomerados de promedios de ICS 2018 y 2019. | 118 |
| Figura 18. Climograma ciclo 2018 parcela MIAF en San Mateo Capultitlán, Puebla. | 137 |
| Figura 19. Abundancia de grupos microbianos edáficos en los sitios muestreados | 140 |
| Figura 20. Diagrama de correlaciones para las propiedades fisicoquímicas del suelo y la abundancia de microorganismos | 142 |
| Figura 21. Análisis de Conglomerados para grupos de microorganismos y atributos fisicoquímicos del suelo..... | 143 |



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA
REGIONAL

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA

ANA KAREN REYES REYES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2020

La presente tesis, titulada: **Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en San Andrés Calpan, Puebla**, realizada por la alumna: **Ana Karen Reyes Reyes**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. IGNACIO OCAMPO FLETES

ASESOR:



DR. ENRIQUE ORTIZ TORRES

ASESOR:



DR. BENITO RAMÍREZ VALVERDE

ASESOR:



DR. MIGUEL ACOSTA MIRELES

ASESOR:



DR. PRIMO SÁNCHEZ MORALES

Puebla, Puebla, México, 4 de noviembre de 2020.

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA

Ana Karen Reyes Reyes, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2020

Predominan dos modos de apropiación de la naturaleza: campesino y agroindustrial. El modo agroindustrial ha incrementado la tecnificación para conseguir mayores rendimientos, a través del uso de dosis masivas de insumos costosos. La problemática actual del deterioro de los recursos naturales ha propiciado que emerjan nuevas estrategias de desarrollo agrícola, para asegurar una producción de alimentos con el menor impacto ambiental. Los Sistemas Agroforestales (SAF), son una estrategia encaminada hacia la sustentabilidad que consiste en un policultivo con al menos un componente leñoso perenne que interactúa con otras especies cultivadas. El objetivo fue evaluar la sustentabilidad de SAF con diferente forma de manejo ubicados en San Andrés Calpan, Puebla. Se utilizó el enfoque agroecológico, que emplea técnicas cuantitativas y cualitativas. El trabajo se realizó en dos etapas, la primera fue una caracterización de los SAF, y en la segunda se evaluó la sustentabilidad de los SAF seleccionados. Para la caracterización se aplicaron 81 cuestionarios. La sustentabilidad de los SAF con diferente manejo, se evaluó con 19 indicadores. Se seleccionaron tres sistemas agrícolas: tejocote (tradicional), capulín (tradicional) y manzano (especializado); cada uno con una repetición. Para organizar y analizar la información se aplicó la herramienta metodológica MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de los Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad). Los resultados de la primera etapa mostraron que los SAF presentaron en promedio un Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad (ICA) de 0.23, indicador de la categoría semitradicional. Se identificaron tres categorías de los SAF: Semitradicionales (59%), Tradicionales (22%) y Campesinos Puros (19%). Con respecto a la sustentabilidad, los SAF tradicionales, son más sustentables que el SAF alternativo (manzana), el cual es un sistema propuesto a partir de un modelo de investigación. Se concluye que los SAF tradicionales tienen un manejo tendiente a lo campesino, y resultaron más sustentables en relación al SAF modificado tecnológicamente.

Palabras Clave: Agroecosistema, Biodiversidad, Indicadores, milpa, Sistemas Agroforestales, Sistemas tradicionales.

EVALUATION OF THE SUSTAINABILITY OF AGROFORESTAL SYSTEMS IN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA

Ana Karen Reyes Reyes, Dra.

Graduate College, 2020

Two modes of appropriation of nature predominate: peasant and agro-industrial. The agroindustrial mode has increased technification to achieve higher yields, through the use of massive doses of expensive inputs. The current problem of deterioration of natural resources has led to the emergence of new agricultural development strategies, to ensure food production with the least environmental impact. Agroforestry Systems (SAF) are a strategy aimed at sustainability that consists of a polyculture with at least one perennial woody component that interacts with other cultivated species. The objective was to evaluate the sustainability of SAF with different forms of management located in San Andrés Calpan, Puebla. The agroecological approach was used, which uses quantitative and qualitative techniques. The work was carried out in two stages, the first was a characterization of the SAF, and in the second the sustainability of the selected SAF was evaluated. For the characterization, 81 questionnaires were applied. The sustainability of SAFs with different management was evaluated with 19 indicators. Three agricultural systems were selected: tejocote (traditional), capulín (traditional) and apple tree (specialized); each with a repeat. To organize and analyze the information, the methodological tool MESMIS (Framework for the Evaluation of Natural Resources Management Systems incorporating Sustainability Indicators) was applied. The results of the first stage showed that the SAF presented on average a Peasant-Agroindustrial Index (ICA) of 0.23, an indicator of the semi-traditional category. Three categories of SAFs were identified: Semi-traditional (59%), Traditional (22%) and Pure Farmers (19%). Regarding sustainability, the traditional SAFs are more sustainable than the alternative SAF (apple), which is a system proposed based on a research model. It is concluded that the traditional SAFs have a peasant-oriented management, and were more sustainable in relation to the technologically modified SAF.

Key Words: Agroecosystem, Biodiversity, Indicators, milpa, Traditional systems, Agroforestral systems.

Dedico esta tesis a:

Mis hijos Gabriel y Bruno, por ser mi motivación, inspiración y quienes me han enseñado a dar lo mejor de mí. Los amo.

A mis padres Enrique y Silvia, por su apoyo incondicional, por ser mi ejemplo de perseverancia y esfuerzo, por entender mis decisiones y por su gran esfuerzo para hacerme una persona de bien y llenar mi vida con sus valiosos consejos.

A ti Gabriel, por tu apoyo, comprensión, motivación y cooperación. Gracias por alentarme, y por ser un gran papá para nuestros hijos.

A mis hermanos.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, por darme la oportunidad de formarme académicamente y su hospitalidad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de doctorado.

Al Dr. Ignacio Ocampo Fletes, mi Consejero, por todas las enseñanzas, recomendaciones, comprensión y el apoyo brindado durante mi proceso de formación. Gracias por ser un gran profesor y un ejemplo a nivel académico y personal.

A mi Consejo Particular, por su orientación para realizar el presente trabajo de investigación:

Dr. Benito Ramírez Valverde, por su contribución al trabajo de investigación y su paciencia en las asesorías.

Dr. Enrique Ortiz Torres, por sus recomendaciones y aliento para concluir el presente trabajo.

Dr. Primo Sánchez Morales, por sus observaciones y la confianza brindada para poder recurrir a usted en cualquier momento.

Dr. Miguel Acosta Mireles, por su disposición, sugerencias y amabilidad en todo momento.

Al M. en C. Ernesto Hernández Romero, por compartir su valiosa experiencia del sistema MIAF y las diversas explicaciones de sus experimentos que desarrolla en campo.

Al Ing. Leoncio Herrera Palestina, por la ayuda y disposición en todo momento, fue parte fundamental para la realización del trabajo de campo.

Al Dr. Pedro Antonio López, por su cordial atención y asesoría en ciertos momentos de mi formación.

A la Dra. Lusmila Herrera Pérez por sus aportaciones a este trabajo de investigación.

A los productores de la localidad de San Andrés Calpan, por su apoyo y cooperación para la elaboración de este trabajo de investigación.

A los chicos del CBTA 255 por su valiosa ayuda en actividades de campo.

A Carlos, mi mejor amigo, por su compañerismo, consejos, sinceridad y por su gran ayuda en campo. Gracias por alentarme en esta etapa y por escucharme en todo momento.

A mis compañeros, por ser parte de mi formación, y compartir momentos muy valiosos y agradables.

A mi familia.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN | 4 |
| 1.1 Justificación..... | 4 |
| 1.2 Problema de investigación | 5 |
| 1.3 Hipótesis general..... | 8 |
| 1.3.1 Hipótesis específicas | 8 |
| 1.4 Objetivo general | 8 |
| 1.4.1 Objetivos específicos | 9 |
| 1.5 Marco de referencia..... | 9 |
| 1.6 Marco Teórico..... | 12 |
| 1.6.1 Desarrollo sustentable | 12 |
| 1.6.2 Agricultura sustentable | 13 |
| 1.6.3 El Enfoque de la Agroecología | 21 |
| 1.6.4 Sistemas agroforestales | 27 |
| II. METODOLOGÍA GENERAL | 37 |
| 2.1 Área de estudio..... | 37 |
| 2.2 Enfoque de la investigación | 37 |
| 2.3 Técnicas de investigación | 38 |
| 2.4 Población y muestreo | 41 |
| 2.5 Marco para Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)..... | 43 |
| 2.6 Atributos e indicadores | 46 |
| 2.7 Técnicas estadísticas | 49 |
| Literatura citada..... | 50 |
| III. CAMPESINIDAD Y AGROINDUSTRIALIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE SAN ANDRÉS CALPAN, CALPAN, PUEBLA | 64 |
| 3.1 Resumen..... | 65 |
| 3.2 Introducción | 66 |
| 3.3 Materiales y métodos | 68 |
| 3.4 Resultados y discusión | 75 |

| | |
|--|-----|
| 3.5 Conclusiones | 84 |
| 3.6 Literatura citada | 85 |
| IV. LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA, MÉXICO | 92 |
| 4.1 Resumen | 93 |
| 4.2 Introducción | 94 |
| 4.3 Metodología | 96 |
| 4.4 Resultados y discusión | 102 |
| 4.5 Conclusiones | 111 |
| 4.6 Literatura citada | 112 |
| V. EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE SAN ANDRÉS CALPAN, CALPAN, PUEBLA | 116 |
| 5.1 Resumen | 117 |
| 5.2 Introducción | 118 |
| 5.3 Materiales y métodos | 122 |
| 5.4 Resultados y discusión | 133 |
| 5.5 Conclusiones | 144 |
| 5.6 Literatura citada | 145 |
| VI. PROPUESTA DE REDISEÑO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DEL SISTEMA AGROFORESTAL MILPA INTERCALADA CON ÁRBOLES FUTALES (MIAF) | 151 |
| 6.1 Resumen | 152 |
| 6.2 Introducción | 153 |
| 6.3 Descripción y análisis del sistema MIAF | 156 |
| 6.4 Sustentabilidad en el sistema MIAF | 160 |
| 6.5 Conclusiones y recomendaciones | 173 |
| 6.6 Literatura citada | 175 |
| DISCUSIÓN GENERAL | 182 |
| Literatura citada | 186 |
| CONCLUSIONES GENERALES | 189 |
| ANEXOS | 192 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|-----|
| Cuadro 1.1. Tesis que abordan componentes del sistema MIAF | 10 |
| Cuadro 1.2. Características del modo campesino y el modo agroindustrial..... | 18 |
| Cuadro 2.1. Atributos para la caracterización de los Sistemas Agroforestales de San Andrés Calpan | 46 |
| Cuadro 2.2. Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad | 47 |
| Cuadro 3.1. Atributos para construcción del ICA de los sistemas agroforestales de San Andrés Calpan, Puebla | 70 |
| Cuadro 3.2. Indicadores para el cálculo del ICA de los sistemas agroforestales de San Andrés Calpan, Puebla | 72 |
| Cuadro 3.3. Índice de Campesinidad-Agroindustrialidad de los SAF de la localidad de San Andrés Calpan en el municipio de Calpan, Puebla | 76 |
| Cuadro 3.4. Tipos de sistemas encontrados en la localidad de San Andrés Calpan, Calpan, Puebla | 77 |
| Cuadro 3.5. Comparación de indicadores para la obtención del Índice de Campesinidad- Agroindustrialidad entre grupos | 80 |
| Cuadro 3.6. Indicadores con diferencias significativas entre grupos | 81 |
| Cuadro 4.1. Composición del IMSPA | 98 |
| Cuadro 4.2. Categorías del IMSPA | 101 |
| Cuadro 4.3. Composición de los SAF en la localidad de San Andrés Calpan | 103 |
| Cuadro 4.4. Comparación de indicadores para la evaluación de la multifuncionalidad en los SAF de San Andrés Calpan | 103 |
| Cuadro 4.5. Integración del IMSPA | 111 |
| Cuadro 5.1. Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad | 126 |
| Cuadro 5.2. Densidad de agroquímicos utilizados | 132 |
| Cuadro 5.3. Integración de los indicadores de sostenibilidad de los sistemas agroforestales Manzana, Tejocote y Capulín en San Andrés Calpan, Puebla | 141 |
| Cuadro 6.1. Modificación de elementos ecológicos del sistema MIAF tradicional..... | 161 |
| Cuadro 6.2. Modificación de elementos económicos del sistema MIAF tradicional..... | 167 |
| Cuadro 6.3. Modificación de elementos sociales del sistema MIAF tradicional | 169 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1.1. Componentes del sistema MIAF tradicional..... | 33 |
| Figura 2.1 Diseño de la investigación | 40 |
| Figura 2.2. Imagen satelital de las parcelas evaluadas | 42 |
| Figura 3.1. Ubicación Geográfica de la localidad de San Andrés Calpan | 68 |
| Figura 4.1. Ubicación geográfica de la localidad de San Andrés Calpan | 96 |
| Figura 4.2. Valor por indicador para el ámbito territorial por sistema..... | 106 |
| Figura 4.3. Valor por indicador para el ámbito ambiental por sistema | 107 |
| Figura 4.4. Valor por indicador para el ámbito económico por sistema | 109 |
| Figura 4.5. Valor por indicador para el ámbito social por sistema..... | 110 |
| Figura 5.1 Imagen satelital de las parcelas evaluadas | 124 |
| Figura 5.2. Estado de sustentabilidad de los Sistemas Agroforestales: Manzana, Tejocote y Capulín, en San Andrés Calpan, Puebla..... | 144 |
| Figura 6.1. Componentes del sistema MIAF tradicional..... | 159 |



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE *Melanaphis sacchari* EN EL CULTIVO DE SORGO EN IZÚCAR DE MATAMOROS, PUEBLA Y TOXICIDAD DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* SOBRE SU ENEMIGO NATURAL *Chrysoperla carnea*

CARLOS SERRATOS TEJEDA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

CHOLULA, PUEBLA

2020

La presente tesis titulada: **EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE *Melanaphis sacchari* EN EL CULTIVO DE SORGO EN IZÚCAR DE MATAMOROS, PUEBLA Y TOXICIDAD DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* SOBRE SU ENEMIGO NATURAL *Chrysoperla carnea*.** realizada por el alumno: CARLOS SERRATOS TEJEDA, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN
ESTRATEGIAS EN DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:  _____

DR. ARTURO HUERTA DE LA PEÑA

ASESOR:  _____

DR. JUAN MORALES JIMÉNEZ

ASESOR:  _____

DR. JOSÉ HILARIO HERNÁNDEZ SALGADO

ASESOR:  _____

DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ

ASESOR:  _____

DR. AGUSTÍN ARAGÓN GARCÍA

Cholula, Puebla, México 26 de noviembre de 2020

EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE *Melanaphis sacchari* EN EL CULTIVO DE SORGO EN IZÚCAR DE MATAMOROS, PUEBLA Y TOXICIDAD DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* SOBRE SU ENEMIGO NATURAL *Chrysoperla carnea*.

Carlos Serratos Tejeda.
Colegio de Postgraduados, 2020.

En Puebla, la región de Izúcar de Matamoros concentra el 75.7 % de la producción de sorgo. Esta región enfrenta un problema fitosanitario: el pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*), cuyo método de control es la aplicación de insecticidas sintéticos. Este estudio buscó reconocer el impacto económico de *M. sacchari* en dicha región, identificar cambios del sistema productivo tras la primera infestación; se calculó el índice de aplicación de prácticas de manejo (IAPM), se determinó la rentabilidad bajo labranza tradicional y cero. La tendencia poblacional de *M. sacchari* y de adultos de *Chrysoperla* spp., en sorgo para los ciclos 2017 y 2018. Y la toxicidad de extractos de *A. mexicana* y de imidacloprid sobre *C. carnea* en laboratorio. Con base en datos de las entrevistas se presenta el impacto de *M. sacchari*, los cambios implementados en el sistema, se calculó el IAPM, y la rentabilidad del cultivo. Para la tendencia poblacional de *M. sacchari* y de *Chrysoperla* spp., se realizaron muestreos. La toxicidad de *A. mexicana* se evaluó vía tópica, inmersión de huevos, ingestión en larvas, e ingestión en adultos. A causa de *M. sacchari* se obtuvo menor rendimiento de sorgo en 2014-2016. Aplicar insecticidas con mayor frecuencia, fue la principal estrategia de control, esto incrementó los costos de producción. El efecto negativo en la economía de los productores fue relativamente menor debido que son pluriactivos. El IAPM fue medio para ambas labranzas; a mayor IAPM, mayor el rendimiento. *M. sacchari* coloniza el sorgo durante sus primeras etapas fenológicas. Las poblaciones de *Chrysoperla* spp., y *M. sacchari* presentaron sincronía. El extracto acuoso de *A. mexicana*, no mostró efectos tóxicos. El extracto oleoso mostró efectos adversos: eclosión nula, retraso de pupación y mortalidad del 43.7 % de adultos. Imidacloprid mostró alta toxicidad aplicado tópicamente, por ingestión en adultos y toxicidad media sobre huevecillos e ingestión en larvas.

Palabras clave: Control biológico, extractos vegetales, efectos secundarios, tendencia poblacional.

SOCIOECONOMIC EVALUATION OF *Melanaphis sacchari* IN THE SORGHUM CROP
IN IZUCAR DE MATAMOROS, PUEBLA AND TOXICITY OF THE EXTRACT OF
Argemone mexicana ON ITS NATURAL ENEMY *Chrysoperla carnea*.

Carlos Serratos Tejeda.

Colegio de Postgraduados, 2020.

In Puebla, the Izucar de Matamoros region concentrates 75.7 % of the sorghum production. This region has faced a serious phytosanitary problem caused by the yellow aphid (*Melanaphis sacchari*), whose main control method is the application of synthetic insecticides. This study sought to recognize the economic impact of *M. sacchari* in region aforementioned, to identify the changes in the sorghum production system after the first infestation; The index of application of management practices (IAPM) was calculated, profitability under traditional and zero tillage. The population trend of *M. sacchari* and adults of *Chrysoperla* spp., in the sorghum crop for 2017 and 2018 cycles. The toxicity of *A. mexicana* extracts and imidacloprid on *C. carnea* under laboratory conditions. Based on data from the interviews, the impact of *M. sacchari* is presented, the changes implemented in the system, the IAPM was calculated and the profitability of the crop. For the population trend of *M. sacchari* and *Chrysoperla* spp. Samplings were carried out. The toxicity of *A. mexicana* was evaluated topically, by immersion of eggs, ingestion in larvae, and ingestion in adults. Due to *M. sacchari* a lower yield of sorghum was obtained in 2014-2016. Applying insecticides more frequently was the main control strategy, this increased production costs. The negative effect of *M. sacchari* on the producers' economy was relatively minor due to their multiple activities. The IAPM was medium for both types of tillage, the higher IAPM the better yield. *M. sacchari* colonizes sorghum during the first phenological stages. The population of *Chrysoperla* spp, and *M. sacchari* showed synchrony. The aqueous extract of *A. mexicana* did not show toxic effects. The oily extract of *A. mexicana* showed adverse effects: null hatching, delayed pupation and mortality of 43.7 % of adults. Imidacloprid showed high toxicity applied topically, by ingestión in adults, and medium toxicity on eggs and ingestion in larvae.

Keywords: biological control, plant extracts, side effects, population trend.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a mi persona, sin ella, la culminación de mi sueño no habría sido posible.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, a todo el personal que en el labora, por su esfuerzo, trabajo, dedicación y facilidades que me fueron otorgadas durante mi proceso de formación académica y personal.

Al Dr. Arturo Huerta de la Peña, gracias por su apoyo, consejo, compromiso y paciencia a lo largo de este camino de 4 años. Gracias también por su invaluable apoyo en mi proceso de titulación.

Al Dr. Juan Antonio Villanueva Jiménez, por su profesionalismo y compromiso con esta tesis, gracias por aquellas tardes de enseñanza acompañadas de una buena taza de café.

Al Dr. José Hilario Hernández Salgado, por compartirme su conocimiento de la zona de estudio, por su apoyo para la vinculación con los productores, y sobre todo por su grata compañía durante esta etapa del proyecto.

Al Dr. Agustín Aragón García, por su contribución a este trabajo, y por darme la oportunidad de ser nuevamente su estudiante de postgrado.

Al Dr. Juan Morales Jiménez, por sus aportaciones a la presente tesis.

Al Dr. Ignacio Ocampo Fletes, uno de los mejores profesores que tuve la oportunidad de conocer durante mi formación académica, gracias por su apoyo desinteresado para con este proyecto, por sus consejos y por estar para mi cuando lo necesité.

Al Dr. Pedro Antonio López a quien, aprecio y considero mi amigo, gracias por su apoyo, consejos y aportaciones de forma desinteresada a mi tesis. Gracias también por aquellas tardes de charla y futbol.

A los Ingenieros Rufino y Lupita, por su amabilidad, apoyo y compañía durante la aplicación de entrevistas.

A los productores de sorgo de la Región de Izúcar de Matamoros, por su apoyo, colaboración, por compartirme sus anécdotas, conocimientos y otorgarme un poco de su valioso tiempo.

Dedicatoria

Con cariño a Paula, mi abuela, a quien no dejo de recordar ni un solo día desde su partida, sé que estarías orgullosa del hombre en el que me convertí.

A mis padres: Ángel y Mercedes, quienes, pese a sus carencias, lucharon día a día para darnos a mis hermanos y a mi una profesión.

A mis tíos: Carlos, Martha y Emmanuel y a mis hermanos: Ángel y Yuridia, por su apoyo y cariño incondicional.

A mis amigos: Angélica, Cristhian, Denisse, Isabel, Juan y Tabaré, por su compañía y apoyo durante esta etapa de mi vida, gracias por hacer más llevaderas aquellas tardes de estrés y desánimo con todas sus ocurrencias, gracias de verdad por regalarme algunos de los días más felices de mi vida.

A Karen, mi mejor amiga, por apoyarme, aconsejarme, escucharme y animarme a lo largo de este arduo camino de 4 años.

A Miriam, mi esposa, este logro es en gran parte tuyo, gracias por tu apoyo, comprensión, compañía y cariño, pero sobre todo, por darme el mejor regalo que pude haber recibido en esta vida.

A Paola, mi hija, mi mayor tesoro, el motor de mi vida, la razón de mis razones.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 6 |
| 2.1 Objetivo General | 6 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 6 |
| 3. HIPÓTESIS..... | 7 |
| 3.1 Hipótesis General..... | 7 |
| 3.2 Hipótesis Específicas | 7 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 8 |
| 4.1 La Agricultura Tradicional en México | 8 |
| 4.2 La Revolución Verde | 8 |
| 4.3 Manejo de Plagas bajo el Enfoque de la Revolución Verde..... | 10 |
| 4.4 Estrategia Operativa del Programa Fitosanitario contra el Pulgón Amarillo | 11 |
| 4.5 Manejo de Plagas bajo el Enfoque de la Agroecología | 12 |
| 5. METODOLOGÍA GENERAL | 14 |
| 5.1 Impacto Económico y Acciones en el Manejo de <i>Melanaphis sacchari</i> en el cultivo de sorgo en la Región de Izúcar de Matamoros, Puebla. | 14 |
| 5.1.1 Marco geográfico del estudio..... | 14 |
| 5.1.2 La encuesta | 15 |
| 5.1.3 Tamaño de la muestra | 15 |
| 5.1.4 Efecto socioeconómico de los daños ocasionados por <i>Melanaphis sacchari</i> a la producción de sorgo | 15 |
| 5.1.5 Cambios implementados el sistema agrícola para combatir el pulgón amarillo | 16 |
| 5.1.6 Índice de aplicación de Prácticas de Manejo (IAPM)..... | 16 |
| 5.1.7 Rentabilidad del cultivo | 17 |
| 5.2 Tendencia Poblacional de <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner) y Adultos de <i>Chrysoperla</i> spp., en Sorgo Grano (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) en Puebla, México..... | 18 |
| 5.2.1 Localización del estudio..... | 18 |
| 5.2.2. Tendencia poblacional de <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner)..... | 18 |
| 5.2.3 Tendencia poblacional de adultos de <i>Chrysoperla</i> spp. | 18 |

| | |
|---|----|
| 5.3 Toxicidad de Extractos de <i>Argemone mexicana</i> e Imidacloprid sobre <i>Chrysoperla carnea</i> | 18 |
| 5.3.1 Material biológico..... | 18 |
| 5.3.2 Tratamientos..... | 19 |
| 5.3.3 Métodos de aplicación | 19 |
| 5.3.3.1 Aplicación tópica | 19 |
| 5.3.3.4 Ingestión en adultos de <i>Chrysoperla carnea</i> | 20 |
| 5.3.3.5 Análisis estadístico | 20 |
| 6. LITERATURA CITADA | 21 |
| CAPITULO I. IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO DE <i>Melanaphis sacchari</i> (ZEHNTNER) EN SORGO EN LA REGIÓN SUROESTE DE PUEBLA, MÉXICO.... | 28 |
| 1.1 Resumen..... | 28 |
| 1.2 Abstract..... | 28 |
| 1.3 Introducción..... | 29 |
| 1.4 Metodología | 30 |
| 1.5 Resultados y Discusión | 32 |
| 1.6 Conclusión | 38 |
| 1.8 Literatura Citada..... | 39 |
| CAPÍTULO II. TENDENCIA POBLACIONAL DE <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner) Y ADULTOS DE <i>Chrysoperla</i> spp., EN SORGO GRANO [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) MOENCH] EN PUEBLA, MÉXICO..... | 41 |
| 2.1 Resumen..... | 41 |
| 2.2 Abstract..... | 41 |
| 2.3 Introducción..... | 42 |
| 2.4 Materiales y Métodos | 43 |
| 2.5 Resultados | 44 |
| 2.6 Discusión..... | 48 |
| 2.7 Conclusión | 50 |
| 2.8 Literatura Citada..... | 51 |
| CAPITULO III. TOXICIDAD DE EXTRACTOS DE <i>Argemone Mexicana</i> E IMIDACLOPRID SOBRE <i>Chrysoperla carnea</i> | 55 |
| 3.1 Resumen..... | 55 |
| 3.2 Abstract..... | 56 |
| 3.3 Introducción..... | 56 |
| 3.4 Material y Métodos..... | 58 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 3.5 Resultados y Discusión | 61 |
| 3.6 Conclusión | 67 |
| 3.7 Literatura Citada..... | 67 |
| 7. DISCUSIÓN GENERAL..... | 73 |
| Literatura Citada..... | 76 |
| 8. CONCLUSIÓN GENERAL..... | 80 |
| 9. RECOMENDACIONES..... | 82 |
| ANEXO | 84 |
| A1. Entrevista aplicada | 84 |

LISTA DE CUADROS

CAPITULO I. IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO DE *Melanaphis sacchari* (ZEHNTNER) EN SORGO EN LA REGIÓN SUROESTE DE PUEBLA, MÉXICO.

| | |
|--|----|
| Cuadro 1.1. Distribución de los rendimientos de sorgo por ciclo de 2014-2017 | 34 |
| Cuadro 1.2. Ingreso por ventas promedio ciclos 2013-2017 en la región de estudio.. | 35 |
| Cuadro 1.3. Costo de producción de sorgo en el Suroeste de Puebla, ciclo 2017..... | 37 |
| Cuadro 1.4. Rentabilidad del cultivo de sorgo en el Suroeste de Puebla, ciclo 2017.. | 38 |

CAPITULO III. TOXICIDAD DE EXTRACTOS DE *Argemone Mexicana* E IMIDACLOPRID SOBRE *Chrysoperla carnea*.

| | |
|---|----|
| Cuadro 3.1. Mortalidad de larvas de tercer estadio de <i>Chrysoperla carnea</i> tratados con extractos de <i>Argemone mexicana</i> e imidacloprid mediante aplicación tópica. | 61 |
| Cuadro 3.2. Porcentaje de eclosión de huevos de <i>Chrysoperla carnea</i> que se trataron con extractos de <i>Argemone mexicana</i> e imidacloprid mediante inmersión.... | 63 |
| Cuadro 3.3. Mortalidad acumulada en estadios larvales y porcentaje de pupación de <i>Chrysoperla carnea</i> que se trataron por ingestión de alimento contaminado con los extractos de <i>Argemone mexicana</i> e imidacloprid..... | 64 |
| Cuadro 3.4. Mortalidad de adultos de <i>Chrysoperla carnea</i> tratados por ingestión de líquidos mezclados <i>Argemone mexicana</i> e imidacloprid..... | 65 |
| Cuadro 3.5. Toxicidad clase de los tratamientos evaluados de acuerdo a la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC/WPRS)..... | 66 |

LISTA DE FIGURAS

5. METODOLOGÍA GENERAL

Figura 1. Región de Izúcar de Matamoros, Puebla. 14

CAPITULO I. IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO DE *Melanaphis sacchari* (ZEHNTNER) EN SORGO EN LA REGIÓN SUROESTE DE PUEBLA, MÉXICO.

Figura 1.1. Producción de sorgo en el Suroeste de Puebla. 33

Figura 1.2 Precio de compra promedio por tonelada de sorgo en la región de estudio.....34

Figura 1.3. Porcentaje de productores y rendimiento respecto al IAPM obtenido en la región Suroeste de Puebla. 36

CAPÍTULO II. TENDENCIA POBLACIONAL DE *Melanaphis sacchari* (Zehntner) Y ADULTOS DE *Chrysoperla* spp., EN SORGO GRANO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] EN PUEBLA, MÉXICO.

Figura 2.1. Comportamiento poblacional de alados de *Melanaphis sacchari* en el ciclo agrícola 2017 en Atzala, Puebla. 45

Figura 2.2. Comportamiento poblacional de alados de *Melanaphis sacchari* en el ciclo agrícola 2018 en Atzala, Puebla. 45

Figura 2.3. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por colonia en el ciclo agrícola 2017. 46

Figura 2.4. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por colonia en el ciclo agrícola 2018. 46

Figura 2.5. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por estadio en el ciclo agrícola 2017 en Atzala, Puebla. 47

Figura 2.6. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por estadio en el ciclo agrícola 2018 en Atzala, Puebla. 47

Figura 2.7. Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp en el ciclo agrícola 2017. 47

Figura 2.8. Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp en el ciclo agrícola 2018. 47