UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE CULTIVOS AGRÍCOLAS Y SU SOSTENIBILIDAD EN AREAS URBANAS-PERIURBANAS.

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Presenta:

ALFREDO PÉREZ GUERRERO

Bajo la supervisión

DR. SAÚL UGALDE LEZAMA.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
1854
COORDINACIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO
APROBADA

Doctorado en Ciencias en AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE
SOCIEDAD ECONOMÍA AMBIENTE

CHAPINGO, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2023

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE CULTIVOS AGRÍCOLAS Y SU SOSTENIBILIDAD EN AREAS URBANAS-PERIURBANAS

Tesis realizada por **ALFREDO PEREZ GUERRERO** 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. SAÚL UGALDE LEZAMA

ASESOR: _____

DR. ALEJANDRO ISMAEL MONTERROSO RIVAS

ASESOR: _____

DR. ENRIQUE BUENDÍA RODRÍGUEZ

LECTOR EXTERNO: _____

LUIS ANTONIO TARANGO ARÁMBULA

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS v
LISTA DE FIGURAS v
AGRADECIMIENTOS ix
DATOS BIOGRÁFICOS x
RESUMEN GENERAL xi
GENERAL ABSTRACT xii
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL 13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13
1.2. JUSTIFICACIÓN 13
1.3. OBJETIVO GENERAL 14
1.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS 14
1.4. HIPÓTESIS 14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO 15
2.1 LOS RECURSOS NATURALES Y SU AGOTAMIENTO 15
2.2 DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA 17
2.3 AGRICULTURA 18
2.4 AGRICULTURA URBANA 19
2.5 AGRICULTURA PERIURBANA 20
2.6 DESARROLLO SOSTENIBLE 22
2.7 DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA AUP 22
2.8 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 23
2.9 CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA 24
2.10 METODOLOGÍA PAPADAKIS 26
2.11 LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES CLIMÁTICAS 27
2.12 INTERPOLACIÓN 27
2.13 ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN 28
2.14 LITERATURA CITADA 29
CAPÍTULO 3. AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE RIESGOS Y DESAFÍOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE 32
3.1 RESUMEN 32
3.2 ABSTRACT 33
3.3 INTRODUCCIÓN 34

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS 36
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 37
3.6 CONCLUSIONES 49
3.7 REFERENCIAS 50
CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS PARA LA ZONA METROPOLITANA PUEBLA-TLAXCALA CON LA METODOLOGÍA PAPADAKIS 54
4.1 RESUMEN 54
4.2 ABSTRACT 55
4.3 INTRODUCCIÓN 56
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS 58
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 62
4.6 CONCLUSIONES 76
4.7 LITERATURA CITADA 77
CAPÍTULO 5. LA SOSTENIBILIDAD EN EJIDOS DE LA ZONA METROPOLITANA PUEBLA-TLAXCALA 78
5.1 RESUMEN 78
5.2 ABSTRACT 79
5.3 INTRODUCCIÓN 80
5.4 MATERIALES Y MÉTODOS 81
5.5 RESULTADOS 84
5.6 DISCUSIÓN 89
5.7 CONCLUSIONES 91
5.7 LITERATURA CITADA 92
6 CONCLUSIONES GENERALES 93
7 APENDICES 95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de prácticas en la Agricultura Urbana-Periurbana (AUP). 21
Tabla 2. Resolución de las bandas de la imagen Sentinel 2 empleadas en la presente. 25
Tabla 3. Estaciones climáticas seleccionadas distribuidas sobre ZMPT, con registros de 20 años o más. 60
Tabla 4. Valores extremos obtenidos de las estaciones climáticas del IMTA en la ZMPT. 62
Tabla 5. Resultados Papadakis, que resaltan los principales cultivos, con potencial productivo, adaptados a condiciones climáticas registradas en ZMPT. 67
Tabla 6. Resultados Papadakis, que resaltan algunas recomendaciones de manejo para los principales cultivos, con potencial productivo, adaptados a condiciones climáticas registradas en ZMPT. 69
Tabla 7. Resultados de la SP, en la que se muestran las superficies totales por categoría para el establecimiento de cultivos con potencial productivo en la ZMPT. 74
Tabla 8. Indicadores y subindicadores en las dimensiones Económica, Ecológica y Sociocultural evaluadas en los ejidos bajo estudio para medir su sostenibilidad. 83
Tabla 9. Determinación del valor umbral ISGen y; la sostenibilidad en las dimensiones Ik, IE, ISC para los ejidos de la ZMPT considerados. 85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio ZMPT. 24
Figura 2. Representación esquemática del método Papadakis considerado en la presente. 26
Figura 3. Localización de las 18 estaciones climáticas consideradas en el presente estudio. 27

Figura 4. Fases consideradas en el proceso de Análisis de Superposición Ponderada, vistas esquemáticamente. 28
Figura 5. Relación de la palabra urbana en la búsqueda bibliográfica..... 37
Figura 6. Relación de palabra agricultura periurbana en la búsqueda bibliográfica. 39
Figura 7. Porcentaje por tipos de documentos obtenida de Scopus, ResearchGate, Google Académico..... 40
Figura 8. Documentos realizados por año Información obtenida de Scopus, ResearchGate, Google Académico..... 42
Figura 9. Documentos realizados por países Información obtenida de Scopus, ResearchGate, Google Académico..... 43
Figura 10. Documentos realizados en Latino América Información obtenida de Scopus, ResearchGate, Google Académico..... 45
Figura 11. Relación de palabras claves utilizadas en la búsqueda bibliográfica. 48
Figura 12. Ubicación de la ZMPT..... 59
Figura 13. Distribución de las estaciones meteorológicas del IMTA en la ZMPT. 60
Figura 14. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para temperatura máxima promedio registradas en los municipios de la ZMPT..... 63
Figura 15. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para temperatura mínimas promedio registradas en los municipios de la ZMPT..... 64
Figura 16. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para temperatura mínimas extremas promedio registradas en los municipios de la ZMPT. 65
Figura 17. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para precipitación promedio registradas en los municipios de la ZMPT. 66
Figura 18. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para humedad relativa promedio registradas en los municipios de la ZMPT. 67
Figura 19. Resultados cartográficos de la SP, en la que se muestra la ubicación óptima para el establecimiento de cereales de verano con potencial productivo,

basado en las cinco categorías de idoneidad o potencial del suelo, en municipios de la ZMPT. 71
Figura 20. Resultados cartográficos de la SP, en la que se muestra la ubicación óptima para el establecimiento de cereales de invierno con potencial productivo, basado en las cinco categorías de idoneidad o potencial del suelo, en municipios de la ZMPT. 72
Figura 21. Resultados cartográficos de la SP, en la que se muestra la ubicación óptima para el establecimiento de remolacha azucarera con potencial productivo, basado en las cinco categorías de idoneidad o potencial del suelo, en municipios de la ZMPT. 73
Figura 22. Resultados cartográficos de la SP, en la que se muestra la ubicación óptima para el establecimiento de papa con potencial productivo, basado en las cinco categorías de idoneidad o potencial del suelo, en municipios de la ZMPT. 74
Figura 23. Localización de los ejidos bajo estudio en los tres municipios que conforman parte de la ZMPT. 82
Figura 24. Representación de la sostenibilidad evaluada en las dimensiones Económica (Ik), Ecológica (IE), Sociocultura l(ISC) de los ejidos analizados de la ZMPT. 86
Figura 25. Representación de la sostenibilidad evaluada en la dimensión Ik y sus subindicadores Div y RE en los ejidos analizados de la ZMPT. 87
Figura 26. Representación de la sostenibilidad evaluada en la dimensión IE, indicador IVS, sus subindicadores Rot y Div, e indicador MB en los ejidos analizados de la ZMPT. 88
Figura 27. Representación de la sostenibilidad evaluada en la dimensión ISC y su subindicador ConEc en los ejidos analizados de la ZMPT..... 88

DEDICATORIA

Gracias a mis padres por su incanzable esfuerzo y amor, quienes hicieron todo lo que estaba en sus manos para que tuviera la psosibilidad de salir adelante, y sin su apoyo inquebrantable, no habría llegado a donde me encuentro actualmente.

También un agradecimiento de corazón a mis hermanos, quienes siempre me respaldaron de manera incondicional estando a mi lado en los momentos mas dificiles y, de una forma u otra.

A mis amigos, les estoy agradecido por suapoyo constante a lo largo de mi formación; su orientación y apoyo moral fueron fundamentales en el desarrollo de este proyecto

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por la beca otorgada y al Programa de Doctorado en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible al cual, agradezco por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios de posgrado.

Al Dr. Saul Ugalde Lezama, mi más profundo agradecimiento por su apoyo constante a lo largo de mi formación. Su motivación en los momentos más complicados y su valiosa contribución a este proyecto son invaluables.

También agradezco al Dr. Alejandro I. Monterroso Rivas por su disposición constante para compartir sus conocimientos, los cuales fueron de gran importancia para el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Enrique Buendía Rodríguez, le agradezco por su apoyo inquebrantable que permitió que este proyecto llegará a buen término. Sus consejos y conocimientos compartidos fueron de gran valor.

Finalmente, a la Dra. María de los Ángeles Palma Tenango, le agradezco su apoyo desinteresado en las salidas a campo y su disposición constante. Su contribución fue esencial en este proceso.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre	Alfredo Pérez Guerrero.
Cedula profesional:	09262629.
Lugar de nacimiento:	Texcoco Estado de México.

Desarrollo académico

Maestría (2011-2012):	Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados.
Licenciatura (2002-2007):	Licenciatura en Informática Administrativa. Universidad Autónoma del Estado de México.

RESUMEN GENERAL[1]

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE CULTIVOS AGRÍCOLAS Y SU SOSTENIBILIDAD EN AREAS URBANAS-PERIURBANAS

Los fenómenos que afectan actualmente la producción agrícola a nivel mundial son: el crecimiento urbano y la variabilidad climática, debido a que contribuyen a acelerar la pérdida del suelo y la temperatura, teniendo un efecto negativo en el crecimiento de algunos cultivos. Por lo tanto, el objetivo de la presente fue determinar las características óptimas para el establecimiento de ciertos cultivos mediante clasificación Papadakis; mismas que fueron trasladadas, a cartografía de zonificación con potencial productivo mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para evaluar la sostenibilidad en algunos ejidos de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT) se aplicaron encuestas estructuradas, basadas en el método Sarandón. De acuerdo con los resultados Papadakis, se identificó que para crecimiento; los cultivos de maíz, sorgo, mijo, arroz; son ideales en verano, bajo condiciones óptimas de temperaturas promedio máximas, mínimas, mínimas extremas, precipitación; particularmente, en el sureste-centro de Puebla, municipios de San Pedro Cholula, San Andrés Cholula, San Gregorio Atzompa y; para desarrollo de la planta, en Santa Ana Nopalucan, Nativitas, Huejotzingo, entre otros. Para Saradón, el 50 % de los ejidos son insostenibles en una, o dos dimensiones, siendo crítica la económica, misma que está condicionada por el subindicador “diversificación de cultivos”, observándose regularmente la siembra de dos a tres cultivos (p.ej., maíz-frijol), los cuales representan el 45 % de la producción local y; el monocultivo simboliza el 55 % de la misma. La relevancia del presente radica en ofrecer alternativas de diversificación de cultivos en la zona, basadas en análisis de tipo cualitativo y cuantitativo.

Palabras clave: autoconsumo, cambio climático, seguridad alimentaria.

[1] Tesis de Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Alfredo Pérez Guerrero
Director de Tesis: Dr. Saúl Ugalde Lezama

GENERAL ABSTRACT

The current phenomena affecting global agricultural production are urban growth and climate variability, as they contribute to accelerating soil loss and rising temperatures, negatively impacting the growth of certain crops. Therefore, this study aimed to determine the optimal characteristics for the cultivation of specific crops through Papadakis classification. These characteristics were then mapped onto zoning cartography with productive potential using Geographic Information Systems (GIS). To assess sustainability in settlements within the Metropolitan Zone of Puebla-Tlaxcala (MZPT), structured surveys based on the Sarandón method were conducted. According to the Papadakis results, it was identified that for growth, crops such as corn, sorghum, millet, and rice are ideal in summer, under optimal conditions of maximum and minimum average temperatures, extreme minimums, and precipitation. Specifically, this is observed in the southeast-central region of Puebla, including municipalities like San Pedro Cholula, San Andrés Cholula, and San Gregorio Atzompa. For plant development, suitable areas include Santa Ana Nopalucan, Nativitas, and Huejotzingo, among others. Regarding Sarandón, 50% of settlements are unsustainable in one or two dimensions, with economic sustainability being particularly critical. This aspect is influenced by the "crop diversification" sub-indicator since it is common to observe the cultivation of two to three crops (e.g., corn, beans), which represent 45% of local production, while monoculture constitutes 55% of local production. The relevance of this study lies in providing alternatives for crop diversification in the area, based on qualitative and quantitative analysis.

Keywords: Subsistence farming, Climate change, Food security.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de la población mundial es una de las principales preocupaciones de la humanidad, dicho fenómeno promueve que las poblaciones y ciudades cada vez demanden una mayor cantidad de alimentos y recursos naturales; éstos últimos, limitan o condicionan la producción agrícola, específicamente en torno a la fertilidad del suelo, disminución de la precipitación; y su abatimiento, potencializa el efecto del cambio climático sobre los sistemas de producción, entre otros. Sin dejar de mencionar la creciente contaminación atmosférica, provocada por al aumento de tráfico en las ciudades en desarrollo. Si las ciudades continúan aumentando demográficamente de manera exponencial, la tendencia se dirige hacia un escenario de desabasto de alimentos en el corto, mediano y largo plazo; poniendo en riesgo la permanencia del hombre en el planeta.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Por lo anterior, es de suma importancia que se consideren espacios idóneos para la producción agrícola, mismos que aseguren la producción de alimentos, mediante la implementación de sistemas sostenibles de agricultura multifuncional, específicamente de tipo Urbano y Periurbano, en la zona de estudio, utilizando de manera integral los recursos naturales de los que se dispone. Para eficientizar el aprovechamiento de los mismos, se propone evaluar con los métodos Papadakis y Sarandón, los cuales permiten medir cualitativa y cuantitativamente la sostenibilidad de este tipo de sistemas de producción en terrenos ejidales de Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT). El propósito es identificar indicadores Económicos, Ecológicos y Socioculturales que permitan inferir dicha -sostenibilidad por parte de los ejidatarios, basada en la identificación de cultivos agrícolas con potencial productivo en dichos sistemas- para el área de estudio.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar la situación actual de los cultivos agrícolas en áreas Urbanas-Periurbanas, así como, su sostenibilidad de la zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala.

1.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Generar la cartografía de la situación agrícola actual Urbana-Periurbana de la zona de estudio mediante la Clasificación no Supervisada

2. Identificar cultivos potenciales en el área de estudio con apoyo de la metodología Papadakis.

3. Proponer zonas de distribución para las especies agrícolas potenciales de la zona de estudio.

4. Determinar la sostenibilidad (Sarandón) de sistemas de producción en agricultura Urbana-Periurbana en el área de estudio con apoyo de encuestas estructuradas.

1.4. HIPÓTESIS

H_0 El desarrollo de la cartografía permite conocer la situación actual de la agricultura Urbana-Periurbana del área de estudio.

H_1. La metodología Papadakis permite la zonificación de cultivos agrícolas de la zona estudiada con potencial para su producción.

H_3. Proponer áreas potenciales de producciónen la zona de estudio permitirá a ejidatarios tener diversidad de cultivos agrícolas.

H_2 Los indicadores económicos, ecológicos y socioculturales aplicados a productores permitirán conocer si sus ejidos son sostenibles (Sarandón).

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

2.1 LOS RECURSOS NATURALES Y SU AGOTAMIENTO

La tierra es la base para la agricultura y otros usos en zonas rurales, incluidos el suelo, clima, vegetación, topografía y otros recursos naturales (FAO, 2023). Por su parte la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la describe como "un área definible de la superficie terrestre de la tierra, que incluye todos los atributos de la biosfera inmediatamente por encima o por debajo de esa superficie, incluido el clima cercano a la área, los accidentes geográficos y la topografía, la hidrología superficial [incluidos los lagos poco profundos], los ríos, mares y pantanos), sedimentos cercanos a la superficie y suministros de agua subterránea asociados, poblaciones de plantas y animales, patrones de asentamiento humano y las consecuencias físicas de las actividades humanas pasadas y presentes" (ONU, 2023).

El suelo es un componente integral de la Tierra, es el medio en el que crecen las plantas, además es el principal factor que interviene en el ciclo hidrológico; particularmente, en ambientes terrestres. Por lo que se considera el sistema circulatorio de la naturaleza, aunado a ello, en él los desechos de plantas y animales se descomponen transformándose en elementos básicos (Valero, 2023). En este sentido, el suelo es la capa delgada que cubre la superficie de la Tierra en varias profundidades, formando un cuerpo natural dinámico en el que tienen lugar procesos físicos, químicos y biológicos. Desde el punto de vista agrícola, éste funciona como soporte para el crecimiento de diversos cultivos para consumo humano y animal (Gangotena, Caviedes, Albán & Pantoja, 2023). Aunado a esto, es parte importante en la producción de los sistemas agropecuarios, prestan servicios ecosistémicos, regulan la distribución de nutrientes disponibles para las plantas en producción (Tovar-Quiroz, 2023). Así, la tierra y el suelo son los componentes básicos de los recursos territoriales de cualquier región, dan soporte a las actividades agrícolas, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible de los ecosistemas (Rivera, 2020). De acuerdo con la ONU (2020), particularmente el suelo es una de las mayores reservas de

biodiversidad del mundo ya que contiene más del 25 % de la diversidad del planeta. Además, el 40 % de los organismos de los ecosistemas terrestres están asociados a éste. Por otra parte, en América Latina y el Caribe, la superficie de esta región es principalmente agrícola; sin embargo, el acelerado cambio de uso de suelo producto de la expansión urbana incrementa el impacto de la huella ecológica sobre el cambio climático, especialmente la parte forestal (León & Cárdenas, 2020). En México, 25 de las 30 unidades de suelos están reconocidas por la FAO, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura (UNESCO) y Referencia de la Tierra Internacional y el Centro de Información (ISRIC). Los tipos ligeros, erosionados y calcificados son los más comunes en el país, representan alrededor del 60,7 %; suelen ser poco profundos, de bajo grado de desarrollo y no aptos para uso agrícola. Los más fértiles y utilizados (Feozems y Vertisoles) ocupan el 18 % de la superficie del país (Semarnat, 2004).

Por otra parte, el componente hídrico es esencial para la vida en el planeta, generalmente se encuentra disponible en dos formas: superficial y subterránea (nivel freático). Se reconoce como agua superficial aquel recurso hidrológico que no fluye hacia el suelo y que durante las lluvias forma charcos, lagos, lagunas, etc., o como parte de su ciclo vuelve a la atmósfera; en contraste, la subterránea se encuentra debajo de la corteza terrestre (Cárdenas & Cárdenas, 2009). En ambos casos, el agua es un recurso estratégico que garantiza el desarrollo económico, ambiental y social de cualquier región (Ruíz de la Rosa & Santamarta, 2023). Por lo tanto, es uno de los recursos naturales complementarios en la dinámica del suelo, al igual que otros elementos del ecosistema, debido a que el componente biótico en ellos depende de dicho recurso para su supervivencia (Úbeda & Delgado, 2018). La disponibilidad media anual de dicho recurso a nivel global se estima en 1,386 billones de hectómetros cúbicos (hm^3), de los cuales 35 hm^3 son de agua dulce (2.5 %), el 70 % de éstos es inaccesible (se encuentran en glaciares, nieve y hielo). Las reservas subterráneas se estiman en 10.5 millones de hm^3 y; las superficiales en .14 billones de hm^3 (CONAGUA, 2019)

2.2 DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA

El crecimiento exponencial de desarrollos urbanos y la degradación de los recursos naturales ha acelerado la frecuencia de fenómenos hidrometeorológicos que han modificado al clima (Pérez, Rodríguez, & Martínez, 2023); aunado a ello, el cambio de uso del suelo (especialmente de bosques a tierras de cultivo) es una de las prácticas que tiene mayor impacto en su degradación en el mundo, lo que contribuye en gran medida a la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera (Hernández et al., 2017). Consecuentemente dicha urbanización, especialmente en suelos rurales, es un tema relevante en el que se analizan áreas donde dicho fenómeno afecta al sector primario y a los servicios ecosistémicos (Buzai, 2018). Aunado a esto contempla los efectos negativos de éstos en la calidad del aire, aumento de la escorrentía, inundaciones, aumento de la temperatura, entre otros (Hegazy & Kaloop, 2015). Sin embargo, su impacto sobre el suelo repercute en el equilibrio dinámico de éste, especialmente manifestándose en la erosión, pérdida de sus propiedades productivas, incluyendo la afectación al componente biótico (Espinosa, Andrade, Rivera & Romero, 2011), por lo que dicha degradación física, química, biológica, es resultado combinado de consecuencias de procesos naturales y/o antrópicos, mismos que pueden ocurrir en áreas productivas y no productivas, en todo tipo de recurso edáfico, independientemente de las características ambientales donde se ubique (Etchevers, Hidalgo & Paz, 2019). En síntesis, los dos fenómenos que promueven el cambio de uso de suelo a nivel mundial son: la urbanización y la apertura de bosques para destinarlas a tierras de cultivo; el primero, incentivado por la migración de personas de zonas urbanas a rurales y viceversa, lo que provoca modificaciones progresivas en el paisaje rural (Aveline-Dubach, 2013).

La población mundial ha alcanzado los 8 mil millones de habitantes, cuatro veces la registrada en 1927. Las estimaciones proyectadas por la ONU para el año 2022 predijeron que se alcanzarían los 9 mil millones en los próximos 15 años y, 10 mil millones para 2058 (CEPAL, 2022), siendo el continente africano el que

aportará más de la mitad de dicho crecimiento Mundial (ONU, 2022). En México la degradación del suelo es causada por actividades humanas de diversa índole, entre los cuales el cambio de uso de suelo asociado a la agricultura mecanizada, pastoreo excesivo, desarrollo urbano e industrial, entre otros, ha cobrado aproximadamente el 45.1 % de los terrenos degradados en nuestro país; mientras que el 28.6 % corresponde a terrenos estables y, el 25,9 % restante no tienen ningún uso (Ortiz et al., 2002). En Tlaxcala, las actividades productivas mal planificadas como: la agricultura, ganadería, silvicultura, desarrollo urbano, entre otros, han degradado el componente edáfico impactando sus propiedades físicas, químicas y biológicas a escala regional (Alvarado, Colmenero & Valderrábano, 2007). Particularmente la expansión de la mancha urbana en la periferia norte de la ZMPT ha afectado negativamente el componente social, ambiental y económico (Ramón & Guillermo, 2022).

2.3 AGRICULTURA

La agricultura es la actividad mediante la cual los seres humanos propagan hortalizas y otros alimentos que satisfagan sus necesidades, con base en la disponibilidad de ciertos recursos naturales y la cantidad de energía e información con la que se cuenta. Dicha actividad se basa en la acumulación paulatina de conocimientos biológicos-ecológicos relacionados con la fisiología de la planta y los recursos disponibles para ella; esta se lleva a cabo en diversos ecosistemas alrededor del mundo, en muchos de los casos se conserva aplicando el conocimiento indígena; mismo que se difunde, adapta y adopta para su incorporación en innovaciones tecnológicas sectoriales (Hernández 1988). Además, este sistema de producción conecta con comunidades y ciudades, debido a que estos cuentan con recurso edáfico (suelo) a sus alrededores, lo cual permitiría concentrar a la población en espacios adyacentes e internos, en los cuales implementan prácticas agrícolas para producir sus alimentos (Zárate, 2015).

2.4 AGRICULTURA URBANA

Durante el siglo XX, la transformación de los espacios rurales a urbanos se ha hecho cada vez más evidente, sobre todo en regiones que vienen experimentando procesos de intensificación en la producción, extracción de recursos naturales, demanda de servicios, expansión inmobiliaria, metropolización, nuevos patrones de empleo, entre otros; esto se hace patente en escenarios mediados por modelos de invasión y capacidades de resistencia, mismos que pueden exhibir dicha modificación (Nogar, Clementi, Jacinto & Valania, 2022). Particularmente, la actividad agrícola se ha venido estableciendo progresivamente en las ciudades, extendiéndose en diversos países independientemente de sus condiciones sociopolíticas y económicas. La forma en la que dicha actividad productiva se manifiesta en espacios urbanos y periurbanos parece estar determinada por la interacción dinámica entre ambos tipos de zonas, fundamentalmente en las diversas prácticas agrícolas que establecen para la producción de alimentos a partir del aprovechamiento de sus recursos disponibles (Ávila, 2019). Particularmente, los suelos agrícolas de dichos espacios urbanos se han visto mermados por el acelerado incremento de la mancha urbana, resultado del crecimiento exponencial de la población humana; misma que aumentará en un 25 % entre 2015 y 2030 (FAO, 2017). Esto ha promovido el surgimiento de un nuevo sistema de producción denominado Agricultura Urbana (AU), como respuesta ante la disminución de suelos con potencial para la producción de alimentos. Se trata de un esquema que se lleva a cabo específicamente en áreas urbanas, en las que se transforman jardines, solares, azoteas verdes, terrazas, entre otros; a áreas de cultivo, que coadyuven a la seguridad alimentaria mediante la obtención de vegetales, éstas incluyen prácticas complementarias como la agricultura vertical, cría de animales en pequeña escala y creación de huertos comunitarios (Pérez, Delgado & Bernal, 2016). Esto se registró en el Informe "La agricultura urbana y periurbana" (FAO,1999), en el que se reconoce el declive de la agricultura y se plantea como coadyuvante a su solución de manera alterna en las ciudades, la implementación de la AU para la producción de alimentos en la ciudad como una alternativa a la

seguridad alimentaria. Otros investigadores (Uzcátegui, Zaldumbide & González, 2017) definen a la AU como una herramienta potencial de conexión que puede promover el desarrollo local y comunitario; planteando desafíos, restaurando su medio ambiente, los recursos naturales; restaurando así las actividades productivas tradicionales y culturales, estableciendo una cadena productiva con consideraciones ecológicas, económicas y sociales. La FAO (2023), estima que aproximadamente 800 millones de personas en todo el mundo practican la AU. Sin embargo, ésta no reemplaza los suministros rurales e importación de alimentos, sino que los complementa; de tal manera que, las ciudades seguirán dependiendo, en gran medida, de la agricultura rural para obtener productos comestibles a mayor escala (Mougeot, 2000).

2.5 AGRICULTURA PERIURBANA

La agricultura periurbana (AP) son sistemas que se establecen en áreas circundantes de algunas ciudades, en la que son consideradas zonas de cambio, ajuste estructural, social, económico y de desarrollo intensivo en la producción agrícola; misma, que crea una heterogeneidad paisajística de tipo multifuncional que promueve la renovación y el desarrollo urbano (Nilsson et al., 2014). La AP es aquella que se establece en el área de transición entre las zonas rurales y urbanas; sin embargo, los terrenos agrícolas continúan dominando el paisaje productivo. Éste esquema incluye la producción de cultivos básicos y productos no tradicionales para el autoconsumo y su comercialización en mercados locales o regionales (Hernández, 2021); por lo que, la AP, está íntimamente ligada con ciertos movimientos sociales debido a que incorporan practicas agroecológicas, además de que construyen redes entre productor-consumidor, mismas que fortalecen la estructura social y permiten obtener alimentos saludables, frescos y de alta calidad (Mosquera & Prada, 2021). Campos & Delgado (2020) señalan que los conceptos de AU y AP acuñados por la ONU en 1999, pueden ser manejados de manera integral como Agricultura Urbana-Periurbana (AUP), acotando dicho concepto; sin embargo considera a ambos tipos de agricultura como esquemas enmarcados en la seguridad alimentaria para países menos

desarrollados; dichos sistemas de producción parecen ser una opción viable, participativa, rentable, socialmente activa; que reafirma las prácticas ambientales y saberes ancestrales, mejorando así la calidad de vida, creando un sentido de pertenencia en las personas, además de que genera opciones de desarrollo económico y social en las comunidades (Palacios & Covi, 2017).

Las prácticas de producción en dicha AUP van desde simples macetas en balcones, hasta sistemas de control automatizados en grandes invernaderos. Sin embargo, las zonas verdes dentro y alrededor de las ciudades permiten a los ciudadanos desarrollar actividades de producción agrícola, principalmente de hortalizas y otros productos (por ejemplo, ganado menor, frutas, bayas, etc.), facilitando el acceso de alimentos nutritivos a los hogares, incrementando la posibilidad de obtener ingresos adicionales por su comercialización. Un ejemplo de esto puede evidenciarse en la producción de tomates, pepinos, cebolla y menta bajo este esquema en una sección de un patio trasero como ejemplo de agricultura familiar tradicional (Tabla 1; FAO, Rikolto & RUAF, 2022).

Tabla 1. Tipos de prácticas en la Agricultura Urbana-Periurbana (AUP).

URBANO Y PERIURBANO	PRODUCTOS
Basado en el hogar jardinería	Cultivos hortícolas, ganado, Acuicultura
Basado en la comunidad y otra jardinería compartida	Cultivos hortícolas, cereales Cultivos, ganadería, acuicultura
Cultivo comercial producción, ganadería y pesca	Cultivos hortícolas, cereales Cultivos, ganadería, acuicultura
Alimentación institucional creciente	Cultivos hortícolas, cereales Cultivos, ganadería, acuicultura

Fuente: (FAO, Rikolto & RUAF, 2022).

De esta manera, en diversas regiones del mundo, la AU y AP suministran cantidades considerables de alimentos a los mercados urbanos, algunos de los cuales se ingresan a los canales formales de comercialización; mientras que otros son intercambiados, regalados o consumidos por los propios productores. Por lo que, bajo ciertas condiciones y grupos específicos, dicha producción es

importante para garantizar el bienestar y la seguridad alimentaria de las poblaciones (Hernández, 2006); incluso en América Latina y el Caribe, la AU abarca extensiones agrícolas acumuladas para la producción de cereales, hortalizas, tubérculos, tierras para pastoreo, entre otras (FAO, 2014).

2.6 DESARROLLO SOSTENIBLE

El término "desarrollo", significa cambio direccional y gradual (progreso cuantitativo, pero ante todo con cambios cualitativos); mientras que el término "sostenible", se relaciona con la persistencia, por lo tanto, es un proceso de cambio que se puede mantener en el tiempo (Rivera-Hernández, Alcántara-Salinas, Blanco-Orozco, Pascal & Pérez-Sato, 2017). Es importante aclarar que dicho proceso, combina el potencial económico (crecimiento cuantitativo de la riqueza) y la calidad de vida humana; sin que esto sea sinónimo de crecimiento económico, sino que refiere al hecho de que puede mantenerse por sí mismo; es decir que el desarrollo económico puede lograrse sin asistencia externa o pérdida de los recursos naturales existentes (Gallopín, 2003, 2006). Dicho concepto para un sistema agrícola se refiere a su capacidad para mantener la producción a través del tiempo, aunque se vea afectado por limitaciones ecológicas y presiones socioeconómicas (Barreto, Canto & Julca, 2015).

2.7 DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA AUP

La transición exitosa hacia una agricultura sostenible depende del uso eficaz de algunos residuos orgánicos generados en zonas urbanas y periurbanas, mismos que pueden emplearse en la producción de composta para uso como fertilizante en las unidades de producción (FAO, 2014). Por lo tanto, la importancia de la AUP reside en alcanzar el equilibrio en las interacciones que se establecen entre áreas urbanas y rurales, las cuales establecen tensiones creando conflictos ambientales. Por lo tanto, se vuelve fundamental explorar alternativas que permitan una relación armoniosa y equitativa entre ambos entornos (Morales et al., 2018), considerando una serie de actividades agrícolas relacionadas con la conservación de suelo, agua, manejo de cultivos, conservación de la

biodiversidad, entre otros (Martínez, 2009). Algunos autores Ferreira y Castilho (2007), sugieren que el desarrollo de la AUP se relaciona con el crecimiento poblacional, económico, ambiental, social; lo que permite reordenar las actividades agrícolas sobre el espacio urbano a través de eficientizar el uso del suelo, los hábitos sociales y otros factores. Así el desarrollo urbano sostenible, se basa en el equilibrio entre los patrones de producción y consumo que regulan el mantenimiento de los recursos, especialmente en las ciudades (Pérez-Medina & López-Falfán, 2015).

2.8 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT), ubicada en el centro del estado de Puebla y en el sur del estado de Tlaxcala; se localiza entre las coordenadas 19º02´00 N, 98º11´00 O; limita al norte con la Zona Metropolitana Tlaxcala-Apizaco, puebla, al sur, con la Sierra del Tentzo y del Valle de Atlixco, al occidente colinda con la Sierra Nevada y la Zona Metropolitana del Valle de México; se encuentra en el sistema orográfico del Valle Poblano Tlaxcalteca tiene notables diferencias de altitud entre 2400 a 5400 m.s.n.m. Hacia las cumbres altas al occidente de la ZMPT resalta la Sierra Nevada con el Iztaccíhuatl (5220 msnm) (Figura 1). Ocupa la cuarta posición de las zonas urbanas de México. Actualmente se integra por 38 municipios, de los cuales 18 pertenecen a Puebla y 20 a Tlaxcala. Exhibe una población que asciende a los 3,180.644 habitantes (SITEP, 2023).

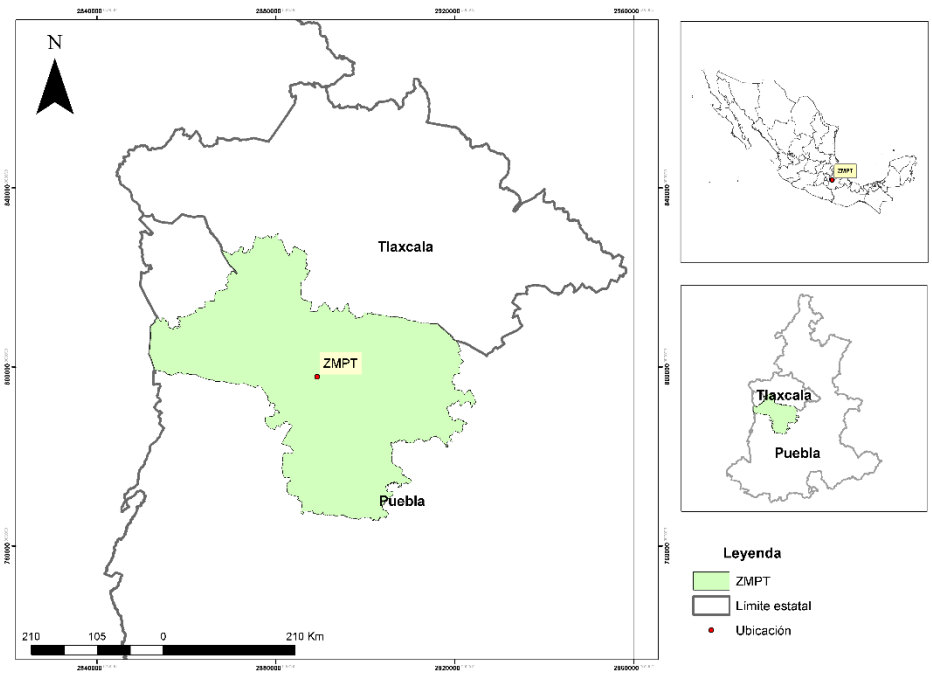

Figura 1. Ubicación del área de estudio ZMPT.

2.9 CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA

El funcionamiento de la herramienta conocida como Clasificación No Supervisada (CNS) de ArcMap® versión10.7.1, utiliza un algoritmo de máxima verosimilitud, por lo que se basa en dos supuestos: Distribución normal (de las unidades, en cada muestra de clase, de un espacio multidimensional) y, el Teorema de Decisión Bayesiano. Dicha herramienta considera la Varianza y Covarianza de las firmas de clase, al asignar cada celda a una de las clases representadas en el archivo de firma; esto lo hace al suponer que la distribución de las muestras de clase se distribuye normalmente; por lo que las clases, se pueden caracterizar por un Vector Medio y una Matriz de Covarianza. Dadas dichas características para cada valor de celda, la herramienta calcula la probabilidad estadística de cada clase, que determina la pertenencia de la celda a esa clase. Cuando la opción Igualdad se manifiesta en los Pesos de

Probabilidades anteriores, cada celda se asigna a la clase a la que es más probable que pertenezca (Esri, 2021).

De esta manera, la CNS es un proceso que consiste en agrupar píxeles con valores numéricos similares en todas las bandas, en donde cada agrupación, denominada clase espectral correspondió a un tipo de cobertura terrestre, la cual fue aterrizada en clasificación por temas; enseguida se utilizó el método Clúster de ArcMap® para su reclasificación, la cual tuvo diversas aplicaciones que buscaron automáticamente conjuntos homogéneos de valores dentro de una imagen, sin embargo, se pudo encontrar con las siguientes posibilidades: una clase representada por múltiples clases espectrales, dos o más clases comparten una clase espectral, múltiples clases comparten categorías de espectro; aunque lo ideal, es que existiera una correspondencia uno a uno entre categorías espectrales (Arango, Branch, & Botero, 2005).

Este trabajo se realizó con imágenes de satélite Sentinel® 2, descargada en diciembre de 2020, las cuales contenían 13 bandas (Tabla 2), cuya resolución espacial dependió de cada banda; se consideraron las bandas 8, 4 y 3 debido a que éstas resaltan la vegetación y; las bandas 12, 11 y 4 para la identificación de áreas urbanas.

Tabla 2. Resolución de las bandas de la imagen Sentinel 2 empleadas en la presente.

Banda	Nombre	Resolución espacial
B1	Costero/aerosol	60m
B2	Azul	10m
B3	Verde	10m
B4	Rojo	10m
B5	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)	20m
B6	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)	20m
B7	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)	20m
B8	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)	10m
B8A	Visible e infrarrojo cercano (VNIR)	20m
B9	Vapor de agua	60m
B11	Cirrus	20m
B12	Onda corta infrarroja (SWIR)	20m

Fuente: (Bravo, 2017)

2.10 METODOLOGÍA PAPADAKIS

El clima tiene una influencia decisiva en la viabilidad de los cultivos, así como en la distribución y composición de la flora de los ecosistemas naturales (Álvarez, 2019). Por lo tanto, la metodología Papadakis (1970) es una combinación de un sistema de clasificación climática y ecológica de cultivos, con un enfoque particular en el potencial agrícola. El diagnóstico se calculó a partir de los siguientes datos climáticos mensuales elementales: promedios de las temperaturas más bajas, mínimas, máximas, presión de vapor (humedad relativa), evapotranspiración potencial, humedad almacenada y el índice de humedad (Figura 2). Los datos requeridos fueron tomados de las estaciones climáticas del área de estudio (ZMPT), la información necesaria para la aplicación de dicho método se representa esquemáticamente en el Diagrama 2.11.

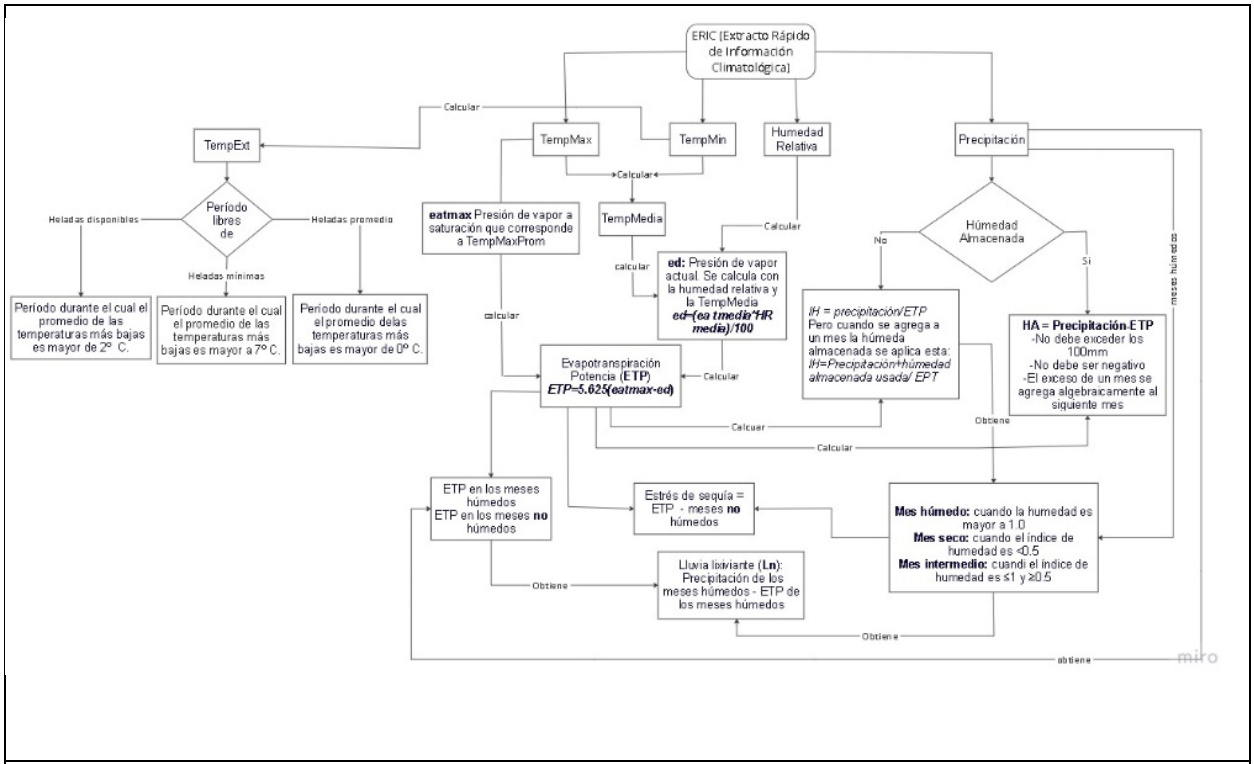

Figura 2. Representación esquemática del método Papadakis considerado en la presente.
Fuente:(Papadakis, 1970).

2.11 LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES CLIMÁTICAS

Se consideraron 18 estaciones climáticas, mismas que cumplieron con las características necesarias para el presente estudio, por ejemplo, tener una antigüedad de al menos 30 años, con registros anuales completos, entre otros; éstas se distribuyeron a lo largo de la ZMPT (Figura 3).

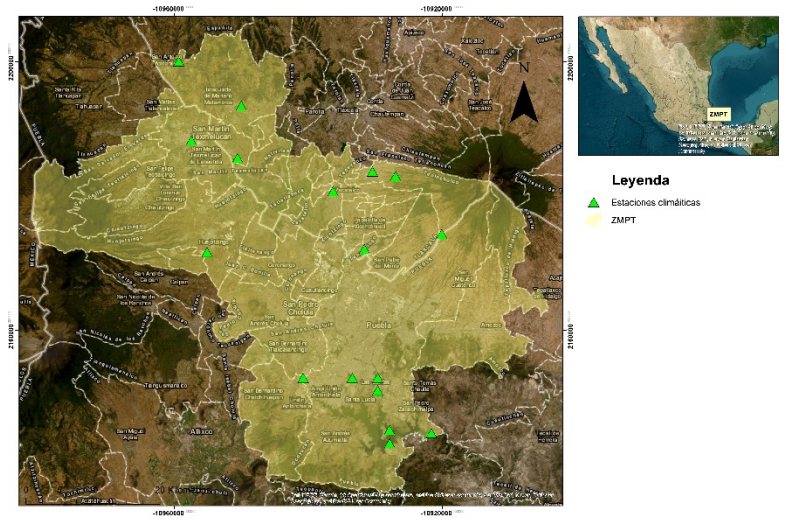

Figura 3. Localización de las 18 estaciones climáticas consideradas en el presente estudio.

2.12 INTERPOLACIÓN

Para realizar la interpolación de los datos recabados en las estaciones climáticas consideradas, se utilizó la herramienta Spline de ArcMap®, la cual emplea una función matemática con la finalidad de estimar los valores que minimizan la curvatura general, lo que da como resultado una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada (Esri, 2021). La ecuación que describe al algoritmo fue:

$$s(x,y) = T(x,y) + \sum_{j=1}^{N} \lambda_j R(r_j)$$

Dónde:

j = 1, 2, ..., norte.

N es el número de puntos.

λ j son coeficientes encontrados mediante la solución de un sistema de ecuaciones lineales.

r j es la distancia desde el punto (x,y) al jésimo punto .

T(x,y) y R(r) se definen de forma diferente, dependiendo de la opción seleccionada.

2.13 ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN

Para obtener las zonas potenciales en las que se puedan establecer sistemas AUP, se utilizó la herramienta de Análisis de Superposición Ponderada de ArcGis versión 10.2., la cual es una de las más utilizadas para abordar aspectos multicriterio, mediante modelos de localización e idoneidad. Las fases del proceso consideradas pueden verse esquemáticamente en la Figura 4 (Esri,2021).

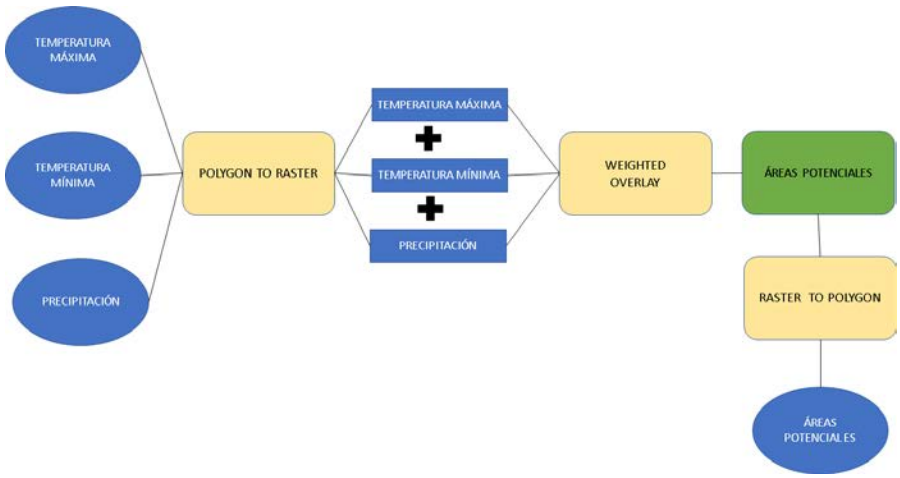

Figura 4. Fases consideradas en el proceso de Análisis de Superposición Ponderada, vistas esquemáticamente.

Cuando la capa de criterios de entrada estuvo en un sistema de numeración con diferentes rangos, cada celda de cada criterio se reclasificó usando una escala de preferencia común (por ejemplo, 1 a 10; siendo 10 el más favorable), para que se combinarán en un solo análisis. Las preferencias distribuidas en una escala

común implicaron la preferencia del fenómeno por el estándar, resultando valores de preferencia relativos.

2.14 LITERATURA CITADA

Alvarado, C.M., Colmenero, R. J. A., & Valderrábano, A. M. d. l. L. (2007). La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el estado de Tlaxcala,México. *Revista Ciencia Ergo Sum,* 14(3), 317-326.

Álvarez, H. O. H. (2019). Utilización de una clasificación climática para modelar la distribución de las plantas. *Climatología*, 19, 27-39, https://doi.org/00000002-9798-8363

Arango, G. M., Branch, B. J. W., & Botero, F. V. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "LANDSAT - ETM+". *Revista Facultad de Agronomía-Medellín,* 58(1), 2611-2634.

Aveline-Dubach, N. (2013). Finance Capital Launches an Assault on Chinese Real Estate. *China Perspectives,* 2, 29-39. https://doi.org/10.4000/chinaperspectives.6157

Ávila, S. H. (2019). Agricultura Urbana y Periurbana. Reconfiguraciones territoriales y potencialidades en torno a los sistemas alimentarios urbanos. *Investigaciones Geográficas,* 98, 1-21. https://doi.org/10.14350/rig.59785

Barreto, J., Canto, M., & Julca, A. (2015). Sostenibilidad ecológica de la Producción Agropecuaria Tradicional de Carhuaz, Áncash, Perú. *Revista Aporte Santiaguino*, 8, 219-228. https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n2.227

Buzai, G. I. (2018). Crecimiento urbano y potenciales conflictos entre usos del suelo en el municipio de Luján (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Cuadernos Geográficos,57*(1), 155-176. https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i1.5656

Bravo, M. N. F. (2017). Satélite Sentinel-2. *en Teoría – Teledetección espacial Landsat, Sentinel - 2, Aster L1T y Modis,* 1, 1-103.

Campos, F. X., & Delgado, B. J. M. F. (2020). *Desde la agricultura urbana y periurbana agroecológica hacia la sustentabilidad alimentaria experiencias en Sucre, Bolivia* (1ª ed.). Compas-Bolivia.

Cárdenas, G., & Cárdenas, J. (2009). *Agricultura, Urbanización y agua.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Mosquera, M. R. A., & Prada, M. Y. (2021). Experiencias relevantes de agricultura urbana y periurbana en Colombia. In C. E. Carranza, G. M. C. Vinasco, G. R. A. M. Mena, S. P. M. Gómez, Y. A. S. Velosa, Y. P. Millán, & Y. A. S. Casadiego (Eds.), Alternativas de producción agroecológica urbana-periurbana y su contribución en la seguridad alimentaria de Colombia (pp.51-63) . Editorial UNAD.

CEPAL. (2022). *Población y Desarollo*. 16 de mayo 2023, de CEPAL: https://www.cepal.org/es/noticias/mundo-alcanza-8-mil-millones-habitantes-cuales-662-millones-viven-america-latina-caribe

CONAGUA. (2019*). Agua en el Mundo*. 10 de abril 2023 de https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/agua-en-el-mundo

Espinosa, R. M., Andrade, L. E., Rivera, O., P., & Romero, D. A. (2011). Degradación de suelo por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Revista Papeles de Geografía*, 53, 77-88.

Esri. (2021). *Recursos , Conceptos del conjunto de herramientas de Multivariante*. 20 de julio 2023 de https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-maximum-likelihood-classification-works.htm

Etchevers, J. D., Hidalgo, C., & Paz, F. (2019). Degradación de suelos y necesidad de políticas públicas.*Revista Elementos para Políticas Públicas,* 3(3), 267-273.

FAO. (1997). *Zonificacion agro-ecologica Guía General. Servicios de recursos, manejo y conservación de suelos,* 73, 1-86.FAO.

FAO. (1999). *Fortalecimiento de la agricultura urbana y periurbana para lograr sistemas agroalimentarios sostenibles* . 20 de octubre 2022 de https://www.fao.org/urban-peri-urban-agriculture/es

FAO. (2014). *Ciudades mas verdes en América Latina y el Caribe.* FAO.

FAO. (2017). *El Estado Mundial actual de la Agricultura y la Alimentacion*, FAO.

FAO, Rikolto, & RUAF. (2022). *Urban and peri-urban agriculture sourcebook- From production to food systems*. FAO and Rikolto, https://doi.org/10.4060/cb9722en

FAO (2023). *Agricultura Urbana*. 10 diciembre 2022 de http://www.fao.org/urban-agriculture/es/

FAO (2023). *Tierras y Aguas*. 2 julio 2023 de FAO: http://www.fao.org/land-water/land/es/

Ferreira, J. R., & Castilho. (2007). Agricultura urbana discutindo algumas das suas engrenagens para debater o tema sob a ótica da analise espacial. *Geográfía, 24*, 6-23.

Gangotena, D. P., Caviedes, M., Albán, M. G., & Pantoja, J. L. (2023). II Simposio de manejo y fertilidad de suelos. Archivos Académicos *Universidad San Francisco de Quito (USFQ),*45. https://doi.org/10.18272/archivosacademicos.vi45.2905

Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo Sostenible un enfoque sistémico. *CEPAL,* 3(64), 1-46.

Gallopín, G. (2006). *Los Indicadores de Desarrollo Sostenible: Aspectos Conceptuales y Metodológicos*. Trabajo presentado en Seminario de Expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la Formulación y Seguimiento de Políticas. [seminario]. FODEPAL, Santiago de Chile.

Hegazy, I. R., & Kaloop, M. R. (2015). Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4 (1), 17-124. https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2015.02.005

Hernández, F. J. Á. (2021). Agricultura urbana y periurbana. Un análisis de sus límites y potencialidades en el área conurbada de Puebla. In E. J. A. Méndez, J. J. Ramírez, & F. J. Á. Hernández *(Eds.). Transformaciones rurales desde la agricultura familiar en las regiones Centro y Sur de México* (pp. 1-81). Editorial Colegio de Postgraduados y Colegio de Tlaxcala.

Hernández, J. A., Vera, M. L., Naveda, B. A., Guzmán, C. M., Vivar, A., Z ambrano, T. R., . . . López, A. G. A. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí Ecuador. *Revista Cultivos Tropicales,* 38(1), 50-56.

Hernández, L. (2006). La agricultura urbana y caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentariaen nuestras ciudades. *Revista Cultivos Tropicales,* 27(2), 13-25.

Hernández , X. E. (1988). La agricultura tradicional en México. *Comercio exterior,* 38, 673-678.

León, D. C., & Cárdenas, J. C. (2020). *Algunos indicadores relevantes sobre el estado y cambio en los ecosistemas*. Editorial PNUD.

Matínez, C. R. (2009). Sistemas de produccion agrícola sostenible. *Tecnología en Marcha,* 22(2), 23-39.

Morales, J., Ochoa, H., Velázquez, L., Mastache, A., Cervantes, E., & Becerra, A. M. (2018). La agricultura periurbana multifuncional y sus aportaciones hacia la sustentabilidad regional en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. In P. R. W. Gerritsen, S. Rist, J. Morales-Hernández, & N. Tapia (Eds.). Multifuncionalidad; sustentabilidad y buen vivir: Miradas desde Bolivia y México (pp. 1-25). Editorial Universidad Jesuita de Guadalajara .

Mougeot, L. J. A. (2000). Lograr la seguridad alimentaria y nutricional urbana en el mundo en desarrollo. *International Food Policy Research Institute(IFPRI),* 3, 6*,* 22.

Nilsson, K., Nielsen, T. S., Aalbers, C., Bell, S., Boitier, B., Chery, J. P., . . . Zasada, I. (2014). Strategies for Sustainable Urban Development and urban-rural Linkages. *The European Journal of Spatial Development*, 12(3), 1-26. https://doi.org/10.5281/zenodo.5079562

Nogar, A. G., Clementi, L. V., Jacinto, G. P., & Valania, M. P. (2022). Espacios rural-urbanos: nuevos territorios de transición energética en Argentina. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana*,31(1), 38-52. https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n1.88059

ONU. (2023*). La tierra, el sumidero de carbono del planeta*. 10 enero de 2022, de https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/land

ONU. (2020). *La biodiversidad de los suelos es ignorada, pero es fundamental para alimentar al planeta.* 2 de julio de 2023, de https://news.un.org/es/story/2020/12/1485132#:~:text=algas%20y%20hongos.,Los%20suelos%20son%20una%20de%20las%20principales%20reservas%20mundiales%20de,suelos%20durante%20su%20ciclo%20biol%C3%B3gico

Palacios, C., & Covi, N. (2017). La sustentabilidad de las huertas urbanas y periurbanas con base agroecológica el caso Quito. *Letras Verdes*, 21, 68-91. https://doi.org/10.17141/letrasverdes.21.2017.2608

Papadakis, J. (1970). El clima. Con especial referencia a los climas de América Latina, Península Ibérica, ex Colonias Ibéricas y sus potencialidades agropecuarias. *Albatros*.

Pérez-Medina, S., & López-Falfán, I. (2015). Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana*. Economía, Sociedad y Territorio*, 15(47), 1-33.

Pérez, P. A., Rodríguez, H. L. D., & Martínez, O. (2023). La construcción social del riesgo en el medio ambiente urbano: cambio climaticropolito y seguridad hídrica en las regiones metropolitanas de Veracruz. *e-RUA,*15(3),*34-41*. https://doi.org/10.25009/e-rua.v15i03.191

Pérez, R. G. I., Delgado, M. R., & Bernal, N. L. G. (2016). 21º Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. *Asociación Mexicana de Ciencias para el desarrollo Regional (AMCIDER),* 1-20.

Ramón, G. J. A., & Guillermo, A. A. (2022). Expansión urbana irregular, cambio de uso del suelo y deterioro ambiental en la periferia norte de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala: el caso Parque Nacional la Malinche. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 30*, 441-458. https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n2.89849

Rivera-Hernández, J., Alcántara-Salinas, G., Blanco-Orozco, N., Pascal, E., & Pérez-Sato, J. (2017). Desarrollo sostenible o sustentable La controversia de un concepto. *Posgrado y Sociedad,* 15(1), 57-67.

Rivera, M. M. (2020). Usos de la tierra, desarrollo humano y objetivos de desarrollo sostenible: geografías, visiones y perspectivas. In M. A. M. López & F. M. E. Jiménez (Eds.). *Usos sostenibles de la tierra y desarrollo humano* (pp. 10-34).Editorial Universidad de Sevilla.

Ruíz de la Rosa, I., & Santamarta, C., Juan Carlos (2023). El agua en La Palma: un recurso estratégico para el desarrollo insular. In F.J. García y C. Fernández (Eds.). La Palma: una Isla de oportunidades (pp. 359-370). Editorial CajaCanarias. https://doi.org/10.25145/b.2023.01

Úbeda, S. R. J., & Delgado, D. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático,* 4(7), 889-894. https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6299

Semarnat. (2004). *Los suelos de México*. 26 agosto 2023 de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/03_suelos/cap3.html#1

Ortiz, C., Segura-Castruita, M., Sánchez-Guzmán, P., Moreno-Caliz, E., Echevarria-Hernández, J., Lira-Quintero, M., . . . Hernández-Ramírez, P. (2002). *Evaluación de la degradación del suelo causda por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000* (pp.1-68). Editorial Semanarnat y Colegio de Postgraduados.

Tovar-Quiroz, A. D. (2023). Servicios ecosistémicos del suelo en la producción de leche en Chitaga, Norte de Santander, Colombia. *Informador Técnico,* 87(1),53-64. https://doi.org/10.23850/22565035.5319

SITEP (2018). *Sistema de Información Territorial del Estado de Puebla. v 1.0.* 20 agosto 2023 de https://dduia.puebla.gob.mx/SITEP/inicio.html

ONU. (2022). *Desafíos Globales NU.* 19 de semptiembre 2023 de https://www.un.org/es/global-issues/population

Uzcátegui, C., Zaldumbide, D., & González, O. A. I. (2017). Agricultura urbana sobre la base de sostenibilidad de las ciudades. *Revista científica Agroecososistemas,* 5(1),8-89.4

Valero, G. J. (2023). *Ambientes terrestres: Suelo y Ecología*. [Presentación de la Conferencia] Clase de Ecología. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Zárate, M. A. (2015). Agricultura urbana, condición para el desarrollo sostenible y la mejora del paisaje. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 35*(2), 167-194. https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2015.v35.n2.50119

CAPÍTULO 3. AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE RIESGOS Y DESAFÍOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

3.1 RESUMEN

Este documento identificó los aspectos más relevantes de la agricultura urbana (AU) y agricultura periurbana (AP) mediante un enfoque de Agricultura multifuncional. La metodología consistió en una revisión de literatura sobre agricultura urbana, periurbana, sostenibilidad y multifuncionalidad empleadas como palabras clave en buscadores como ResearchGate, Redalyc, Scielo y Google Académico, entre los períodos que van de 1980 a 2022, considerando diversas perspectivas teóricas sobre la materia en las últimas décadas.

El análisis bibliométrico realizado a partir de los términos agricultura urbana y periurbana, sostenibilidad y multifuncionalidad, arrojó como resultado 5,182 documentos sobre el tema, aunado a ello, fueron localizados los países que publican más sobre el tema, y su incremento anual.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha reportado que uno de sus mayores retos es atender la pérdida de suelos aptos para la producción agrícola. Ante dicho desafío la AUP toma relevancia en la producción de alimentos, ya que es una práctica insustituible en el contexto de alimentación y sostenibilidad en las zonas urbanas.

De acuerdo con dicha institución, este tipo de AUP busca que sea reconocida por las agendas políticas y, que se consideré como alternativa para la autosuficiencia alimentaria.

PALABRAS CLAVE:

agricultura sostenible, autoconsumo, crecimiento económico, crecimiento urbano, seguridad alimentaria.

3.2 ABSTRACT

The article identified the most relevant aspects of urban agriculture (UA) and peri-urban agriculture (PA) through a multifunctional agriculture approach. The methodology consisted of a review of literature on urban, peri-urban, sustainability and multifunctionality agriculture used as keywords in search engines such as ResearchGate , Redalyc, Scielo and Google Scholar, between the periods from 1980 to 2022, considering various theoretical perspectives on the subject in recent decades.

The bibliometric analysis carried out from the terms urban and peri-urban agriculture, sustainability and multifunctionality, yielded as a result 5,182 documents on the subject, in addition to this, the countries that publish more on the subject were located, and their annual increase.

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) has reported that one of its biggest challenges is to address the loss of soils suitable for agricultural production. Faced with this challenge, UPA becomes relevant in food

production, since it is an irreplaceable practice in the context of food and sustainability in urban areas.

According to this institution, this type of UPA seeks to be recognized by political agendas and to be considered as an alternative for food self-sufficiency.

KEY WORDS:

sustainable agriculture; self-consumption; economic growth; urban growth; food safety.

3.3 INTRODUCCIÓN

La agricultura es considerada una actividad de extrema importancia para la humanidad la cual, permite al ser humano producir sus alimentos que necesita para sobrevivir por medio de una variedad de herramientas que gestiona-administra un conjunto de bienes naturales, así como los medios para producir la diversidad de alimentos que permitan satisfacer sus necesidades (Carpio, 2018).

Desde la antigüedad, el desarrollo de la agricultura y la domesticación de cultivos era el principal objetivo, logrando la transición de la recolección de especies silvestres a otra que es la producción de cultivos, promoviendo el cambio profundo de la forma de vida de las comunidades (Ipinza et al., 2020). Dichas actividades, están reguladas por el uso de conocimientos biológicos - ecológicos relacionados con los recursos naturales (Hernández 1988).

Por otra parte, Juan & Pérez (2022) definen a la agricultura como aquella que necesita de los elementos básicos como agua, suelo y además de conocimientos tradicionales por parte de los campesinos en áreas geográficas, biológicas y ambientales enfocados a la producción de alimentos. La agricultura desempeña una actividad importante para la humanidad ya que posibilita la producción de alimentos, fibras entre otros bienes y servicios esenciales ecológicos (Bula, 2020; Sarandón, 2020).

La expansión urbana, se define como la ocupación del suelo, en el que se integran, proceso por el cual el área circundante de las ciudades se va integrando a la dinámica de la urbanización, donde se pueden encontrar espacios con valor ecológico componente importante del medio ambiente donde se experimentan efectos negativos. Sin embargo, al avanzar la urbanización sobre áreas rurales, aumenta el interés de las comunidades por la AU debido a los múltiples factores como: el creciente grado de urbanización en países en desarrollo, incremento de pobreza urbana, guerras, desastres naturales que destruyen el suministro de alimentos en las zonas rurales, la degradación ambiental y la falta de recursos que provocan escasez de alimentos (FAO, 1996; Sánchez & Martínez, 2023).

Algunos de los aspectos relacionados con la urbanización son mayores ingresos, modificación en los estilos de alimentación y una mayor participación de las mujeres en el mercado laboral. Se ha reconocido que, el crecimiento tiene beneficios, sin embargo, requiere una fuerte demanda de alimentos en un momento donde los recursos naturales están limitados y el cambio climático se presenta día a día con todas las consecuencias que acarrea esto a los sistemas productivos de los que depende la humanidad (FAO, 2017).

Por lo anterior, en este estudio se planteó identificar los aspectos más destacados relacionados con la AU y AP con un enfoque hacia la agricultura multifuncional. Este enfoque se refiere a un modelo que aborda las necesidades sociales en términos de conservación del entorno, seguridad alimentaria, protección de las tradiciones culturales y promoción del desarrollo. En otras palabras, es un concepto interdisciplinario (Alcántara & Larroa, 2022a; Bonnal, Cazella, & Maluf, 2008).

La multifuncionalidad también se refiere a la suma de bienes y servicios que la agricultura puede proporcionar además de ser productiva, y brinda servicios ecosistémicos a través de la conservación del suelo (Rijnaldus & Mastache, 2020).

La sostenibilidad se ha incorporado en la seguridad alimentaria y ésta ha dado lugar a un enfoque más completo y abarca los sistemas alimentarios sostenibles. Lo que implica considerar a una variedad de factores determinantes, tales como

el medio ambiente, geopolítica, la demografía, las regulaciones políticas los aspectos socioculturales y económicos (Berry, 2019).

En consecuencia, un sistema agrícola sostenible persigue la meta de abastecer las demandas alimenticias de la creciente población global, al mismo tiempo garantiza un impacto reducido en el medio ambiente y los seres humanos, sin comprometer su eficiencia productiva (Lykogianni, Bempelou, Karamaouna, & Konstantinos, 2021).

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Metodológicamente se realizó una revisión mediante la búsqueda exhaustiva en los diferentes buscadores ResearchGate, Redalyc, Scielo y Google Académico empleando las palabras clave como agricultura urbana y periurbana, sostenibilidad y agricultura multifuncional; cubriendo el período de 1980 a 2022, considerando las perspectivas teóricas en la materia, específicamente en las últimas décadas.

La elección de las palabras claves para este análisis se justifica por la estrecha relación que existe entre la agricultura urbana y periurbana y los conceptos de sostenibilidad y multifuncionalidad, estos han adquirido un papel fundamental a nivel mundial. Esto debido en gran medida a la creciente presión que el crecimiento demográfico ejerce sobre las áreas rurales. Por lo tanto, es imperativo centrarse en la producción sostenible y multifuncional como una solución a estos desafíos.

El objetivo de este análisis fue evaluar la valoración de la AU Y AP en el mundo. El rango de análisis se basó como referencia, un aproximado tomado del informe “Agricultura urbana y periurbana en América Latina: desafíos y perspectivas “publicado en1988, año en que se comenzó a tratar el tema.

Posteriormente se llevó a cabo un análisis derivado de los documentos encontrados, para lo cual, se utilizó el software VOSviewer versión 1.6.18,

software de uso libre, en el cual se generaron diagramas visuales que muestran las redes formadas a partir de las palabras claves vertidas en los buscadores.

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio bibliométrico arrojó como resultado 5,182 documentos sobre el tema AUP, donde se encontraron varias relaciones con diferentes temáticas. El análisis mostró que la agricultura urbana se relaciona con el crecimiento urbano. Los resultados muestran que países africanos están profundamente relacionados con la pobreza. Por otra parte, países como Reino Unido, España y Estados Unidos de Norte América se relacionaron con la agricultura urbana. Se observó también la relación que tuvieron estas palabras clave con la Biodiversidad, Planeación urbana, crecimiento económico y el cambio climático. Con respecto a las áreas periurbanas las palabras relacionadas son urbanización, sistemas agrícolas, desarrollo agrícola, uso del suelo y tierra agrícola (Figura 5).

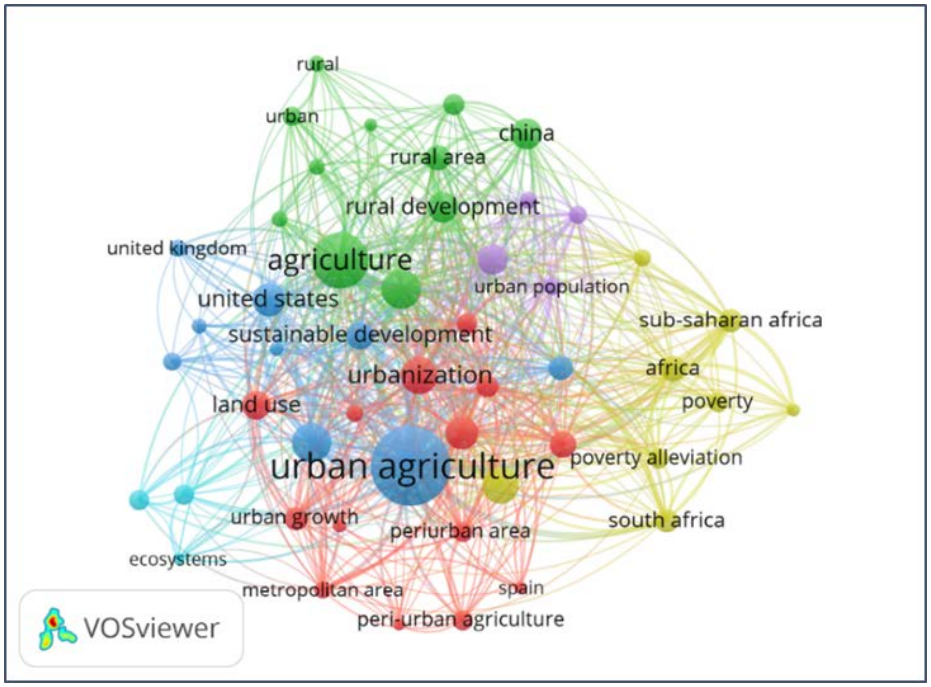

Figura 5. Relación de la palabra urbana en la búsqueda bibliográfica.

Con base a los documentos localizados se realizó la Figura 5 la cual mostró dependencia entre las palabras agricultura y urbana, lo que determinó que el

crecimiento de las áreas urbanas tuvo un aumentó y una correlación en las tasas altas de pobreza, enfrentando nuevos desafíos, específicamente en la concentración en áreas rurales, y de acuerdo con Sierra de Dios, & Valido(2023) a la planificación territorial de la AU con enfoque agroecológico contribuirá en gran medida a la sostenibilidad y soberanía alimentaria urbana.

En lo que respecta a la AP son circundantes a la ciudad, que suelen ser densamente pobladas, y experimentan un crecimiento demográfico constante, se consideran zonas de cambio, ajuste estructural social, económico y con un desarrollo intensivo (producción agrícola). La importancia de estos espacios intermedios urbanos; son considerados como un nuevo paisaje multifuncional con una importancia para el desarrollo urbano (Nilsson et al., 2014; Yacamán, Sanz, & Mata, 2020).

La AP tiene una mayor relación con los suelos agrícolas que se encuentran en la periferia de las ciudades y presenta un enfoque más comercial (Feola, Suzunaga, Soler, & Wilson, 2020), en el análisis bibliométrico se observó que tiene una clara dependencia entre la agricultura intensiva y el crecimiento urbano. Esta relación existe debido a la proximidad que tiene este tipo de agricultura con las ciudades y con el cambio de uso de suelo. Además, se relacionó con la multifuncionalidad del suelo y la sostentabilidad como se evidenció en el análisis (Figura 6). La sostenibilidad adquiere importancia en el Objetivo 11 de la agenda 2030, ya que este objetivo hace referencia a lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Sus metas reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, recolección de desechos orgánicos recogidos periódicamente. En este contexto, la AUP podría desempeñar un papel clave en el manejo de los desechos orgánicos, contribuyendo así a la sostenibilidad de las ciudades.

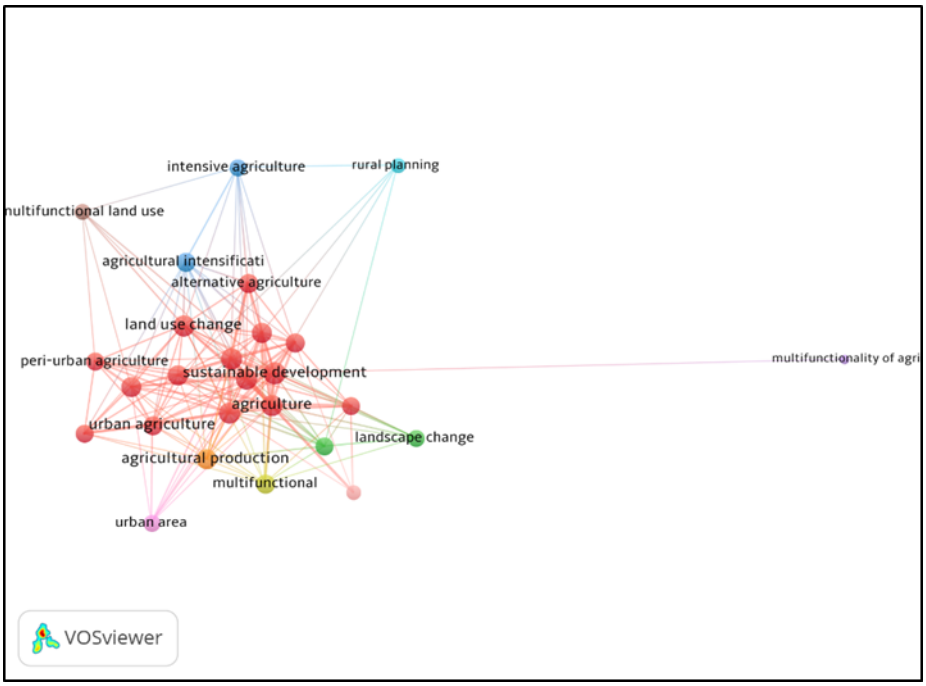

Figura 6. Relación de palabra agricultura periurbana en la búsqueda bibliográfica.

La implementación de la AU y AP, podría ser una alternativa a la solución de problemas de alimentación en las ciudades, además, se consideran como opción para la seguridad alimentaria en las comunidades de bajos recursos coadyuvando a mantener cierta cantidad de alimentos, lo que podría soportar la base alimentaria de muchos países en las ciudades en desarrollo, es decir, en aquellos países donde su economía se encuentra en una etapa de pleno crecimiento económico, entre ellos México (FAO, 2017).

Investigaciones que se han realizado donde demuestran los beneficios que ofrece la AU entre ellos los sociales como la seguridad alimentaria la creación de capital social entre los beneficios como la salud física en grupos de la población además el uso de la composta donde aumentan el reciclaje de la materia orgánica y es aplicado a su espacio agrícola (Audate, Fernandez, Cloutier, & Lebel, 2019; Shrestha, Small, & Kay, 2020).

Para los conceptos y definiciones sobre agricultura urbana-periurbana, multifuncionalidad y sostenibilidad se encontró que los artículos representan un

87 % de los documentos, mientras que, el 13% restante está conformado por capítulos de libros (7 %), revisiones (5 %) y solo el 1 % en libros (Figura 7).

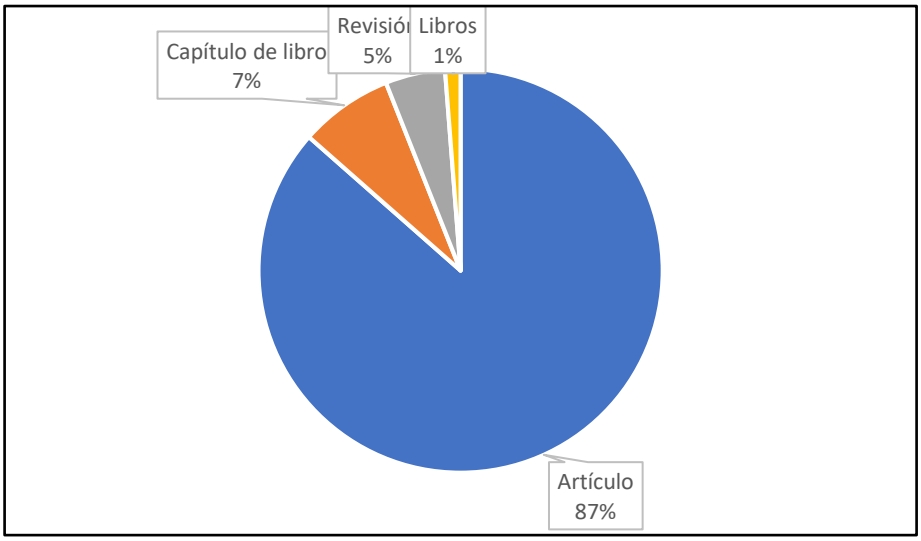

Figura 7. Porcentaje por tipos de documentos obtenida de Scopus, ResearchGate, Google Académico.

Con respecto a los artículos revisado la AU se aborda como una práctica agrícola que tiene lugar dentro de las ciudades. Su objetivo principal es la producción de cultivos destinados principalmente para autoconsumo o comercialización a pequeña escala en mercados locales. En las últimas décadas, este tipo de agricultura ha ganado fuerza al convertirse en una fuente de alimentos, en un componente de cohesión social y un medio para fomentar la sostenibilidad, con un enfoque en la gestión colectiva del suelo y la promoción de conexiones dentro de la comunidad, así como una mayor interacción con la naturaleza y un impacto positivo en el entorno local (Ávila, 2019; Melo, Salustiano, Santos, & Almeida, 2017; Restrepo & Velásquez, 2021).

Por otro lado, la AU se ha convertido en un tema recurrente en las discusiones sobre desarrollo sostenible en años recientes. La combinación de la estructura urbana la producción local de alimentos es de importancia desde el punto de vista ecológica (Nowysz, Mazur, Vaverková, Koda, & Winkler, 2022).

Xi, Zhang, Zhang, Lew, & Lam, (2022) sostiene que la AU presenta varias ventajas en comparación con la agricultura convencional. Estas ventajas incluyen mayor productividad, una mayor sostenibilidad y la capacidad de proporcionar alimentos frescos todo el año. Se enfatiza que la importancia de la materia prima desempeña un papel importante en el avance de la AU como el control de nutrientes y pesticidas, mejoran la calidad de la semilla, y ofrecen sustratos con una mayor capacidad de retención de agua, promueve reciclaje más eficiente de desechos agrícolas.

Según varios autores, los procesos de transición típicas entre las áreas rurales y urbanas se denomina AP y se encuentran situadas en una posición intermedia entre zonas rurales y urbanas, ante la creciente influencia del desarrollo urbano, aún conservan las tierras agrícolas. En estas áreas, se lleva a cabo las actividades de servicios y la industria, su producción es no tradicional pues se destina principalmente a la comercialización (Feito, Boza, & Peredo, 2019; Hernández, 2021).

El término “AUP” de acuerdo con (Campos & Delgado, (2020) fue acuñado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA), como un tipo de agricultura establecida en el marco de la seguridad alimentaria, en países menos desarrollados y, a pesar de que los objetivos se enfocan principalmente en problemáticas que sufren los países en desarrollo, también son relevantes y aplicables en países desarrollados.

La AU y AP, van de la mano con los movimientos sociales porque utilizan practicas agroecológicas, construyen redes entre productores-consumidores que fortalecen la estructura social, la importancia de obtener alimentos saludables, frescos y de alta calidad (Carranza et al., 2021). La AUP aumenta la cantidad de suministros disponibles, lo que permite a los pobres de las zonas urbanas que a menudo carecen del poder adquisitivo para obtener dichos alimentos. Por lo cual la producción de cultivos en las áreas urbanas es un medio por el cual pude aumentar el abastecimiento de alimentos para autoconsumo incluso a nivel mundial ante el acelerado crecimiento demográfico de las poblaciones con esto habría inseguridad alimentaria (McDougalla, Kristiansena, & Radera, 2018).

En el análisis realizado se observó que la AUP toma relevancia después del 2008, aumentando de 100 hasta cerca de 400 publicaciones en el 2018, apenas 10 años después, aumentó un 5 % y para el 2021 ya se tienen 448 publicaciones (Figura 8).

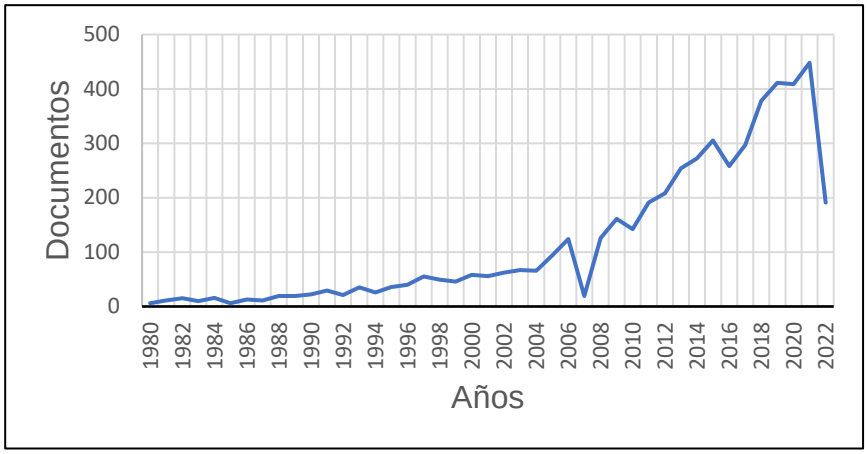

Figura 8. Documentos realizados por año Información obtenida de Scopus, ResearchGate, Google Académico.

Contexto Mundial. A nivel global se observó que en los Estados Unidos de América fueron reportados 1, 289 documentos, lo que resaltó fue su alto nivel de desarrollo y de tecnificación con respecto a la agricultura tradicional. De acuerdo con el informe de las Naciones Unidas (2022) China y, en segundo lugar, India, son dos de las naciones más poblados del mundo. Se observó que el número de publicaciones relacionadas con la agricultura urbana en China mostró un fuerte interés y compromiso en esta práctica. Por el contrario, en México, considerado geopolíticamente como un país subdesarrollado, la AUP no ha ganado la misma relevancia, como se evidencia por la menor cantidad de artículos publicados (Figura 9)

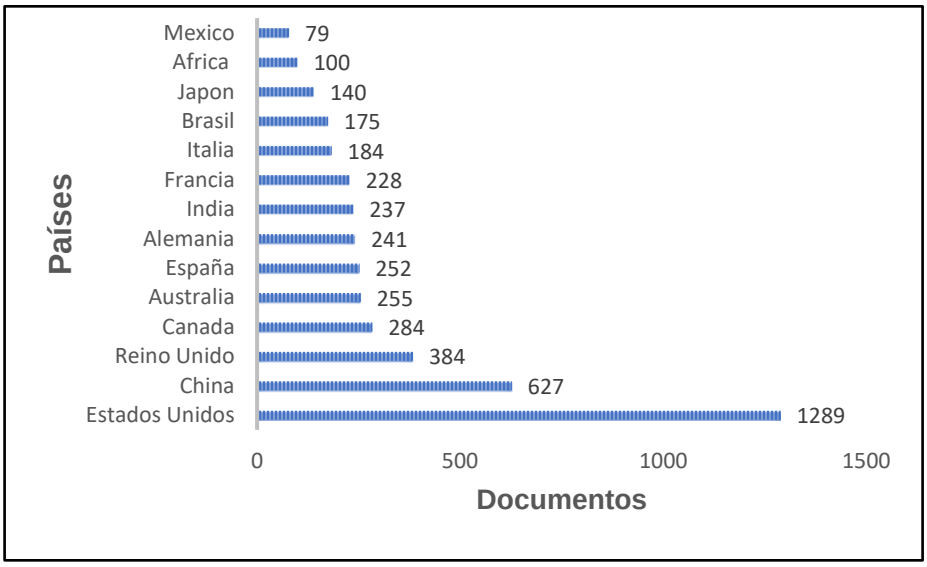

Figura 9. Documentos realizados por países Información obtenida de Scopus, ResearchGate, Google Académico.

El siglo XXI se caracteriza por el crecimiento de la población mundial, concentrada principalmente en entornos urbanos, según (Degenhart, 2016). Este fenómeno ha llevado al mundo a experimentar un crecimiento urbano sin precedentes, con más de la población mundial que vive actualmente en áreas urbanas y se prevé que para el año 2050, 2.5 billones de personas vivirán en ciudades, como señala el (BancoMundial, 2022).

Esta dinámica de la vida urbana ha tenido continuos problemas socio-ecológicos, socioeconómicos y políticos. Esto ha traído como consecuencia los desafíos centrales que incluyen crear un espacio humano con dignidad y garantizar la seguridad alimentaria (Degenhart, 2016). Es relevante destacar que la Agenda 2030 de América latina y el Caribe, el Objetivo 2 se centra en la erradicación del hambre y promover la seguridad alimentaria. Una de sus metas en específico es el aumento de la productividad agrícola y dar prioridad a los pequeños productores de alimentos, los cuales desempeñan un papel fundamental para la producción agrícola. En este tenor, la AUP se considera una alternativa importante para fortalecer el suministro de alimentos en las comunidades ofreciendo una contribución significativa (ONU, s.f.).

Por consiguiente, se vuelve imperativo optimizar el uso suelo agrícola con el fin de aumentar la producción alimentaria, ya que la diversidad genética disminuye y se rompen los ciclos de experiencia agrícola, lo que resulta en una disminución de la producción (Alemán, 2019).

La AUP se encuentra en todos los continentes; sin embargo, en África y Asia, tiene un fuerte impulso, un análisis documentado de su estado en la historia contemporánea, donde las personas bajo la presión de la pobreza han desarrollado estrategias alternativas para hacer frente la desnutrición y desempleo; en Acra, Ghana, el 90 % de las verduras frescas que se consumen se cultivan en la ciudad (Campos & Delgado, 2020).

Es preciso señalar que la agricultura enfrenta desafíos inusitados, como los recursos naturales limitados, el cambio climático, la urbanización, el crecimiento de la población e ingresos que están impulsando una fuerte demanda de alimentos (FAO, 2017).

La AUP no se reduce únicamente a ciudades de países pobres sino también a ciudades del primer mundo, teniendo fuerte presencia en Asia, Europa, Estados Unidos y otras regiones importantes, en donde los edificios urbanos están diseñados específicamente para cultivar alimentos, por ello, es una alternativa viable en países como México (Restrepo & Velásquez, 2021). Por ejemplo, Barcelona, España donde las ciudades enfrentan una presión mayor por la densificación poblacional los techos verdes se convierten en una fuente de servicios ecosistémicos paro los habitantes de esas ciudades (Langemeyer et al., 2020).

África, especialmente en Mozambique, la lucha contra la desnutrición a involucrado a la AUP, donde las personas han implementado la horticultura para producir de sus propios alimentos, lo que se ha demostrado que ayuda a mejorar la situación alimentaria y los ingresos (Chiambiro, 2017).

Contexto Continente Americano. En el análisis bibliométrico se observó, que los países con mayor número de publicaciones son Estados Unidos de Norteamérica, seguido de Canadá –ambos países de primer mundo-. Este tipo de agricultura es importante en Brasil donde existe un número significativo de

publicaciones con respecto al tema, para el caso México siguió la misma tendencia que en la figura anterior (Figura 10).

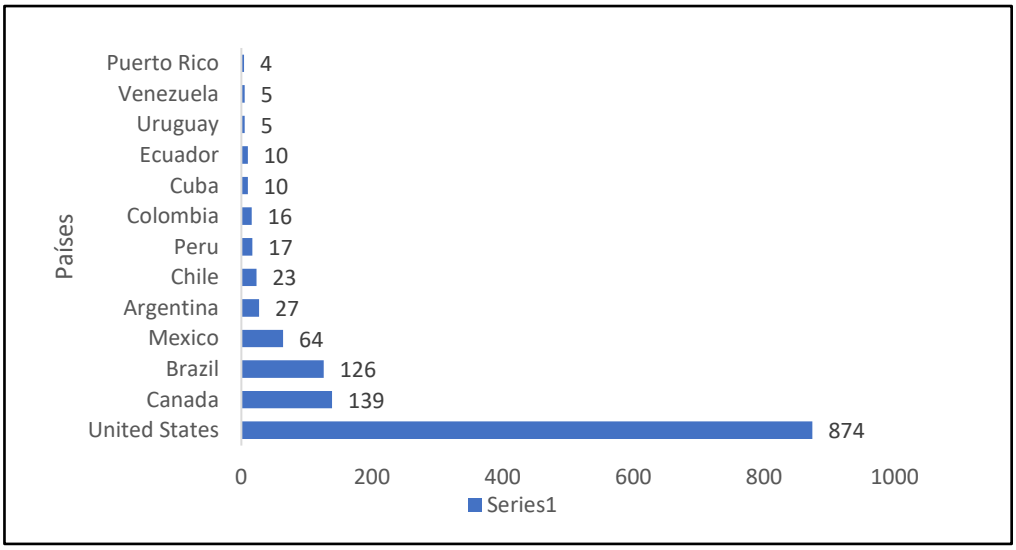

Figura 10. Documentos realizados en Latino América Información obtenida de Scopus, ResearchGate, Google Académico.

En el Informe de Ciudades Verdes de América Latina y el Caribe señaló un crecimiento poblacional progresivo y exponencialmente en la región. En 2009 la población total era de 50 millones, y para el 2014, aumentó a 500 millones de personas. Una de las ciudades considerada en el informe “La agricultura urbana y periurbana”, debido a su densidad poblacional, es la Ciudad de México, donde se encontró que más de la mitad de la superficie total fue clasificada como Suelo de Conservación, con 300 km^2 de tierras agrícolas. (FAO, 2014).

Cuba por su parte, debido al bloqueo económico por Estados Unidos en la década de 1990, fue obligada a producir sus propios alimentos, con el apoyo del gobierno, formulando directrices y un plan agrícola urbano anual flexible, acorde a las necesidades de los productores y del mercado nacional (Acevedo, Gómez, López, & Díaz, 2014).

Por ejemplo, en la ciudad de Cienfuegos, ha sido objeto de múltiples estudios, principalmente desde la perspectiva de la agronomía y la botánica. En vista de su impacto económico, especialmente en el procesamiento de alimentos de los ciudadanos, su papel ha aumentado significativamente en los últimos años. Lo anterior, ha despertado el interés de la comunidad científica y profesional

relacionada con las ciencias económicas y sociales (Socorro, Agüero, & Rodríguez, 2017).

En Brasil a partir de la experiencia de Rio Grande do Sul, este tipo de agricultura se determinó como una valiosa práctica en torno a la producción de alimentos, a la contemplación de sus dimensiones ecológicas, socioeconómicas y simbólicas, que han realizado varios proyectos en promoción de la seguridad alimentaria, creación de empleo e ingresos, gestión ambiental, integración social y desarrollo del capital humano natural (Valent, Oliveira, & Valent, 2017).

Estudios diversos respaldan que la AUP puede mejorar la calidad de vida de las personas, por lo que, las iniciativas que promueven este tipo de sistemas de producción han demostrado ser exitosas y factibles para realzar el entorno, el bienestar y el patrimonio de la humanidad (Villares de Carvalho & Nella, 2017).

Por lo que, la AUP se presentó como recurso complementario para abordar el tema de la seguridad alimentaria en las áreas urbanas. Sin embargo, para logar los resultados en beneficio de la población se requiere el respaldo técnico y financiero (Mosquera & Prada, 2021). La AUP a pesar de sus ventajas no tiene un reconocimiento completo en la política sectorial y, en términos generales no se considera como un factor de desarrollo sostenible (Hernández, 2021).

México hasta el 2022 México contó con 64 documentos relacionados con el tema de la AUP que tiene una mayor adopción del enfoque de la FAO para promover el desarrollo de la AUP, ya que los programas actuales contra la pobreza no abordan la falta de empleo o ingresos para los más pobres, aumenta el riesgo de dependencia alimentaria y las ciudades combaten la falta de espacios verdes o abiertos (Olivera & Zavaleta, 2019).

No obstante, en las últimas décadas, se han desarrollado estudios a nivel regional y uno de ellos, realizado en la región de Puebla. En este estado, el desarrollo urbano acelerado ha resultado en una disminución del espacio agrícola. A pesar de este fenómeno, aún existen localidades con alto valor productivo, cuya base económica local es el cultivo de maíz y el nopal, como es el caso de San Bernardino Tlaxcalancingo. Esta localidad ha logrado conservar sus zonas agrícolas (Guevara, 2017).

En dicho Estado, la AUP muestra diferentes manifestaciones y prácticas, sin embargo, en su área citadina y área metropolitana (municipios Amozoc, Cuautlancingo y San Andrés Cholula) se han identificado más de 50 experiencias agrícolas urbanas y periurbanas. Además, se ha manifestado progresivamente una expansión urbana acelerada, a pesar de ello, aún mantiene áreas de cultivo (Vázquez & Caporal, 2017).

En la zona metropolitana Puebla-Tlaxcala (al sureste de la capital mexicana) se ha configurado un importante espacio de producción urbana y periurbana para el abasto de los mercados orgánicos, basado en la proximidad geográfica y las cadenas cortas (Ajuria, 2017).

En el contexto Multifuncional la AUP tiene una relación directa tanto con agricultura tradicional como con agricultura urbana, áreas rurales, ecología y la biodiversidad (Figura 11). Del mismo modo, se observa que las áreas periurbanas se encuentran ligadas a la multifuncionalidad, cambio de uso del suelo y a la urbanización. Está enfocada en promover la protección del medio ambiente, el arraigo social, mejorar la calidad de vida en las zonas rurales, con énfasis en la salud humana y la soberanía alimentaria (Ayala, 2011). A través de la multifuncionalidad, se busca identificar las funciones ambientales, económicas y socioculturales de la AUP (Alcántara & Larroa, 2022b).

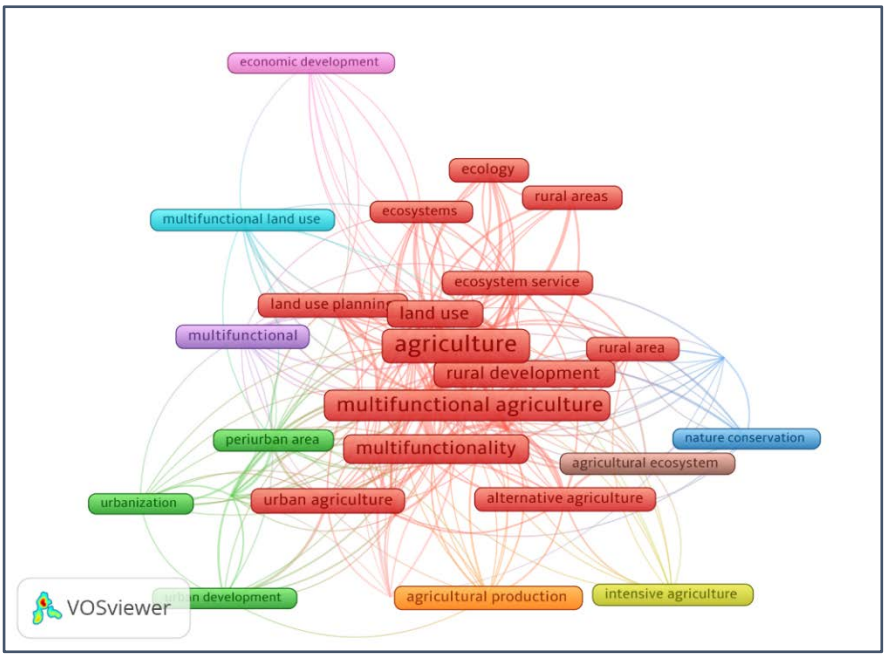

Figura 11. Relación de palabras claves utilizadas en la búsqueda bibliográfica.

La AUP está ampliamente estimulada por una red de factores clave en la sociedad, como son la pobreza, ocupación regional irregular, marginación y especialmente, la inseguridad alimentaria (Melo et al., 2017). Dicha actividad funge como una herramienta potencial de conexión, para promover el desarrollo local y comunitario, restauración del medio ambiente, de los recursos del hábitat; así como, de las actividades tradicionales de producción agrícola y cultural (Uzcátegui, Zaldumbide, & González, 2017).

La AUP a medida que se fortalecen los vínculos económicos, sociales, ambientales positivos entre las ciudades y las periferias, adopta prácticas agroecológicas como herramientas para construir ciudades sostenibles; crear áreas verdes, espacios públicos seguros, inclusivos, accesibles y reducir el impacto negativo en el medio ambiente (Calle, Mena, Beaulieu, Urbina, & Hachler, 2019).

Se genera la capacidad de aprovechamiento de superficies para cultivar mientras se preserva el ecosistema con prácticas amigables con el medio-ambiente (Zaldumbide, Solano, & Gonzales, 2017). De esta manera, contribuye a reducir

la huella de carbono e introduce en la vida cotidiana actividades de bajo impacto ambiental mediante la producción de hortalizas, plantas medicinales, aromáticas y ornamentales en un espacio reducido (Mosquera & Prada, 2021).

La AUP va a beneficiar a las personas más vulnerables por condiciones permanentes o temporales, generando ingresos adicionales, la dieta familiar es más nutritiva, promueve tecnologías eficientes sostenibles, utiliza recursos e insumos naturales respetando el ambiente, los conocimientos, las tradiciones locales y promueve la equidad de género (FAO, 2012).

Respecto a los riesgos de la AUP, en México no se ha diseñado ninguna política pública. Lo que conlleva actos negativos hacia este tipo de prácticas en las ciudades debido a olores desagradables producto de la composta, y además por ser una práctica reciente no se da la suficiente importancia, sin embargo, este tipo de agricultura contribuye no solo al crecimiento económico, también promueve un uso racional de los recursos naturales (Pérez, Delgado, & Bernal, 2016).El desconocimientos de los alcances que ofrece este tipo de AUP evita que se legisle en favor de ella (Ávila, 2019).

3.6 CONCLUSIONES

En la revisión de documentos sobre la AUP, se identificó que uno de los desafíos más significativos a nivel mundial es la dificultad para asegurar el suministro de alimentos para una población creciente. Esta problemática se acentúa debido a la limitación de recursos, ya que la superficie los suelos agrícolas disminuye gradualmente, lo que representa un obstáculo para producir y alimentar a una población global creciente Tanto en México como a nivel internacional, se exploran alternativas de producción que permitan mantener un desarrollo sostenible en el ámbito agrícola. Pues el objetivo es conservar los recursos durante más tiempo para garantizar el abastecimiento de alimentos a las comunidades y ciudades.

Ante dicho escenario la AUP busca obtener el reconocimiento por parte de las agendas políticas y, que la producción obtenida por medio de estos sistemas agrícolas tenga un mercado más garantizado. Además, se busca que la AUP sea considerada como una alternativa para abordar la seguridad alimentaria en las localidades más vulnerables en zonas urbanas y, posiblemente, como una solución a la desnutrición y a la vez ser una opción alimentaria en las regiones más pobres.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

3.7 REFERENCIAS

Acevedo, J. A., Gómez, M., López, T., & Díaz, P. B. (2014). Agricultura urbana y periurbana en Cuba. In J. Briz e I. de Felipe (Eds.). *Agricultura Urbana Integral ornamental y alimentaria- Una visión global e internacional* (pp. 323-339).Editorial Agrícola Española https://www.researchgate.net/publication/313310032_AGRICULTURA_URBANA_Y_PERIURBANA_EN_CUBA

Ajuria, B. (20-23 junio 2017*). Proximidad, vinculación e instituciones en los circuitos cortos de comercialización alimentaria en México*.[Congreso]. 11º Congreso Nacional Marejadas rurales y luchas por la vida*,* Nayarit , Méxicop. 1-111

Alcántara, N. N., & Larroa, T. R. M. (2022a). La multifuncionalidad de los huertos urbanos en la Ciudad de Mexico. *Resvista Espiral Estudios sobre Estado y Sociedad, XXXIX*, 187-229.

Alcántara, N. N., & Larroa, T. R. M. (2022b). La multifuncionalidad de los huertos urbanos en la Ciudad de México.*Revista Espiral Estudios sobre Estado y Sociedad,* 29(83), 187-229

Alemán, S. T. (2019). Agricultura urbana: respuesta local a un desafío global. *Revista Agroecología,* 35(3), 5-8.

Audate, P. P., Fernandez, M. A., Cloutier, G., & Lebel, A. (2019). Scoping review of the impacts of urban agriculture on the determinants of health *BMC Public Health*,19(672), 2-14. https://doi.org/10.1186/s12889-019-6885-z

Ávila, S. H. (2019). Agricultura Urbana y Periurbana. Reconfiguraciones territoriales y potencialidades en torno a los sistemas alimentarios urbanos. *Investigaciones Geográficas*,28, 1-21 . https://doi.org/10.14350/rig.59785

Ayala, O. D. A. (2011). La multifuncionalidad y la ecocondicionalidad como alternativa para el desarrollo rural sustentable.*Revista Economía y Sociedad, 14(28)*, 51-62.

BancoMundial. (2023). Entendiendo la probreza. 11 octubre 2022 de https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview

Berry, E. (2019). Sustainable Food Systems and the Mediterranean Diet. *Nutrients*, 11(9), 7-9. https://doi.org/10.3390/nu11092229

Bonnal, P., Cazella, A. A., & Maluf, R. S. (2008). Multifuncionalidade da agricultura e desenvolvimento territorial: avanços e desafios para a conjunção de enfoques. *Revista Estuddos Sociedade e Agricultura,* 16(2), 185-227.

Bula, A. (2020). Importancia de la agricultura en el desarrollo socio-económico. *Observatorio económico social, Universidad Nacional de Rosario*,16, 1-28.

Calle, H. J., Mena, A. J., Beaulieu, M. A., Urbina, A. P., & Hachler, P. (2019). Agricultura urbana un paso hacia una ciudad sostenible. *LEISA, 35,* 11-14.

Campos, F. X., & Delgado, B. J. M. F. (2020). *Desde la agricultura urbana y periurbana agroecológica hacia la sustentabilidad alimentaria experiencias en Sucre, Bolivia*, 1ª ed., (pp. 1-173). Compas-Bolivia.

Carpio, S. L. K. (2018). El uso de la tecnología en la agricultura. *Revista de Producción, Ciencia e Investigación, 2*, 25-32.

Mosquera, M. R. A., & Prada, M. Y. (2021). Experiencias relevantes de agricultura urbana y periurbana en Colombia. In C. E. Carranza, G. M. C. Vinasco, G. R. A. M. Mena, S. P. M. Gómez, Y. A. S. Velosa, Y. P. Millán, & Y. A. S. Casadiego (Eds.), Alternativas de producción agroecológica urbana-periurbana y su contribución en la seguridad alimentaria de Colombia (pp. 50-61). Editorial UNAD .

Chiambiro, Z. F. (2017). Segurança Alimentar Urbana em Moçambique. *Segurança Alimentar e. Nutricional., 24(2)*, 180-191. https://doi.org/10.20396/san.v24i2.8648431

Degenhart, B. (2016). La agricultura urbana:un fenómeno global. *Nueva Sociedad, 262,* 133-146.

FAO. (1996). El Estado Mundial de la agricultura y la alimentacion 1996. *Colección FAO,* 29.

FAO. (2012). La agricultura urbana y su contribución a la seguridad alimentaria *FAO*.

FAO. (2014). *Ciudades mas verdes en América Latina y el Caribe.* FAO.

FAO. (2017). El Estado Mundial actual de la Agricultura y la Alimentación *FAO*.

Feito, M. C., Boza, S., & Peredo, S. (2019). La agricultura en los periurbanos de Buenos Aires (Argentina) y Santiago(Chile): Territorios en transición. *Revista del Área de estudios Urbanos*,11, 32-54.

Feola, G., Suzunaga, J. A., Soler, J., & Wilson, A. (2020). La agricultura periurbana como sostenibilidad silenciosa: desafiando el discurso del desarrollo urbano en Sogamoso Colombia. *Revista CS, 32*, 279-315. https://doi.org/10.18046/recs.i32.4149

Guevara, R. M. L. (2017). Impact of urban growth in agricultural zones: Territorial Reserve Atlixcáyotl, Puebla. *Journal Estoa*, 6(11), 53-68. https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a04

Hernández, F. J. Á. (2021). Agricultura urbana y periurbana. Un análisis de sus límites y potencialidades en el área conurbada de Puebla. En E. J. A. Méndez, J. J. Ramírez, y F. J. Á. Hernández (Eds.), Transformaciones rurales desde la agricultura familiar en las regiones Centro y Sur de México (pp. 47-81). Editorial Colegio de Postgraduados y Colegio de Tlaxcala .

Hernández , X. E. (1988). La agricultura tradicional en México *Revista Comercio exterior, 38*, 673-678.

Juan, P. J. I., & Pérez, S. J. M. (2022). Agua y agricultura en una comunidad del sur del Estado de México. Universidad del Estado de México (1ª Semillas de vida Agricultura, conocimiento tradicional y recursos naturales en México, 146-161.

Pérez, S. J. M., & Juan, P. J. I. (2022). Agua y agricultura en una comunidad del sur del Estado de México. In J. M. P. Sánchez & J. I. J. Pérez (Eds.). Semillas de vida Agricultura, conocimiento tradicional y recursos naturales en México (pp. 146-147). Editorial Universidad Autonoma del Estado de México.

Langemeyer, J., Wedgwood, D., McPhearson, T., Baró, F., Madsen, A. L., & Barton, D. (2020). Creating nature-based solutions where they are needed–a spatial ecosystem service-based decision analysis of green roofs in Barcelona. *Journal: Science of the total environment,* 707, 1-54. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135487

Lykogianni, M., Bempelou, E., Karamaouna, F., & Konstantinos, A. A. (2021). Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. *Science of the Total Environment, 795*. 148-163. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148625

McDougalla, R., Kristiansena, P., & Radera, R. (2018). Small-scale urban agriculture results in high yields but requires judicious management of inputs to achieve sustainability. *Agricultural Scienses*,116(1), 129-134. https://doi.org/10.1073/pnas.1809707115

Melo, A. M., Salustiano, M. C. d. S., Santos, C. J. S. e., & Almeida, R. S. d. (2017). Agricultura Urbana como uma alternativa: sua ocorrência no Bairro Santa Amélia, Maceió/AL. *Diversitas Journal, 2*(3), 389-402. https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v2i3.531

Mosquera, M. R. A., & Prada, M. Y. (2021). Experiencias relevantes de agricultura urbana y periurbana en Colombia. In C. E. Carranza, G. M. C. Vinasco, G. R. A. M. Mena, S. P. M. Gómez, Y. A. S. Velosa, Y. P. Millán, & Y. A. S. Casadiego (Eds.)*, Alternativas de producción agroecológica urbana-periurbana y su contribución en la seguridad alimentaria de Colombia* (pp. 51-61).Editorial UNAD.

Nilsson, K., Nielsen, T. S., Aalbers, C., Bell, S., Boitier, B., Chery, J. P., . . . Zasada, I. (2014). Strategies for Sustainable Urban Development and urban-rural Linkages. *The European Journal of Spatial Development,*12(3) , 1-26. https://doi.org/10.5281/zenodo.5079562

Nowysz, A., Mazur, Ł., Vaverková, M. D., Koda, E., & Winkler, J. (2022). Urban Agriculture as an Alternative Source of Food and Water Security in Today's Sustainable Cities. *International Journal Enviromental. Research and Public Health*,19(23), 2-21. https://doi.org/10.3390/ijerph192315597

Olivera, G., & Zavaleta, K. (2019). La agricultura urbana y periurbana como segundo mejor uso del suelo en la ciudad. Retos frente a la urbanización y las políticas urbanas: Cuernavaca, México. *Espacio Abierto,* 16(13)*,* 216-242.

ONU. (s.f.). *Foro ALC 2030 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS*). 12 octubre 2023 de https://agenda2030lac.org/es/ods/2-hambre-cero

Pérez, R. G. I., Delgado, M. R., & Bernal, N. L. G. (2016). Agricultura urbana: una alternativa sustentable para el desarrollo regional. *Asociación Mexicana de Ciencias para el desarrollo Regional (AMCIDER),* 1 , 1-20.

Restrepo, V. S., & Velásquez, P. J. M. (2021). La agricultura urbana como herramienta para los actores políticos. *Revista de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas,* 51(134), 303-331. https://doi.org/10.18566/rfdcp.v51n134.a13

Rijnaldus, W. G., & Mastache, d. l. S. A. (2020). Aspectos metodológicos de la multifuncionalidad. In P. R. W. Gerritsen & A. M. d. l. Santos (Eds.), Introducción al estudio de la multifuncionalidad en la agricultura (pp. 31-34). Editorial Centro Universitario de la Costa Sur.

Ipinza, R., Gutiérrez, B., Magni, C., Molina, M. P., & Espejo, J. (2020). La domesticación del Maqui, un estudio de caso en Chile. In S. J. Salinas & G. Caballé (Eds.), Maqui, El fruto silvestre de mayor importancia en Chile Salinas (pp. 106-144). Editorial Instituto Forestal.

Sánchez, R. C. M., & Martínez, G. J. G. (2023). Urbanización y cobertura vegetal en la Zona Metropolitana de Cuernavaca. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades,*4(1). 3649-3657. https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.514

Sarandón, S. J. (2020). El papel de la agricultura en la transformación social-ecológica de América Latina. *FES Transformación,* 11, 4-47.

Shrestha, P., Small, G. E., & Kay, A. (2020). Quantifying nutrient recovery efficiency and loss from compost-based urban agriculture. *PloS One*, 15(4), 1-15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230996

Sierra, R. Y., de Dios, M. A., & Valido, T. A. (2023). Análisis teórico metodológico de la planificación territorial de la agricultura urbana. *Revista científica del Centro de Estudios de Dirección Empresarial y Territorial,* 7(1), 1-31.

Socorro, C. A. R., Agüero, C. F. C., & Rodríguez, R. R. R. (2017). Contribución cultural de la agricultura urbana. *Revista Científica Agroecosistemas,* 5(2), 92-100.

UN. (2022). *Perspectivas de la Población Mundial.* 5 octubre 2023 de https://www.un.org/es/global-issues/population .

Uzcátegui, C., Zaldumbide, D., & González, O. A. I. (2017). Agricultura urbana sobre la base de sostenibilidad de las ciudades. *Revista Científica Agroecosistemas,* 5(1), 85-89.

Valent, J. Z., Oliveira, L. D., & Valent, V. D. (2017). Agricultura urbana: o desenvolvimento de um projeto social. *DRd - Desenvolvimento Regional em debate, 7*(2), 1-4. https://doi.org/10.24302/drd.v7i2.1427

Vázquez, T. R., & Caporal, G. Y. (2017). La agricultura urbana como espacio de recuperacion resignificación del modo de vida campesina. In G. E. Guzmán y P. J. A. Madera (Eds.). México rural ante los retos del siglo XIX (pp. 55-72).Editorial AMER

Villares de Carvalho, I., & Nella, B. P. (2017). Patrimonio y agricultura urbana en Recife. Analisis y Directrices para el Barrio de Várzea. *Urbano,*20(36), 30-41. https://doi.org/10.22320/07813607.2017.21.36.03

Xi, L., Zhang, M., Zhang, L., Lew, T. T., & Lam, Y. M. (2022). Novel Materials for Urban Farming. *Advanced Materials,* 34(25). https://doi.org/10.1002/adma.202105009

Yacamán, O. C., Sanz, S., & Mata, O. E. R. 2020. *Agricultura Periurbana y planificación territoria*l. Universitat de València

Zaldumbide, D., Solano, J., & Gonzales, A. (2017). Sustainable food systems for the cities of the future: Potential of urban agriculture for small entrepreneurs in Canton Machala. *INNOVA Research Journal, 2* (8.1), pp. 112-116. https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.348

CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS AGRÍCOLAS PARA LA ZONA METROPOLITANA PUEBLA-TLAXCALA CON LA METODOLOGÍA PAPADAKIS

4.1 RESUMEN

Objetivo:

El objetivo de este estudio fue identificar áreas potenciales para el establecimiento de los principales cultivos agrícolas en la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT).

Diseño/metodología/aproximación:

Durante abril a junio de 2022, se realizó el proceso de clasificación para la identificación de cultivos principales de la ZMPT, el cual se llevó a cabo empleando datos climáticos mensuales procedentes de bases del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), mismos que se analizaron mediante la instrumentación de la metodología Papadakis (1970); posteriormente, cartografiado con la herramienta Superposición Ponderada (SP) de ArcGis® versión10.2.

Resultados:

los resultados de Papadakis identificaron 10 cultivos de tipo estacional; particularmente de verano e invierno. La SP determinó cinco categorías de áreas potenciales (óptimas, muy adecuadas, aceptables, inaceptables) para el establecimiento de algunos cultivos.

Limitaciones del estudio/implicaciones:

Las limitantes radican en que las bases de datos, así como los softwares utilizados en la presente investigación suelen estar incompletos y escasamente disponibles, además su manejo no es sencillo, incluso resulta costoso. Sus implicaciones en la agricultura pueden resultar en procesos que coadyuvan a incrementar-diversificar la producción agrícola, identificando áreas óptimas para

su establecimiento, ya que se basa en métodos robustos e innovadores; especialmente para áreas agrícolas urbanas-periurbanas (AUP).

Hallazgos/conclusiones:

Se identificaron los principales cultivos manejados en la ZMPT, así como las áreas potenciales para su establecimiento. Con esto se generó información cartográfica sólida que permita en el corto, mediano y largo plazos, una adecuada distribución en la implementación de sistemas agrícolas productivos, particularmente en zonas AUP, en función de fluctuaciones en las condiciones climáticas de la región.

Palabras clave

Autoconsumo, Cambio climático, Crecimiento urbano, Modelización espacial.

4.2 ABSTRACT

Objective:

The objective of this study was to identify potential areas for the establishment of the main agricultural crops in the Puebla-Tlaxcala Metropolitan Area (ZMPT).

Design/methodology/approach:

During April to June 2022, the classification process for the identification of the main crops of the ZMPT was carried out, which was carried out us-ing monthly climatic data from the bases of the Mexican Institute of Water Technology (IMTA), which were analyzed through the instrumentation of the Papadakis methodology (1970); subsequently, mapped with the Weighted Overlay (SP) tool in ArcGIS v.10.2.

Results:

Papadakis' results identified 10 seasonal crops; particularly in summer and winter. The Weighted Overlap (SP) identified five categories of poten-tial areas

(optimal, well-suited, acceptable, unacceptable) for the estab-lishment of some crops.

Limitations on study/implications:

The limitations lie in the fact that the databases, as well as the software used herein, are often incomplete and scarcely available, and their use is not easy, and even expensive. Its implications in agriculture can result in processes that contribute to increasing and diversifying agricultural pro-duction, identifying optimal areas for its establishment, since it is based on robust and innovative methods; especially for urban-peri-urban agricultur-al areas (UPAs).

Findings/conclusions:

It was possible to identify the main crops managed in the ZMPT, as well as the potential areas for their establishment. With this, solid cartographic in-formation was generated that allows, in the short, medium and long term, an adequate distribution in the implementation of productive agricultural systems, particularly in AUP areas, depending on fluctuations in the cli-matic conditions of the region.

Keywords:

Self-consumption, Climate change, Urban growth, Spatial modelling.

4.3 INTRODUCCIÓN

Algunos componentes ambientales como el suelo, clima, vegetación, topografía, entre otros, conforman de manera integral el concepto de tierra; la cual, es la base para el establecimiento de la agricultura en zonas rurales (FAO,2023), estudiarlo como un elemento del paisaje es resultado de factores ambientales que actúan juntos; por lo tanto, requiere una comprensión de la mayoría de las características biofísicas (Delgado-Calvo-Flores, Sánchez Marañón & Delgado Calvo-Flores,1987).

Por su parte, el suelo es el espacio físico donde se desarrollan actividades humanas, además de ser un elemento del paisaje, permite la producción de alimentos, es refugio, espacio, hábitat, ya que proporciona diversos elementos de supervivencia (Burbano-Orjuela, 2016); dicho recurso es considerado el sustrato de soporte y proveedor de nutrientes para las plantas, aunado a ello participa en el ciclo hidrológico permitiendo la filtración del agua hacia los mantos freáticos, entre otros servicios ecosistémicos (Montanarella, 2015).

A principios de los 80's, el crecimiento de la población humana provocó un incremento drástico en el suministro de alimentos; por ende, de la producción agrícola, promoviendo efectos negativos asociados al cambio de uso de suelo para la implementación de actividades productivas mal planificadas, disminuyendo la capacidad productiva, creando la necesidad a nivel internacional de desarrollar sistemas estándar de clasificación de suelos (IUSS & WRB, 2007).

Para aprovechar el potencial productivo del suelo, es pertinente ordenar los territorios para tomar decisiones que no sean tan complejas de interpretar por los especialistas, incluso de otras disciplinas ajenas a la ciencia del suelo (Perucca & Kurtz, 2016); su evaluación física, química, biológica, económica, social, constituye una herramienta solida de gestión sostenible basada en su vocación y capacidad productiva (Miranda, et. al. 2021), ofreciendo la posibilidad de llevar a cabo uno uso racional y sostenible de dicho recurso (Vargas & Ponce de León, 2008), debido a que, junto con el clima, son los factores ambientales más relevantes que determinan estacionalmente la producción de cultivos, lo cual ha sido revelado en diversos estudios agrometeorológicos (Mehrdad, 2017); aunado a esto, La FAO (2022) recomienda que dicha evaluación se debe abordar de manera multidisciplinar considerando factores ambientales, sociales, económicos, culturales que impactan los sistemas agrícolas.

Por lo tanto, actualmente la producción de más alimentos afectando menos recursos naturales, especialmente al suelo, es un desafío para detener los efectos devastadores sobre la agrobiodiversidad, debido a que en el mundo solo existen aproximadamente 100 especies de plantas y animales de importancia

agrícola-pecuaria para la producción de alimentos; de las cuales, entre 12 y 15 sustentan la producción a nivel global, siendo los cultivos de arroz, trigo, maíz, papas, los que aportan más del 60% de las calorías consumidas por los seres humanos (Alemán, 2019). Recientemente se han desarrollado diversas técnicas, de planificación, implementación y análisis de datos que mejoran la precisión de los resultados, lo que promueve la prevención de la pérdida de germoplasma con potencial para incrementar la productividad de los sistemas agrícolas (Storck, Steckling, Roversi & Lopes, 2008).

Así la clasificación de suelos agrícolas dependerá en gran medida de las características y calidad de su unidad cartografiable *versus* las necesidades agroecológicas para el manejo sostenible del suelo, en el corto, mediano y largo plazos, minimizando la degradación ambiental. En este sentido, la tarea de clasificar, evaluar, analizar e identificar los suelos, para determinar su potencial productiva, pudiera realizarse a través del método Papadakis, cartografiándose mediante la herramienta SP a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG); sin embargo, no sean han desarrollado métodos cuantitativos y cualitativos sobre el particular (Flores, 1997). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue identificar áreas potenciales para el establecimiento de los principales cultivos agrícolas en la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT).

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La ZMPT se localiza en la parte central de México, específicamente en los estados de Puebla y Tlaxcala, entre las coordenadas 18º50’ y 19º25’ de latitud norte y a 97º55’ y 98º40’ de longitud oeste; tiene una superficie aproximada de 2,204.34 km^2, dicha zona se conforma por 38 municipios, de los cuales 20 pertenecen al estado de Tlaxcala y 18 al estado de Puebla. Esta zona exhibe climas templados, semifríos, fríos, semihúmedo; la precipitación oscila entre 800 y 1500 mm anuales; la temperatura media anual varía de entre -2° y 18°C (Periódico-Tlaxcala, 2013; Figura 12).

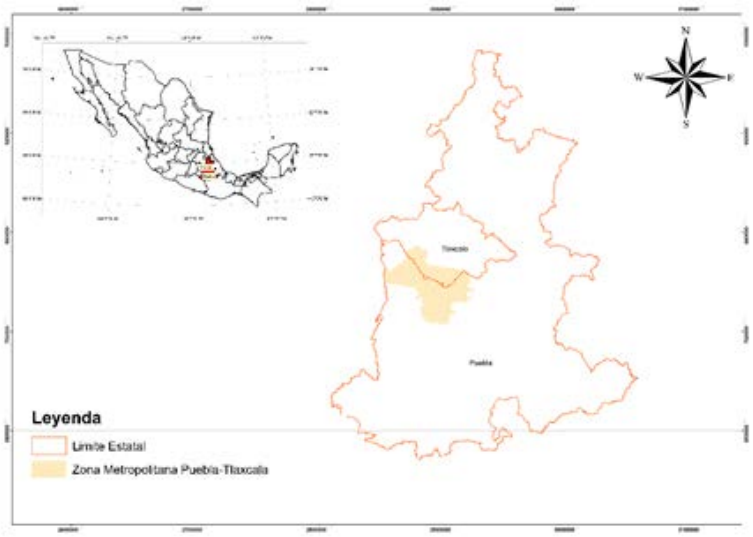

Figura 12. Ubicación de la ZMPT.

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2021

Se consideraron 18 estaciones climáticas propiedad del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), de las cuales se obtuvieron bases de datos con registros de 20 años o más, dichas estaciones se encuentran distribuidas en toda el área de estudio (Figura 13). La información procedente de dichas estaciones se obtuvo mediante Eric III v.2 (IMTA, 2009), el cual facilitó la extracción de la información contenida en el Banco de datos histórico nacional, del Servicio Meteorológico Nacional, contenido en la base CLICOM de la misma institución. Para ello, se seleccionaron las estaciones distribuidas en la ZMPT (Tabla 3).

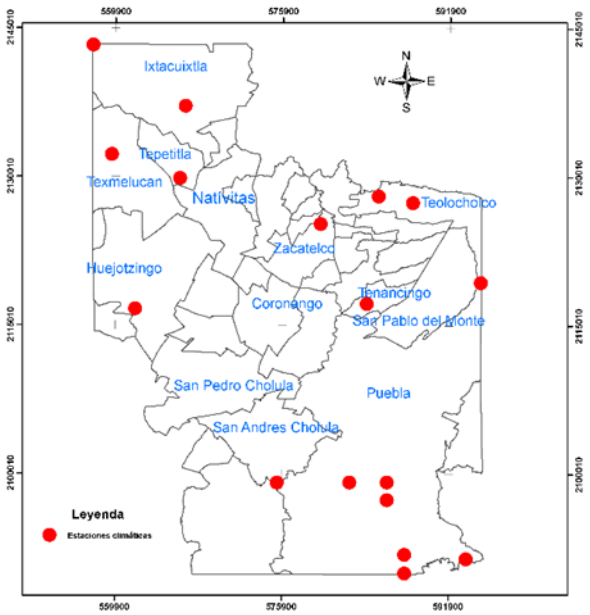

Figura 13. Distribución de las estaciones meteorológicas del IMTA en la ZMPT.

Fuente: Elaboración propia con localidades de la República Mexicana. Escala. 1:50,000 de INEGI, 2018.

Tabla 3. Estaciones climáticas seleccionadas distribuidas sobre ZMPT, con registros de 20 años o más.

Clave	Año inicio	Año final	Total años registrados
21016	1943	2007	64
21023	1943	2006	63
21034	1943	2006	63
21035	1952	2006	54
21046	1925	1998	73
21164	1978	1996	18
21071	1954	2001	47
21148	1977	2003	26
21078	1961	2006	45

21089	1969	1990	21
21163	1978	2000	22
21214	1982	1995	13
29040	1974	2004	30
29041	1974	2005	31
29050	1980	2002	22
29056	1992	2002	10
29161	1990	2004	14
29169	1994	2002	8

Análisis de la Información

Para identificar los cultivos principales de la ZMPT, los datos climáticos mensuales promedio de: las temperaturas más bajas, mínimas, máximas, precipitación, presión de vapor procedentes de bases del IMTA, fueron analizados a través del método Papadakis (1970). La clasificación del clima requirió determinar los siguientes tipos de parámetros: de invierno, verano, regímenes de temperatura, humedad; además de los tipos climáticos, adaptabilidad y limitaciones para cultivos importantes. Dicho estudio se dividió en dos fases: a) análisis de información climática, que consistió en combinar un sistema climático con los requerimientos de los cultivos, para determinar su potencial agrícola y; b) análisis espacial mediante una interpolación utilizando la herramienta Spline de Arc Gis® versión 10.2 (ESRI.Inc, 2019), el cual estima los valores mediante una función matemática que minimiza la curvatura global de la superficie, dando como resultado un área suave que pasa exactamente por los puntos de entrada.

Con el producto de la interpolación, se realizó una SP, misma que incluyó un conjunto de métodos aplicados para obtener la ubicación óptima para el establecimiento de los cultivos mediante modelado de idoneidad. En esta técnica, se aplicó una escala de valor común a varios insumos, que difirieron entre sí para generar un análisis integral. Para ello se utilizó un factor de ponderación, procedente de la clasificación Papadakis, para este caso se

contemplaron los factores de humedad relativa, precipitación, temperaturas máximas y mínimas extremas.

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las estaciones climáticas muestran los valores extremos de precipitación, humedad relativa, temperatura máxima, mínima y extremas de la ZMPT (Tabla 4).

Tabla 4. Valores extremos obtenidos de las estaciones climáticas del IMTA en la ZMPT.

Estación	precipitación	humedad relativa	temp. max	temp. min.	temp. extremas
21016	143.5	69	29.3	6.20	2.1
21023	94.7	69.5	26.80	4.57	0.4
21034	185.1	69.5	26.46	0.91	-3.9
21035	195.6	69.5	26.46	4.88	1.24
21046	165.9	69.5	27.36	3.10	-0.78
21071	140.8	69.5	28.19	4.76	0.78
21078	126.1	69	28.16	3.97	-0.31
21089	70.6	69	26.34	-0.52	-6.75
21148	183.8	69.5	23.87	2.95	-0.21
21163	204.5	69.5	16.25	2.45	-2.5
21164	204.4	69.5	16.25	-0.57	-3.64
21214	160.9	69.5	19.97	0.68	-2.3
29040	129.9	69	27.60	1.6	-3.48
29041	133.9	69	26.02	0.63	0.62
29050	165.9	69	19.5	3.2	-0.11
29056	249.7	69.5	27.5	3.1	-0.37
29161	149.9	69	25	2.8	-0.68
29169	185.8	69	26.8	3.3	-0.22

Los resultados de la interpolación muestran una aproximación promedio del tipo de clima que prevalece en la ZMPT; a partir del cual se obtuvieron los mapas de

temperatura máxima, mínima, absoluta promedio, precipitación y humedad relativa.

Los resultados sugirieron la presencia de temperaturas máximas promedio que oscilaron entre los 23.8-32.4ºC, mismas que se localizaron en la parte norte y centro de Puebla, San Martín Texmelucan, Huejotzingo, Domingo Arenas; por el contrario, los valores registrados en ésta de 18.6-23.8ºC, se presentaron en la zona este de San Pedro Cholula, oeste de Puebla, San Andrés Cholula, San Miguel Xoxtla, Tetlatlahuca, San Jerónimo Zacualpan, San Juan Huactzinco, San Lorenzo Axomanitla, Zacatelco, Coronango, Cuautlancingo. Los rangos de 13.53-18.67ºC, correspondieron a San Pablo del Monte, Acuamanala de Miguel Hidalgo, Mazatecochco de María Morelos, Tenancingo, Santa Catarina Ayometla, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Tepetitla de Lardizábal, Santa Ana Nopalucan, Tlaltenango, Juan C. Bonilla. Por su parte, el umbral de 5. 9 -13.5ºC se focalizó al centro y oeste de Ocoyucan. Las más bajas de -6.1- 5. 9ºC, estuvieron al este de Puebla (Figura 14).

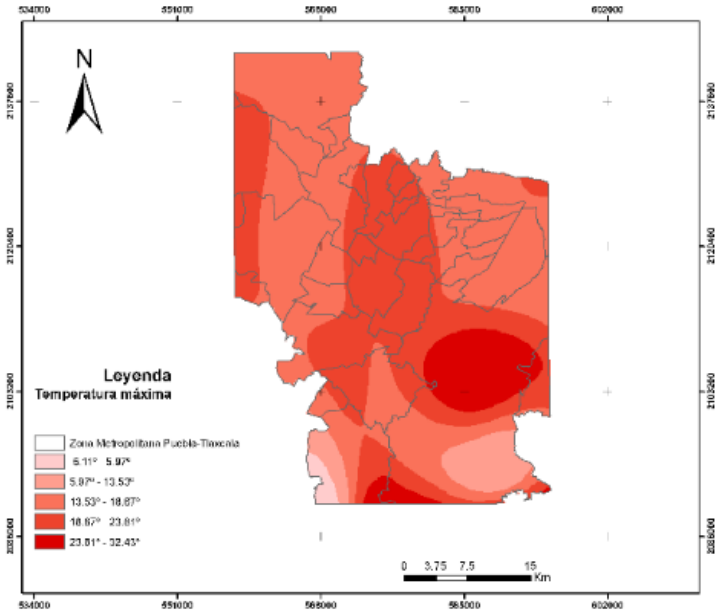

Figura 14. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para temperatura máxima promedio registradas en los municipios de la ZMPT.

Fuente: Elaboración propia con información de las estaciones climáticas del SMN e INEGI (INEGI, 2021).

Por el contrario, las temperaturas mínimas promedio exhibieron que los rangos de 20.2-33.2ºC, se distribuyeron al sur de Ocoyucan y Puebla. Los valores de 12.10-20.2ºC, se presentaron al este de Ocoyucan, sureste y centro de Puebla. Los umbrales de 7.3-12.1ºC, se localizaron al este de San Martin Texmelucan, Huejotzingo, Domingo Arenas, oeste de Puebla. Por su parte, valores de 3.97-7.28ºC, se presentaron en Tepetitla de Lardizábal, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Santa Ana Nopalucan, Nativitas, San Miguel Xoxtla, Tlaltenango, Juan C. Bonilla, San Gregorio Atzompa, Tenancingo, San Pablo del Monte, etc. Así mismo, los rangos -1. 9 -3.9ºC, se distribuyeron al oeste de Ocoyucan (Figura 15).

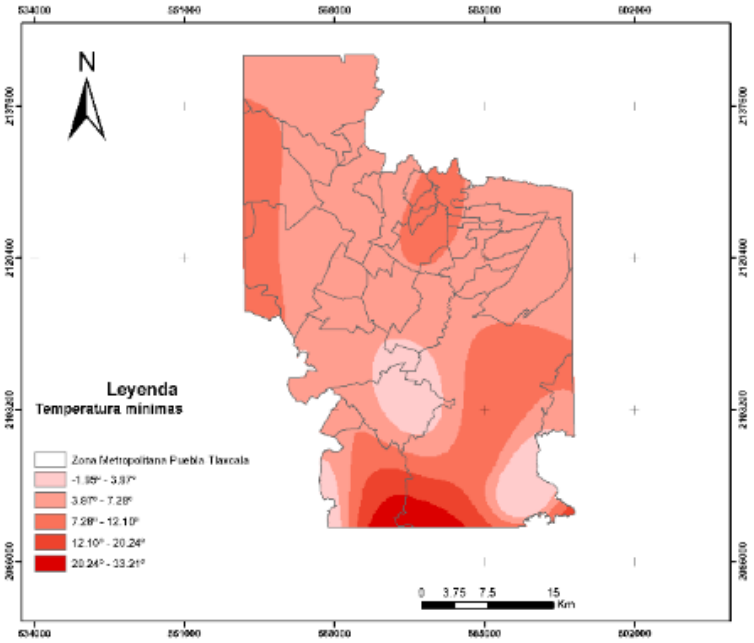

Figura 15. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para temperatura mínimas promedio registradas en los municipios de la ZMPT.

Fuente: Elaboración propia con información de las estaciones climáticas del SMN e INEGI (INEGI, 2021).

Por otra parte, las temperaturas mínimas extremas promedio se localizaron al centro de Puebla, Ocoyucan. Los umbrales entre 11. 9-21. 5ºC, se ubicaron al este de Ocoyucan, sur de Puebla. Los valores de 6. 7-11.9ºC, se reconocieron al oeste de Puebla, Amozoc, centro de Ocoyucan. Los rangos de 3.6 - 6.8ºC, se focalizaron al centro, este de Huejotzingo, San Martín Texmelucan, Nativitas,

Tepetitla de Lardizábal, Tlaltenango, San Miguel Xoxtla, Santa Apolonia Teacalco, etc. Las cifras de .72-3.64ºC se registraron en San Pablo del Monte, Teolocholco, Tenancingo, Cuautlancingo, este de Coronango, San Pedro Cholula, Ocoyucan, San Andrés Cholula, oeste de San Andrés Cholula, San Gregorio Atzompa, sur de Domingo Arenas, Ixtacuixtla, norte de Huejotzingo, Nativitas, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, centro de San Andrés Cholula. De igual forma, los parámetros entre -9. 5-0.7ºC correspondieron al sureste de Puebla (Figura 16).

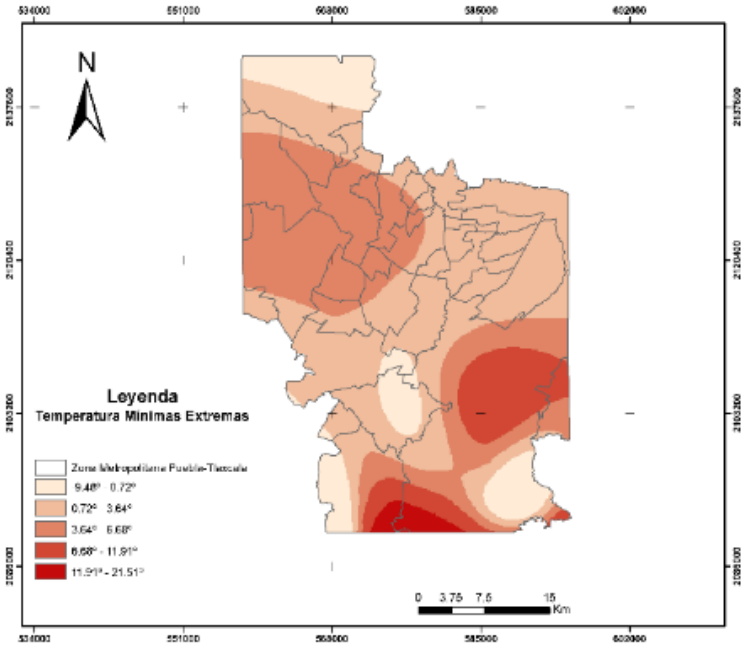

Figura 16. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para temperatura mínimas extremas promedio registradas en los municipios de la ZMPT.

Fuente: Elaboración propia con información de las estaciones climáticas del SMN e INEGI (INEGI, 2021).

Por otro lado, la precipitación promedio mostró valores entre 98-137mm, mismos que se manifestaron al oeste de Ocoyucan, sureste de San Andrés Cholula, Puebla y Amozoc. Los rangos de 73-98 mm, ocurrieron al este de Tlaltenango, noroeste de Puebla, Huejotzingo, Papalotla de Xicohtencatl, Santa Catarina Ayometla, Zacatelco, San Miguel Xoxtla, Coronango, Juan C. Bonilla, etc. Los umbrales de 52-73mm, se manifestaron al noroeste de Puebla, San Martin Texmelucan, este de Huejotzingo, sureste de Puebla, Domingo Arenas, sur de

Ocoyucan, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, norte de San Pablo del Monte, Santa Ana de Nopalucan, Santa Apolonia Teacalco, Nativitas, Tepeyanco, San Jerónimo Zacualpan, Tetlatlahuca. Los parámetros entre 20-52 mm, fueron registrados en el norte de Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, sur de San Pablo del Monte, Mazatecochco. De igual forma, los valores de -35-20mm se reportaron al centro de Puebla y sureste de Ocoyucan (Figura 17).

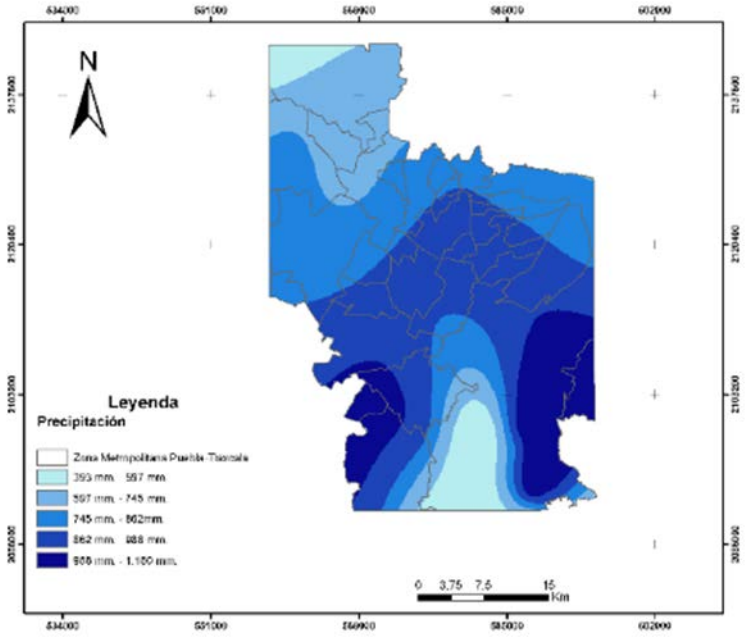

Figura 17. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para precipitación promedio registradas en los municipios de la ZMPT.

Fuente: Elaboración propia con información de las estaciones climáticas del SMN e INEGI (INEGI, 2021).

Por último, los rangos de humedad relativa promedio de 58.382 - 58.520 %, se localizaron en el centro de Huejotzingo, norte San Pablo del Monte, Papalotla de Xicohtencatl, Cuautlancingo Santa Catarina Ayometla, sur de Tlaltenango, Coronango, Xicohtzinco. La escala de 58.278-58.382 %, se manifestó en San Andrés Cholula, centro de Puebla, San Pablo del Monte, Nativitas, Tepetitla de Lardizábal, San Martin Texmelucan, Santa Ana Nopalucan, etc. Los umbrales de 58.140-58.278 %, corresponden al sur de Cuautlancingo, San Pedro Cholula, Tenancingo, centro de Huejotzingo, San Pablo del Monte, Papalotla de Xicohtencatl, Cuautlancingo, sur de Tlaltenango, Coronango, Santa Catarina

Ayometla, Xicohtzinco. Los valores entres 57.9- 58.1 %, se focalizaron en el centro de Huejotzingo, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, norte San Pablo del Monte, Papalotla de Xicohtencatl, Cuautlancingo, Santa Catarina Ayometla, Tlaltenango, Coronango, Xicohtzinco. Las escalas de 57.8 hasta 57.9 %, dominaron el sur de Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, norte de Zacatelco, Huejotzingo, este de San Jerónimo Zacualpan, Teolocholco, Santa Ana Nopalucan, Tepetitla de Lardizábal, Nativitas, San Martin Texmelucan, Tepeyanco, Santa Apolonia Teacalco, etc. (Figura 18).

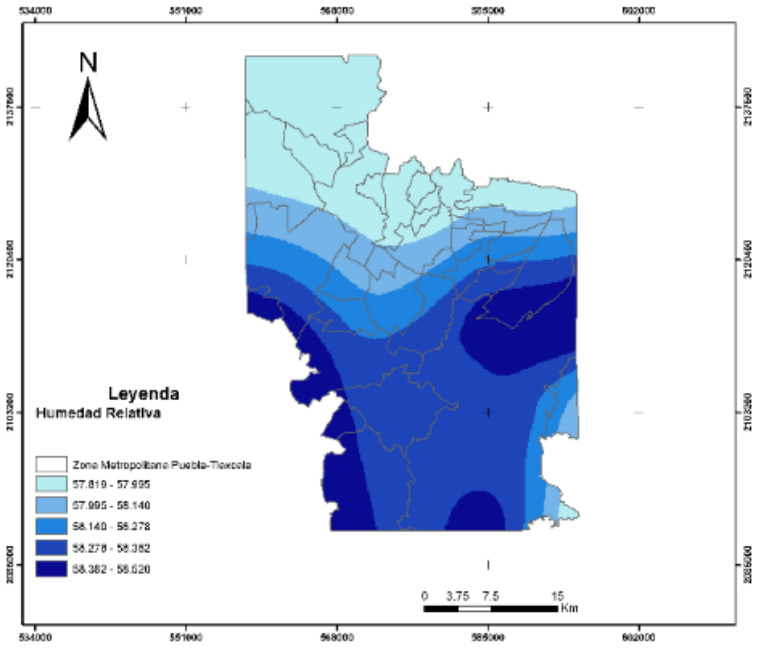

Figura 18. Resultados cartográficos de la Interpolación con método Spline para humedad relativa promedio registradas en los municipios de la ZMPT.

Fuente: Elaboración propia con información de las estaciones climáticas del SMN e INEGI (INEGI, 2021).

Los resultados de Papadakis mostraron los principales cultivos, con potencial productivo, que se adaptaron a las condiciones climáticas prevalecientes en la ZMPT (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados Papadakis, que resaltan los principales cultivos, con potencial productivo, adaptados a condiciones climáticas registradas en ZMPT.

Clave	Posibles Cultivos	Precipiación	temp. máx.	temp. min.	temp. extrema

		Anual(mm)	anual	anual	Annual
21106	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	724.3	29.3	6.20	2.1
21023	Cereales de invierno trigo, avena, cebada, centeno	464	26.80	4.57	0.4
21034	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	899.4	26.46	0.91	-3.9
21035	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	960.5	26.46	4.88	1.24
21046	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	827	27.36	3.10	-0.78
21071	Cereales de invierno trigo, avena, cebada, centeno	1400.9	28.19	4.76	0.78
21078	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	766.2	28.16	3.97	-0.31
21089	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	439.5	26.34	-0.52	-6.75
21148	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	830.4	23.87	2.95	-0.21
21163	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	876.7	16.25	2.45	-2.5
21164	Remolacha azucarera y papa	1026.9	16.25	-0.57	-3.64
21214	Cereales de invierno trigo, avena, cebada, centeno	891.6	19.97	0.68	-2.3
29040	Cereales de invierno trigo, avena, cebada, centeno	684.4	27.60	1.6	-3.48

29041	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	696.1	26.02	0.63	0.62
29050	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	802.8	19.5	3.2	-0.11
29056	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	955.8	27.5	3.1	-0.37
29161	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	780.3	25	2.8	-0.68
29169	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	885.0	26.8	3.3	-0.22

De igual forma, los resultados Papadakis obtenidos sugirieron algunas recomendaciones de manejo para los cultivos con potencial productivo identificados en la presente para la ZMPT (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados Papadakis, que resaltan algunas recomendaciones de manejo para los principales cultivos, con potencial productivo, adaptados a condiciones climáticas registradas en ZMPT.

Clave	Cultivos	Descripción
21106	Cereales de verano maíz, sorgo, mijo, arroz.	Las noches frescas de estos climas los hacen favorables para cereales de verano, son cultivados durante la estación libre de heladas. Este tipo de clima es más apropiado para maíz
21046		
21078		
21148		
21163		
29040		
29041		
29056		
29161		
29169		
21023	Cereales de invierno trigo, avena,	Los cereales de invierno (trigo, avena, cebada, centeno) pueden sembrarse tanto en primavera como en otoño; pero en
21034		

21035 21071 21089 21214	cebada, centeno	muchas subdivisiones se requiere riego; en algunos casos aún el cultivo sembrado en primavera requiere riego; con riego y una buena fertilización se obtienen buenos rendimientos
21164	Remolacha azucarera y papa	La papa es dañada frecuentemente por heladas, pero se cultiva; el riego es indispensable en para los pastos criofilos y las leguminosas necesitan riego o la selección de especies y su rendimiento son considerablemente limitados. La remolacha azucarera podría ser cultivada usando variedades que no florecen fácilmente y que resisten las heladas
29050	Papa, Remolacha azucarera	La papa rinde bien; dependiendo del clima y del tiempo de plantación normalmente se requiere riego; la remolacha azucarera puede crecer bien, pero su producción podría ser muy costosa.

Los resultados de la SP, exhibieron la ubicación óptima para el establecimiento de algunos cultivos con potencial productivo en la ZMPT. Dicha ubicación se logró cartografiar, lo que permitió identificar cinco categorías (óptimas, muy adecuadas, adecuadas, aceptables e inaceptables) de idoneidad o potencial del suelo para el establecimiento de estos cultivos.

Así la información generada mediante la SP, identifico que los cereales de verano tuvieron un Potencial Óptimo en dos municipios; el Muy Adecuado está presente en 12; el Adecuado se localizó en nueve; de igual forma, el Aceptable se registró en ocho (Figura 19).

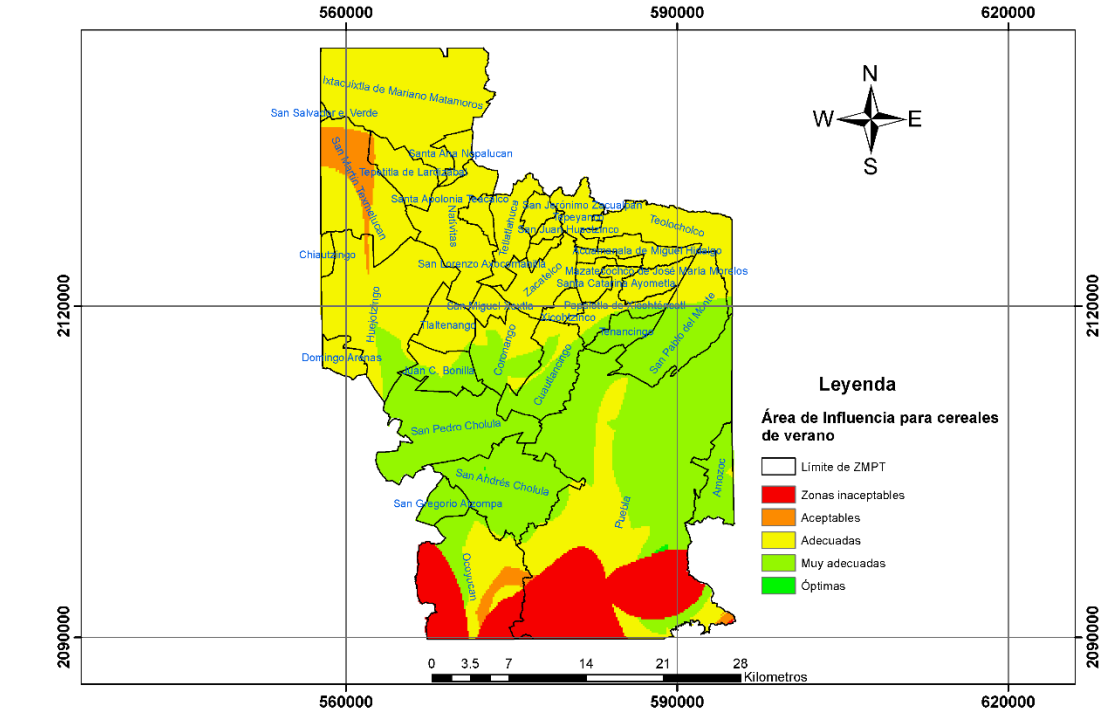

Figura 19. Resultados cartográficos de la SP, en la que se muestra la ubicación óptima para el establecimiento de cereales de verano con potencial productivo, basado en las cinco categorías de idoneidad o potencial del suelo, en municipios de la ZMPT.

Para cereales de invierno, el Potencial Óptimo se registró en 11 municipios; el Muy Adecuado en más de 11; el Aceptable solo en uno (Figura 20).

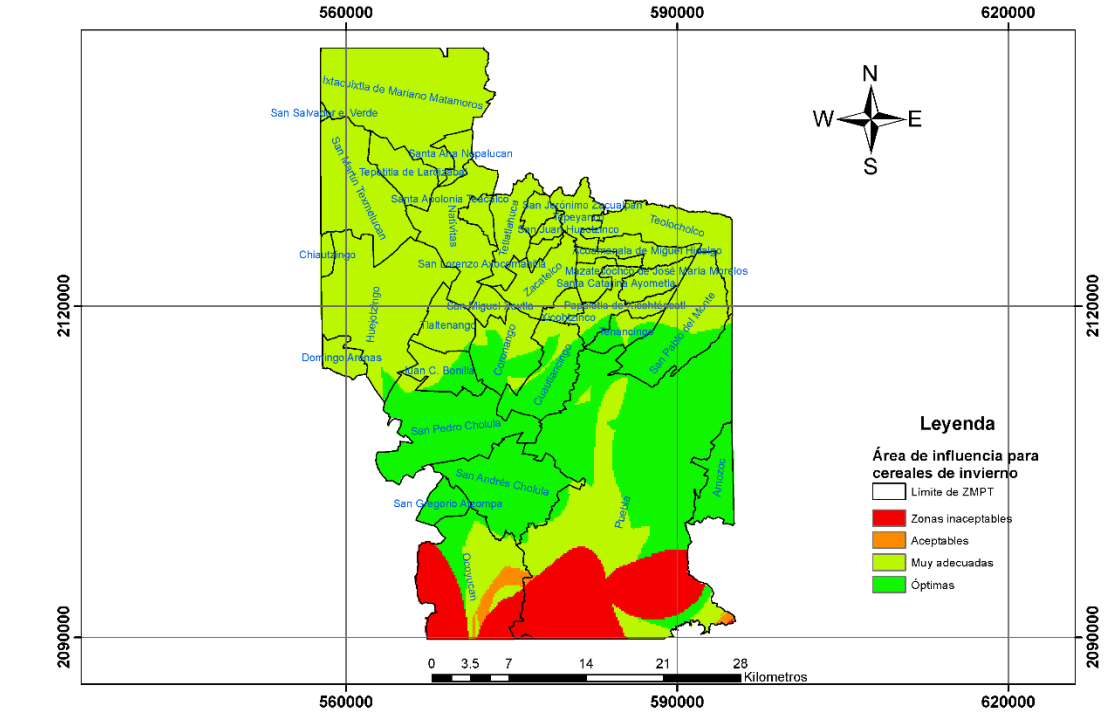

Figura 20. Resultados cartográficos de la SP, en la que se muestra la ubicación óptima para el establecimiento de cereales de invierno con potencial productivo, basado en las cinco categorías de idoneidad o potencial del suelo, en municipios de la ZMPT.

Por su parte, para Remolacha Azucarera, el Potencial Óptimo se manifestó en un municipio; el Muy Adecuado en 12; el Adecuado en 28; el Aceptable solo en uno (Figura 21).

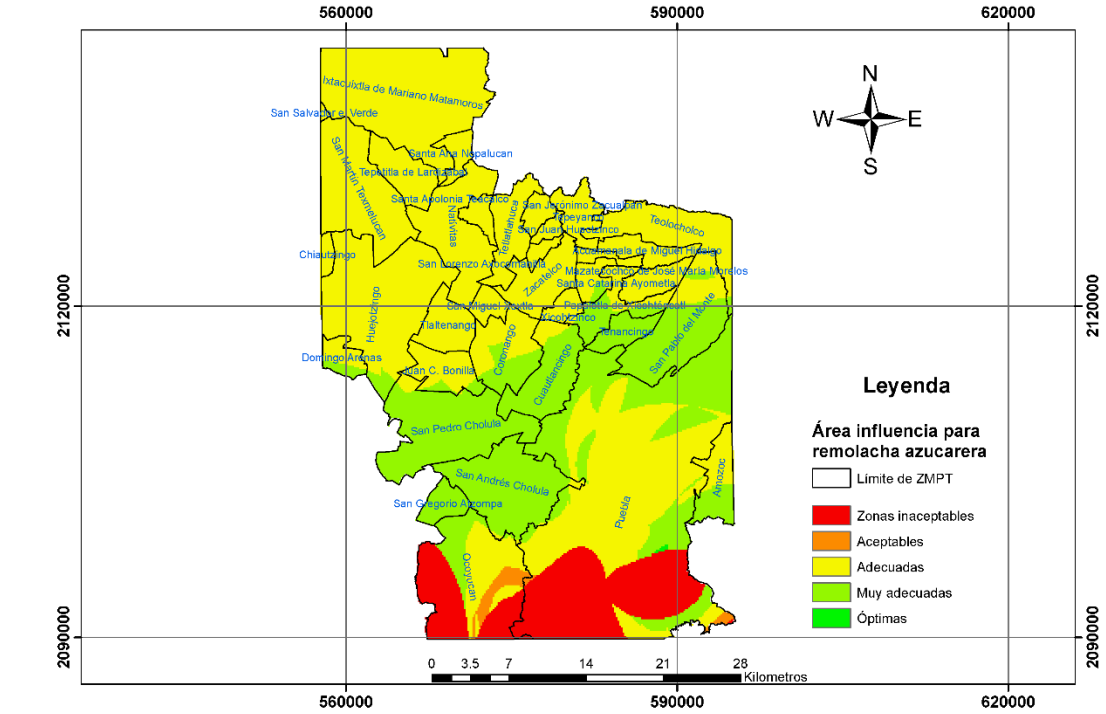

Figura 21. Resultados cartográficos de la SP, en la que se muestra la ubicación óptima para el establecimiento de remolacha azucarera con potencial productivo, basado en las cinco categorías de idoneidad o potencial del suelo, en municipios de la ZMPT.

Para el caso de la papa, el Potencial Óptimo se ubicó en ocho municipios; el Adecuado en más de 22 (Figura 22).

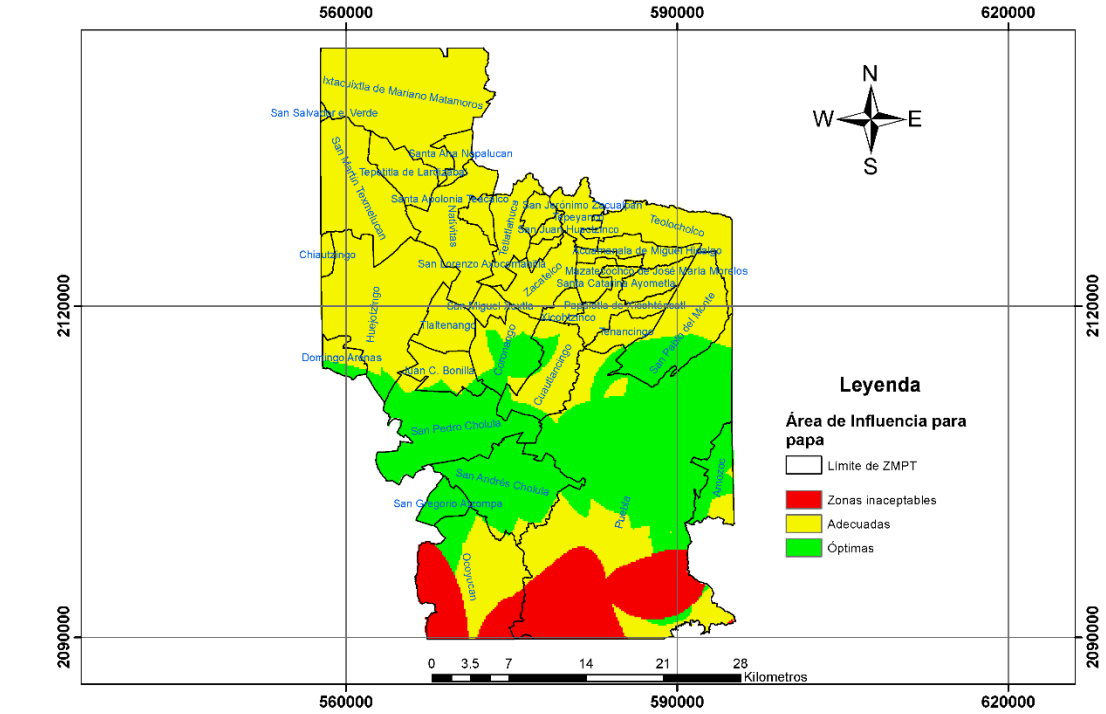

Figura 22. Resultados cartográficos de la SP, en la que se muestra la ubicación óptima para el establecimiento de papa con potencial productivo, basado en las cinco categorías de idoneidad o potencial del suelo, en municipios de la ZMPT.

De igual forma los resultados de la SP, permitieron estimar las superficies totales por categoría para el establecimiento de cultivos con potencial productivo en la ZMPT (Table 5).

Tabla 7. Resultados de la SP, en la que se muestran las superficies totales por categoría para el establecimiento de cultivos con potencial productivo en la ZMPT.

Tipo de cultivos	Zonas inaceptables ha.	Áreas Aceptables ha.	Áreas Adecuadas ha.	Áreas Muy adecuadas ha.	Áreas Óptimas ha.
Cereales de Invierno	138.88	9.9	829.35	481.86	0
Cereales de verano	138.88	35.53	760.30	524.77	0.51
Remolacha azucarera	138.88	10.39	892.09	418.21	0.42
Papa	138.88	0	885.32	435.79	0

Por otra parte, algunos autores (Velasco, 2010; Bautista-Capetillo, 2017; Mehrdad,2017; Mendoza-Cariño, et. tal, 2021) desarrollaron diversos estudios sobre zonificación agroclimática empleando el método Papadakis para identificar áreas con potencial para cultivos, centrándose en condiciones climáticas específicas de cada área. Dichos estudios se basaron en registros climáticos recopilados en períodos de al menos 10 años o más, utilizando información que varió de 25 a 133 estaciones. El objetivo de éstas fue, el mejoramiento de la producción en las áreas de estudio. En el caso de las Provincias de Kermanshah, Hamadán en Irán, caracterizadas por su clima semiárido y seco, se identificó la posibilidad de cultivos de secano, específicamente cultivos de invierno como trigo, avena, cítricos, algodón, y otros. Mientras tanto, en el estado de Nayarit, México, se identificaron áreas con potencial para cultivos de verano, que incluyen arroz, maíz, mijo, sorgo además de banana, caña de azúcar. Para la zona semiárida de Zacatecas, México identificaron áreas adecuadas para cultivos de maíz, frijol y soja. Es importante señalar que, estos estudios abarcaron amplias áreas geográficas, se realizaron principalmente a nivel estatal en México.

De esta manera, dichas investigaciones coinciden con la presente en el manejo de algunos cultivos, particularmente de trigo, avena, arroz, maíz, sorgo, papa, soja; sin embargo, la presente logró la identificación de zonas con potencial productivo para algunos cultivos tales como centeno, cebada, papa, en la ZMPT aplicando Papadakis y SP, con las cuales se pudo dar cuenta, por primera vez, para esta región de México, que es posible realizar un manejo sostenible de estos cultivos, con el objeto de implementar sistemas de AUP que diversifiquen la producción agrícola en zonas aparentemente no aptas para ello, lo cual se refuto utilizando dichos métodos, mismos que fueron cartografiados en SIG, lo cual sugiere que las recomendaciones que pudieran generarse a partir de nuestros resultados, para dichos cultivos, son más precisas y robustas; ya que pudieron determinar los meses con mayor precipitación, para una agricultura que en el área de estudio, es principalmente de temporal . Además, discrepa del presente estudio debido a que el enfoque fue a nivel de zonificación de áreas urbanas y periurbanas, lo que resulta crucial para la producción de alimentos, donde los

recursos son limitados; lo pudo permitir la identificación de zonas óptimas, para el establecimiento de ciertos cultivos, basado en su potencial productivo, mismo que esta determinados por factores climáticos. Por otra parte el número de estaciones climáticas consideradas en la presente, resulta ser un factor diferencial en relación con los estudios antes mencionados, debido a que en la presente se consideraron un número menor de estaciones climáticas, con un mayor número de registros en años; sin embargo, aunque el número de estaciones y de años fueron diferentes, las tendencias obtenidas en la presente parecen ser igualmente robustas dado que fueron trabajadas considerando las ZMPT, particularmente en zonas urbanas y periurbanas, en donde las recomendaciones para establecimiento de cultivos puede coadyuvar a producir lo necesario para el autoconsumo e incluso, la venta, en superficies relativamente más pequeñas que las evaluadas por otros autores; lo cual es una aportación importante, dado que en la presente se generó información básica que puede aportar a la seguridad alimentaria des esta región particular de México. Es imperativo señalar que las investigaciones en comento presentan cierta similitud con el enfoque de este estudio, ya que el enfoque de ellos fue identificar grupos climáticos, considerando principalmente la temperatura; a diferencia de la presente, cual se enfocó a identificar zonas potenciales para cultivos agrícolas, basado en aspectos climáticos.

4.6 CONCLUSIONES

Se identificaron áreas potenciales para el establecimiento de algunos cultivos agrícolas con potencial productivo en la ZMPT. De tal manera que, la metodología Papadakis junto con la SP y, su proyección cartográfica en SIG, representan un conjunto de herramientas con alto potencial para generar buenas prácticas de AUP en áreas relativamente pequeñas de superficie. De esta manera, se identificaron los meses adecuados para el establecimiento de éstos, sobre todo por tratarse de sistemas de temporal. Lo cual, promoverá una agricultura sostenible que coadyuve a la seguridad alimentaria local a través del

autoconsumo y; la generación de cierto desarrollo económico, producto de su comercialización en los mercados locales y regionales.

4.7 LITERATURA CITADA

Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Ciencias Agrícolas,* 33(2), 117-124. https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58

Bautista-Capetillo, C., Pacheco-Guerrero, A., Gonzalez-Trinidad, J., & Júnez-Ferreira, H. (2018). Agroclimatic zoning of semiarid region of zacatecas, México*. Applied Ecology and environmental Research*,16(1) , 251-266. https://doi.org/10.15666/aeer/1601_251266

Delgado Calvo-Flores, G., Sánchez Marañón, M., & Delgado Calvo-Flores, R. (1987). Metodología para la Evaluación de la Aptitud de los Suelos del Sector Noroccidental de Sierra Nevada (Granada) para usos Agronómicos (Agrícolas, Forestales y Ganaderos). *Ecología*,1, 5-25.

ESRI.Inc. (2019). ArcGis Desktop. 10.7.1.

FAO. (2023). *Tierras y Aguas*. 15 mayo 2021 de https://www.fao.org/land-water/land/es/

Flores, R. E. J., & Parra, U. A. (1997). Los Sistemas de Información Geográfica en la Clasificación - Evaluación de Tierras. *Geoenseñanza*, 2(1), 129-141.

INEGI (2022). *División política estatal, Marco Geoestadístico Escala , 1:250000.* 14 enero 2023, de INEGI: https://www.inegi.org.mx/temas/mg/

INEGI (2022). División política municipal, , Marco Geoestadístico, Municipios, 1:250000. 14 enero 2023, de INEGI: https://www.inegi.org.mx/temas/mg/

INEGI (2022). *Localidades puntuales. División política municipal, Marco Geoestadístico, Puntuales, Rurales, Urbanas Escala 1:250000*. 14 enero 2023, de INEGI: https://www.inegi.org.mx/temas/mg/

IUSS, & WRB, G. d. T. (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo . FAO.

Mehrdad, E., Davood, H., Ali, K., Darius, F. A. T., & Farzad, P. (2017). Evaluation the potential of climate cultivation in the provinces of Kermanshah, Hamedan by using Papadakis climatology. *Ecology, Environment and Conservation*, 23(1), 53-57.

Mendoza-Cariño, M., Bautista-Olivas, A. L., Mendoza-Cariño, D., Ortiz-Solorio, C. A., Duarte-Tagles, H., & Cruz-Flores, G. (2021). Agroclimatic zoning of the state of Nayarit, Mexico. *Atmósfera* 36(1), 123-142.

Miranda C., R., Marza M., R., Calle P., J. L., Choque T., C., Mendoza A., M., Cruz Ch., D., & Aparicio P., J. J. (2021). Aptitud del uso de suelo para el cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en la localidad de Tumupasa, municipio de San Buenaventura – La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(1), 25-36. https://doi.org/10.53287/nifr9985kb87s

Montanarella, L. (2015). Govern our soils. N AT U R E, 528, 32-33. https://doi.org/10.1038/528032a

Pérez, M. C. (2018). Expansión de la ciudad en la zona metropolitana de Pachuca: procesos desiguales y sujetos migrantes e inmobiliarios. *Territorios*, 38,41-65. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.5577

Periódico Tlaxcala (2013).*Caracterización general de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala*, 18 febrero 2023 de https://periodico.tlaxcala.gob.mx/indices/Peri33-2a2013.pdf

Papadakis, J. S. (1970). Climates of the world: Their classification, differences similitudes, and geographic distribution.

Perucca, S. C., & Kurtz, D. B. (2016). Evaluación de tierras para el cultivo de caña de azúcar (Saccharum Officinarum) en el noroeste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Agrotecnia,*24, 11-16. https://doi.org/10.30972/agr.0241171

SIG Eric Versión 1(2016). *Descarga de Catalogos*. 04 de abril 2021 de http://hidrosuperf.imta.mx/sig_eric/

Storck, L., Steckling, C., Roversi, T., & Lopes, S. J. (2008). Utilização do método de Papadakis na melhoria da qualidade experimental de ensaios com soja. *Agropecuaria*, 43, 581-587.

Vargas, R. H., & Ponce de León, L. D. (2008). Evaluación de la aptitud de las tierras del municipio San José de las Lajas para las clases generales de uso agrícola y ganadero. I. Aptitud física. *Ciencias Técnicas Agropecuarias,* 17(4), 64-69.

Velasco, I., & Pimentel, E. (2010). Zonificación agroclimática de Papadakis aplicada al estado de Sinaloa, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 73, 86-102.

CAPÍTULO 5. LA SOSTENIBILIDAD EN EJIDOS DE LA ZONA METROPOLITANA PUEBLA-TLAXCALA

5.1 RESUMEN

El aumento en la población ha resultado en la expansión de las áreas urbanas hacia zonas rurales, y este fenómeno se agrava por los impactos de la variabilidad climática, como escasez de agua, temperaturas elevadas, fluctuaciones, precipitaciones, entre otros. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la sostenibilidad de los ejidos ubicados en la zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT), dada la importancia de seguir produciendo alimentos por la creciente población humana; se consideraron los municipios de San Pablo del Monte, Papalotla de Xicohténcatl, Tenancingo. Para medir la sostenibilidad económica, ecológica, sociocultural, durante el 2022 se aplicaron encuestas estructuradas, cuya información se analizó con el método Sarandón. Los resultados sugieren que, el 39 % de la producción se destina al autoconsumo, el 61 % a la venta; en ambos casos el maíz representó el cultivo principal con un 40 %, el frijol con el 24 % de la muestra total. Se logró identificar que para ambos solo 10 ejidos presentan sostenibilidad en alguna de sus

dimensiones y; 20 de ellos la exhiben para una u otra. La relevancia de este estudio radica en brindar información clave a los ejidatarios sobre las dimensiones consideradas para la toma de decisiones para una mejora continua con miras a la sostenibilidad.

Palabras clave: Autoconsumo, cambio climático, seguridad agroalimentaria

5.2 ABSTRACT

The increase in population has resulted in the expansion of urban areas into rural areas, and this phenomenon is aggravated by the impacts of climate variability, such as water scarcity, high temperatures, fluctuations, precipitation, among others. Therefore, the objective of this paper was to evaluate the sustainability of the ejidos located in the Puebla-Tlaxcala Metropolitan Area (ZMPT), given the importance of continuing to produce food due to the growing human population; the municipalities of San Pablo del Monte, Papalotla de Xicohténcatl, and Tenancingo were considered. To measure economic, ecological, and sociocultural sustainability, structured surveys were applied during 2022, the information of which was analyzed using the Sarandón method. The results suggest that, of the surveys applied, 39% are destined for self-consumption, 61% for sale; In both cases, maize represents the main crop with 40%, followed by beans with 24% of the total sample. It was possible to identify that for both only 10 ejidos present sustainability in any of their dimensions and; 20 ejidos exhibit it for one or the other. The relevance of this letter lies in providing key information to ejidatarios on the dimensions considered for decision-making that allows continuous improvement with a view to sustainability.

Keywords: Self-consumption, climate change, agri-food security

5.3 INTRODUCCIÓN

La agricultura, es una actividad productiva fundamental del ser humano, desempeña un papel crucial en la prosperidad de las naciones y además es esencial para contribuir con la disponibilidad de alimentos. Su objetivo es satisfacer la creciente demanda de alimentos, para lo cual se han empleado diferentes insumos agrícolas, entre los que destacan desarrolladores de crecimiento de plantas (Borjas-Ventura, Julca-Otiniano, & Alvarado-Huamán, 2020).

Las comunidades agrícolas tradicionales, durante miles de años, han desarrollado sistemas productivos complejos, diversos y adaptados localmente. La gestión de estos sistemas incorpora tecnologías y prácticas comprobadas, que a menudo conducen a la seguridad alimentaria en las comunidades rurales; la conservación de los recursos naturales y su biodiversidad (Altieri, 2021).

Los sistemas agrícolas actualmente logran suministrar grandes cantidades de alimentos a los mercados mundiales. Sin embargo, los de tipo intensivo han provocado una deforestación a gran escala, escasez de agua, pérdida de biodiversidad, agotamiento del suelo y altas emisiones de gases de efecto invernadero (FAO, 2018). Debido a esto, se requieren sistemas agrícolas sostenibles que cumplan criterios ambientales, sociales, económicos. Para desarrollar dicha agricultura es necesario definir estándares, evaluarlos e identificar brechas de conocimiento en los diferentes sistemas de producción (Leiva, 1998).Es importante medir la sostenibilidad mediante indicadores cuantitativos y cualitativos, de tendencia (aspectos dinámicos de la sostenibilidad en el tiempo) y de estado (capturan la salud de un ecosistema; Silva-Laya, Pérez-Martínez & Álvarez-Del-Castillo, 2018.

En este sentido la construcción de dichos indicadores es imperativa, mismos que puedan dar respuesta a los siguientes cuestionamientos: ¿son suficientes los indicadores tradicionales utilizados para medir el desempeño de los

agroecosistemas, para monitorear diferentes niveles de sostenibilidad?, ¿los indicadores de sostenibilidad de los agroecosistemas deberían orientarse sólo en el sentido económico?, ¿se pueden establecer indicadores comparativos en diferentes situaciones (situaciones ecológicas y culturales)? (Cuevas, Vera & Cuevas, 2019).

Se debe tener claridad que un indicador, es una representación empírica de un objeto de estudio (o su definición empírica), relacionada con la necesidad de cuantificar o medir un fenómeno, dicha cuantificación permitirá el uso de métodos basados en la relación sujeto-objeto (Gutiérrez, 2009), por lo que resultan importantes para medir la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, el desarrollo humano a largo plazo (Langemeyer et. al, 2020.); bajo el paradigma del desarrollo sustentable (Brundtland, 1987), lo que permite garantizar su supervivencia en el planeta bajo el equilibrio del eje económico, social y ambiental. (López , Arriaga & Pardo, 2018; Villa & Cantú, 2023). Por lo tanto, el propósito de la presente investigación radicó en determinar la sostenibilidad de 30 ejidos, a partir de las dimensiones económica, ecológica y sociocultural. La información generada será la base futura para la toma de decisiones en dichas dimensiones a nivel de ejidos, permitiéndoles alcanzar un nivel de sostenibilidad integral.

5.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los ejidos considerados se localizan en tres municipios (San Pablo del Monte, Papalotla de Xicohtencatl y Tenancingo) que conforman parte de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT),Dichos ejidos, se ubican entre las coordenadas geográficas 19° 09' de latitud norte y 98° 14' de longitud oeste; entre las cotas altitudinales entre 2,100 .y 2,500 m., con un clima templado subhúmedo, con temperaturas medias anuales de entre 12 y 18 °C, precipitaciones de 40 mm y 55 mm; ocupan una superficie de 12.66km^2, 18.9

km^2 y 12.05 km^2, respectivamente, mismas que se distribuyen en el Altiplano Central Mexicano (SEDATU, 2014; PDM, 2017, 2022; Figura 23).

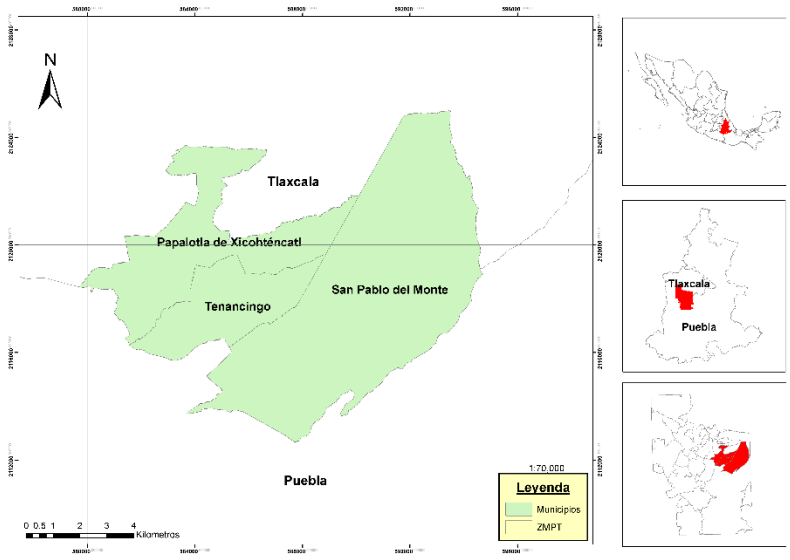

Figura 23. Localización de los ejidos bajo estudio en los tres municipios que conforman parte de la ZMPT.

Muestreo no probabilístico

De noviembre de 2022 a enero de 2023, se aplicaron encuestas estructuradas a 30 ejidatarios, la muestra se tomó mediante Muestreo no probabilístico, debido a que se desconocía la zona y a los ejidatarios; el instrumento se implementó en ejidos dentro de zonas urbanas en las que prevalece la producción agrícola a baja escala, en las cuales se les aplicó una prueba piloto con la finalidad de que los miembros de los mismos se familiarizaran con el instrumento para obtener información objetiva.

El Muestreo no probabilístico utilizado no se basó en un proceso aleatorio, sino que la muestra se seleccionó bajo el criterio del investigador. Dicha selección se llevó a cabo empleando información previa o mediante selección simple. Este método se denomina Muestreo Bola de Nieve, el cual aplica para estudios de un grupo pequeño, altamente especializado que, es difícil de localizar. El procedimiento consistió en preguntar a cada persona seleccionada, el nombre de uno o más de los productores a los que se le podría aplicar dicho instrumento,

el cual concluye cuando la información comienza a repetirse entre los encuestados (Castro, 2023; Grande & Abascal, 2005).

Desarrollo de la encuesta

Para medir las dimensiones Económica, Ecológica, Sociocultural, de los ejidos bajo estudio, se construyeron indicadores y subindicadores (Tabla 8) utilizando la metodología Sarandón et. al. (2006), estandarizando y ponderando dichos indicadores, mediante la transformación de una escala para cada uno de ellos, tomando valores de 0 a 4; donde 4, es el valor mayor de sostenibilidad y; 0 es el más bajo.

Tabla 8. Indicadores y subindicadores en las dimensiones Económica, Ecológica y Sociocultural evaluadas en los ejidos bajo estudio para medir su sostenibilidad.

Dimensión Económica (IK)	Dimensión Ecológica (IEcol)	Sociocultural (ISC.)
I) Autosuficiencia alimentaria (AS) A1. Cantidad de cultivos agrícolas producidos A2. Superficie estimada para autoconsumo **I)Ingreso Neto Mensual (INM):** se mide como aproximación y para medir las necesidades económicas (ponderando esta pregunta**)** B. En pesos mexicanos En pesos mexicanos **I)Riesgo económico (RE)** C1 Número de cultivos agrícolas en venta C2Lugares donde vende su producción C3 Insumos utilizados como fertilizantes, abonos orgánicos y minerales.	**I) Conservación de la vida del suelo(.VS)** A1. Manejo de la cobertura vegetal: cubiertos con alguna vegetación que provee el suelo m^2 totales A2. Se refiere a la rotación de cultivos más incorporación de leguminosas y abonos verdes. A3. Los cultivos que produce más el número de asociaciones entre especies **I) Riesgo de erosión (IRE)** B1. Se refiere a la pendiente que tiene su predio (en grados de inclinación) B2. Cubiertos con alguna vegetación m2 totales (Se trabaja con la misma variable que en A1) B3. La orientación es con relación con la pendiente. **I) Manejo de la biodiversidad (MB)** C1. Periodos de rotación de cultivos	**I) Satisfacción de las necesidades básicas (SNB)** A1. Estado de la vivienda más el entorno y los materiales de construcción. A2. Grado académico de los miembros de la familia A3. Existencia del acceso a salud más la accesibilidad a ellos. A4. Acceso a agua potable a la electricidad y telefónica convencional **I) Aceptabilidad del sistema de producción (Acept)** B. Satisfacción del productor con el sistema de producción **I) Integración social (InSoc)**

	C2. Los cultivos que produce más el número de asociaciones entre especies	C. Evalúa la relación con otros miembros (La comunicación que hay entre vecinos si existen grupos de apoyo o asociaciones) **I) Conocimiento y conciencia ecológica (ConEc)** D. Percepción personal sobre el conocimiento en torno a la agroecología teoría y práctica.

(Sarandón & Flores, 2009; Sarandón et al., 2006)

El cálculo de las dimensiones para cada ejido se realizó mediante las siguientes ecuaciones (los códigos de las variables se muestran en la Tabla 8):

Indicador Económico (IK): $\frac{2((A1+A2/2)+B+(C1+C2+2C3)/4}{4}$ ---------- ec. 1

Indicador Ecológico (IE): $\frac{(A1+A2+A3)/3+(2B1+B2+2B3)/5+(C1+C2)/2}{3}$ -------ec. 2;

Indicador Sociocultural (ISC.): $\frac{2((A1+2\ A2+2\ A3+2\ A4)/7)+2B+C+D}{6}$ ---------- ec. 3.

Finalmente, combinado los indicadores Económico (IK), Ecológico (IE) y Sociocultural (ISC.); se calculó, el Índice General de Sostenibilidad, la ecuación que la describe fue:

(**ISGen**):$(IK + IE + ISC)/3$ ----------ec. 4.

Las estimaciones de las estadísticas descriptivas, para los datos recabados de las encuestas, se realizaron en SPSS versión 21(SPSS, 2012)

5.5 RESULTADOS

Los resultados del análisis de sostenibilidad, a nivel ejido, con metodología Sarandón, sugieren que los ejidos 1, 6, 7, tienen mayor sostenibilidad, debido a que cada dimensión (económica, ecológica y sociocultural) rebasa el valor umbral del ISGen (2.59), el cálculo de dicho umbral se realizó a partir de la ec.4.

Es imperativo señalar que, un ejido es sostenible cuando el valor en sus tres dimensiones preferentemente es mayor al valor umbral; sin embargo, cuando los valores en las mismas son mayores a 2 con respecto al umbral, se puede considerar que exhibe cierta sostenibilidad.

Los resultados del IK (2.12), muestran que al menos el 50 % de los ejidos analizados no alcanzan ningún nivel de sostenibilidad; debido a que dicha dimensión se sustenta en una baja diversidad de cultivos, incluso, se presentan sistemas monocultivos. Para el caso del IE (**2.51),** señalan que 8 de los 30 ejidos evaluados son sostenibles en esta dimensión; aun cuando en la IK no lo fueron; no obstante, algunos ejidatarios mostraron interés por conservar sus recursos naturales, manteniendo sus ingresos, producto de la venta de su producción agrícola a baja escala basada en la implementación fertilizante orgánico de bajo impacto. Po su parte, el ISC (3.15), indica que todos los ejidos alcanzaron la sostenibilidad en dicha dimensión; sin embargo, resultaron insostenibles en las otras (Tabla 9).

Tabla 9. Determinación del valor umbral ISGen y; la sostenibilidad en las dimensiones Ik, IE, ISC para los ejidos de la ZMPT considerados.

Fam.	AS	INM	RE	IK	VS	REr	MB	IE	SNB	Acep	InSoc	ConEc	ISC	ISGen	Susten
1	2.50	4.00	1.50	2.63	2.67	3.40	2.50	2.86	3.86	4.00	3.00	3.00	3.62	3.03	Si
2	2.50	1.00	1.50	1.88	2.67	2.20	2.50	2.46	3.00	2.00	3.00	2.00	2.50	2.28	No
3	2.00	0.00	2.00	1.50	3.00	3.60	2.50	3.03	3.57	3.00	3.00	2.00	3.02	2.52	No
4	2.50	4.00	1.25	2.56	2.00	3.40	2.50	2.63	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.73	Si
5	2.50	1.00	1.50	1.88	3.00	3.40	3.00	3.13	3.00	4.00	3.00	2.00	3.17	2.73	No
6	3.00	4.00	1.50	2.88	2.67	3.40	2.50	2.86	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.91	SI
7	3.00	4.00	1.25	2.81	2.67	3.60	2.00	2.76	3.14	4.00	3.00	2.00	3.21	2.93	Si
8	2.00	1.00	1.00	1.50	1.33	3.40	0.00	1.58	3.00	3.00	4.00	2.00	3.00	2.03	No
9	3.00	1.00	2.25	2.31	2.00	3.40	1.00	2.13	3.86	4.00	3.00	3.00	3.62	2.69	Si
10	2.00	0.00	1.00	1.25	1.33	3.60	0.00	1.64	3.00	4.00	3.00	3.00	3.33	2.08	No
Prom				**2.12**				**2.51**					**3.15**	**2.59**	

AS: Autosuficiencia alimentaria, INM: ingreso neto mensual, RE: riesgo económico, IK: indicador de área económica, VS: Vida del suelo, REr: riesgo de erosión, MB: manejo de la biodiversidad, IE: indicador de área ecológica, SNB: satisfacción de necesidades básicas, Acep: aceptación del sistema productivo, InSoc: integración social, ConEc: conocimiento ecológico, ISC: indicador de área sociocultural, ISGen: índice de sostenibilidad general, Susten: señala el cumplimiento o no, de la sustentabilidad de los ejidos.

La representación gráfica de las tres dimensiones, muestra los ejidos críticos que no alcanzan la sostenibilidad en una o dos dimensiones, debido a que su valor está por debajo del umbral; para el caso del IE, solo dos de los ejidos no lo

alcanzan; no obstante la sostenibilidad si ocurre para el ISC; sin embargo, las tendencias de los que no son sostenibles están condicionados por la Ik, en la que se evidencia un mayor número de incidencias críticas, cuyo umbral debe alcanzar las tres dimensiones (Figura 24).

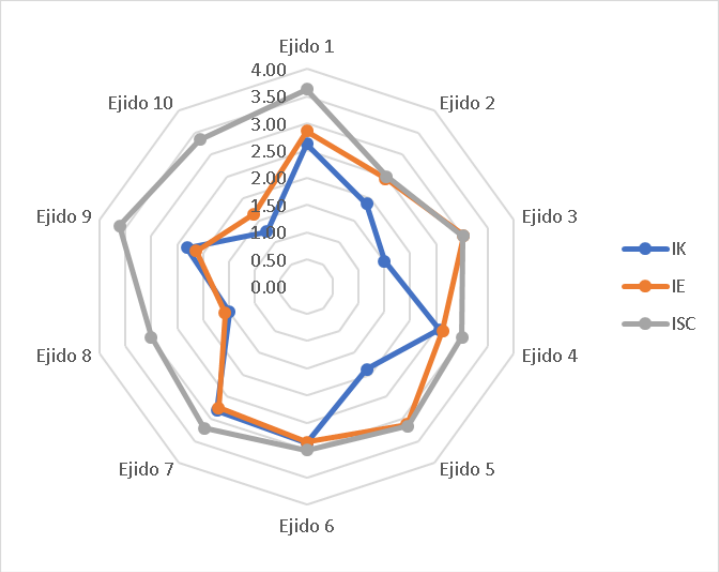

Figura 24. Representación de la sostenibilidad evaluada en las dimensiones Económica (Ik), Ecológica (IE), Sociocultura l(ISC) de los ejidos analizados de la ZMPT.

La representación gráfica de los subindicadores de las tres dimensiones evaluadas, evidenció que la mayor cantidad de ejidos insostenibles se presenta en la Ik; por su parte, la sostenibilidad se alcanza en su totalidad para algunos ejidos en el indicador de Autosuficiencia Alimentaria (AS), pues rebasan el umbral previamente señalado; mientras que para otros, se consideran sostenibles aun cuando sus valores son menores al mismo, pero mayores a 2, por lo que se puede considerar que exhiben cierta sostenibilidad, esto se debe a la baja diversidad de cultivos agrícolas manejados por los ejidatarios, misma que determina el comportamiento del subindicador de Diversificación de Cultivos (Div) del AS. Por el contrario, algunos ejidos no alcanzan la sostenibilidad en el indicador de Riesgo Económico (RE), el cual se deriva de los subindicadores: diversificación para la venta, número de canales de comercialización, dependencia de insumos, alto consumo de insumos externos, cuyos valores estuvieron por debajo del umbral (Figura 25).

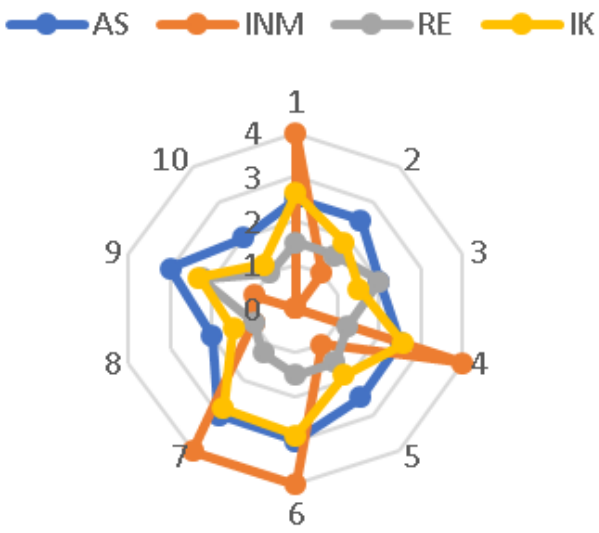

Figura 25. Representación de la sostenibilidad evaluada en la dimensión Ik y sus subindicadores Div y RE en los ejidos analizados de la ZMPT.

AS: Autosuficiencia alimentaria, INM: Ingreso neto Mensual, RE: Riesgo económico, IK: Indicador económico.

La representación gráfica de la IE, mostró que los ejidos analizados alcanzaron la sostenibilidad en el Indicador Vida del Suelo (IVS); en contraste, en dos subindicadores de éste: Rotación de Cultivos (Rot) y Div, algunos ejidos resultaron insostenibles ya que exhibieron valores críticos por debajo del umbral; incluso menores a 2. Esta última tendencia, se presentó de igual forma en el indicador Manejo de la Biodiversidad (MB), el cual se obtuvo de sus subindicadores de Biodiversidad: Temporal y Espacial, en los ejidos (Figura 26). Por otra parte, la representación gráfica de la ISC evidenció que los ejidos presentan sostenibilidad, incluso mayor que las dos dimensiones anteriores; pero ésta no ocurre en su subindicador Conciencia Ecológica (ConEc), el cual presentó valores por debajo del umbral (Figura 27).

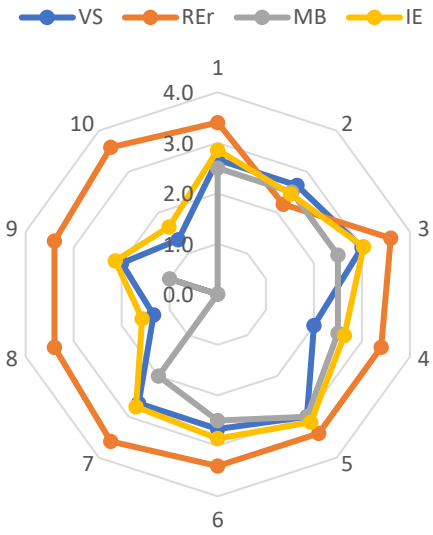

Figura 26. Representación de la sostenibilidad evaluada en la dimensión IE, indicador IVS, sus subindicadores Rot y Div, e indicador MB en los ejidos analizados de la ZMPT.

DVS: Vida del suelo, REr: Riesgo de erosión, MB: Manejo de biodiversidad y IE: Indicador ecológico.

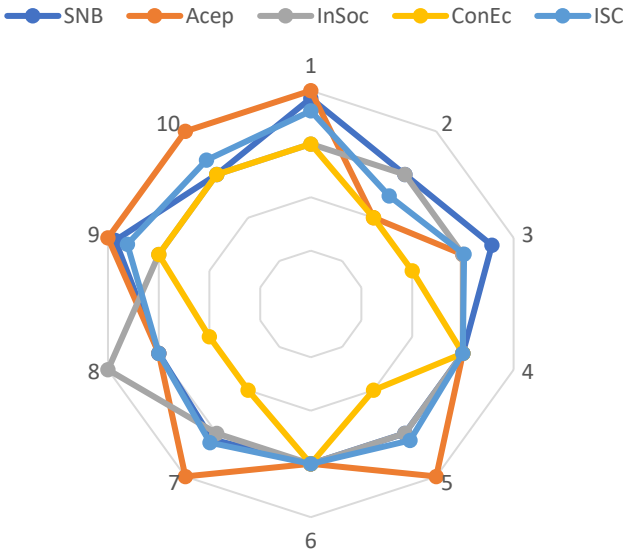

Figura 27. Representación de la sostenibilidad evaluada en la dimensión ISC y su subindicador ConEc en los ejidos analizados de la ZMPT.

SNB: Satisfacción de las Necesidades Básicas, Acep: Aceptabilidad del sistema de producción, IntSoc: Integración social, ConEc: Conocimiento Ecológico y ISC: Indicador Sociocultural.

Análisis de las encuestas

Los resultados del análisis de datos procedentes de las encuestas sugieren que el rango de superficie trabajado por los ejidatarios es de 0.25 a 1.5 ha, donde el 100 % de su producción es de temporal; siendo el maíz (40 %) el principal cultivo, seguido de frijol (24.1 %), trigo (11.1 %), Calabaza (5.6 %), papa (3.7 %), otros (14.8 %). De la producción obtenida, el 61 % se destina a venta y 39% al autoconsumo. Por otra parte, se identificó un alta (39 %) y baja (26 %) dependencia a los insumos externos, con un uso moderado (35 %) de éstos.

Es imperativo señalar una presencia alta (35 %) presencia de monocultivos; seguida de cultivos mixtos con dos (26 %), tres (22 %) y, entre cuatro a seis cultivos (17 %), siendo estos últimos en donde se presenta una mayor sostenibilidad económica. Además, el 33 % de los encuestados tienen conocimiento sólido en la IE, debido a la capacitación general que les ha provisto el gobierno federal a través del Programa Sembrando Vida; de igual forma el 19 % de ellos se ha documentado de la importancia de la conservación del suelo y biodiversidad a tas Tecnologías de la Informática y la Computación y, el resto (48 %) lo han adquirido de generación en generación; a pesar de la información con la que cuentan, son pocos los ejidatarios que optan por tener una agricultura más saludable, debido a su necesidad económica y de autoconsumo; lo cual, los orilla al uso de recursos externos, particularmente de los fertilizantes químicos (74 %) y orgánicos (26 %) ofrecidos por el gobierno estatal.

5.6 DISCUSIÓN

Algunos estudios (Clavijo & Cuvi, 2017; Pinedo-Taco, Gómez-Pando & Julca-Otiniano, 2018) midieron la sostenibilidad económica, ambiental, sociocultural y tecnológica en diferentes sistemas productivos, utilizando herramientas de encuestas diversas, mismas que se aplicaron a diferentes comunidades, con superficies pequeñas de cultivo en Quito, Perú, respectivamente, debido a que este tipo de agricultura es muy practicada principalmente por personas de escasos recursos económicos, mismos que producen sus alimentos en ese tipo de sistemas. Reportan que dicha producción se destina al autoconsumo y venta;

en la parte ecológica ambos, manejan los desechos orgánicos en compostas. Por otra parte, el valor umbral promedio que reportan fue de 3.2, encontrando que la mayoría de las comunidades bajo estudio fueron sostenibles, excepto parcialmente en la dimensión económica, debido a que no toda su producción se comercializa. Las tendencias generales obtenidas a través del análisis de los datos colectados con el método no probabilístico empleado en este estudio, coinciden parcialmente con lo reportado por dichos autores; particularmente en las evaluaciones de las dimensiones Ik IE, ISC, en los cuales se obtuvo algún nivel de sostenibilidad en algunos de los ejidos bajo estudio; sin embargo, la estimación del valor umbral fue más bajo que el valor promedio obtenido en los estudios en comento; es importante evidenciar que los resultados obtenidos en la presente dan cuenta de la generación de conocimiento inédito en la estimación de dichas dimensiones para esta región particular en sistemas agrícolas urbanos y periurbanos, con superficies mayores de producción a la reportada para otros tipos de sistemas entre los que incluyeron fincas de aguacate. Es importante señalar que aproximadamente la mitad de los ejidos considerados de la ZMPT exhiben una tendencia de sostenibilidad en la ISC, a diferencia de otros estudios, debido a que la mayor cantidad de la producción se destina a la venta. Le sigue la IE, ya que, a diferencia de otras investigaciones, en esta investigación los desechos orgánicos se manejan en sistemas de composta, lo cual les permite a los ejidatarios un manejo adecuado de sus recursos naturales.

Por otra parte, algunos estudios (Sarandón et. al., 2006) realizaron estudios con pequeños productores de cinco fincas con superficies de 20-25 ha.; reportan que su producción se basó en cultivos de maíz, sorgo, girasol, mandioca, zapallo, cuya producción se sustenta en la baja utilización de insumos externos; dicha producción se destinó al autoconsumo y, sólo en caso de existir excedentes a la venta. El valor umbral que obtuvieron fue de 2.46, resultandos sostenibles en las dimensiones económica y ecológica, mientras que el resto quedo por debajo del valor umbral en la dimensión sociocultural. Las tendencias generales obtenidas a través del análisis de las dimensiones Ik, IE, ISC, mediante el método Sarandón utilizado en la presente, coinciden parcialmente con lo reportado por dichos

autores; específicamente en que, se evaluaron las tres dimensiones contempladas por los mismos, existiendo sostenibilidad en la Ik, misma que condiciona a la IE e ISC; además, una parte de la producción de alimentos es destinada al autoconsumo; el valor estimado se encuentra cerca del promedio del reportado en el estudio en cuestión; aunado a esto la sostenibilidad se presenta por el manejo adecuado de desechos orgánicos destinados a la composta. En contraste, discrepa del mismo en relación con que las dimensiones Ik y ISC determinan la sostenibilidad de la IE; aunado a esto se llevó a cabo en fincas, las cuales presentaron condiciones diferentes a los ejidos evaluados en el presente; la otra parte, de la producción de alimentos reportada por los autores mencionados se destina a la venta; la presente generó información de la evaluación de dichas dimensiones en zonas urbanas y periurbanas, para esta zona particular de México, mediante metodología Sarandón, a diferencia de lo reportado por los autores citados quienes trabajaron en fincas; es importante señalar que, los resultados de estas investigaciones coinciden con algunos de los cultivos evaluados en la presente investigación, mismos que permitieron comprar la sostenibilidad de los diferentes cultivos permitiendo conocer el nivel se sostenibilidad y aportar información para el establecimiento de sistemas agrícolas urbanos y periurbanos de la ZMPT.

5.7 CONCLUSIONES

Esta investigación aportó información básica sobre la sostenibilidad a nivel de ejidos, a partir de las dimensiones Económica, Ecológica y Sociocultural, mediante metodología Sarandón; la cual, resulta ser apropiada para evaluar los sistemas de agricultura urbana y periurbana, para esta región particular de México, ya que permitió evidenciar de manera cualitativa y cuantitativa la sostenibilidad en la dimensión Ik, la cual condicionó las IE e ISC para algunos de los ejidos analizados.

Además proporciona información valiosa para los ejidatarios para, una adecuada toma de decisiones en dichas dimensiones, permitiéndoles realizar un manejo adecuado de sus recursos naturales, mediante la implementación de

sistemas de agricultura de temporal con mayores rendimientos, resultado del establecimiento de recomendaciones de manejo basadas en un nivel de sostenibilidad integral, identificando los indicadores y subindicadores que son críticos para cualesquiera de las tres dimensiones; particularmente, en sistemas mixtos con más de seis cultivos, con superficies relativamente pequeñas, que permitan aumentar la producción para satisfacer las demandas de autoconsumo y venta en el corto, mediano, largo plazos; promoviendo su desarrollo económico, ecológico y social. Todo ello con aplicación de insumos orgánicos.

5.7 LITERATURA CITADA

Altieri, M. A. (2021). La agricultura tradicional como legado agroecológico para la humanidad. *Revista PH,* 104, 180-197. https://doi.org/10.33349/2021.104.4960

Borjas-Ventura, R., Julca-Otiniano, A., y Alvarado-Huamán, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150-164.

Brundtland. (1987). Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. *Naciones Unidas,* 1-416. https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml

Castro, P. F. (2023). Muestreo no probabilística. In G. Benitez (Ed.). *Probabilidad y estadística* (pp. 34-39).Editorial Soluciones Educativas.

Clavijo, P. C., & Cuvi, N. (2017). La sustentabilidad de las huertas urbanas y periurbanas con base agroecológica: el caso Quito. *Revista Latinoamericana de estudios sociambientales*,21, 68-91. https://doi.org/10.17141/letrasverdes.21.2017.2608

Cuevas, C. A., Vera, C. Y. B., & Cuevas, S. J. A. (2019). Resiliencia y sostenibilidad de agroecosistemas tradicionales de México: Totonacapan. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* 10*,* 165-175.

FAO. (2018*). Los 10 elementos de la agroecología guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*, FAO. *https://www.fao.org/publications/card/es/c/I9037ES*

Grande, I., & Abascal, E. (2005). Métodos de muestreo. En ESIC (Ed.). *Análisis de encuestas,* 67-70.Editorial Gandhi.

Gutiérrez, D. (2009). La cosntrucción de indicadores como problema epistemológico. *Revista de Epistemología Ciencas Sociales*,34, 16-36. https://doi.org/10.4067/S0717-554X2009000100002

Langemeyer, J., Wedgwood, D., McPhearson, T., Baró, F., Madsen, A. L., & Barton, D. (2020). Creating nature-based solutions where they are needed–a spatial ecosystem service-based decision analysis of green roofs in Barcelona. *Journal: Science of the total environment,* 707, 1-54. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135487

Leiva, F. R. (1998). Sostenibilidad de sistemas agricolas. *Revista Agronomía Colombiana,* 15(2-3), 181-193.

López , I., Arriaga, A., &Pardo, M. (2018).La dimensión social del concepto de desarrollo sostenible: ¿La eterna olvidada?.*Revista Española Sociología,27(1),*25-41. https://doi.org/10.22325/fes/res.2018.2

Plan de Dearrollo Municipal (PDM). (2017). Caracteristicas Generales del Municipio 2017-2021. En D. Martínez (Ed.). *H. Ayuntamiento, Tenancingo, Tlaxcala*, 18-20.

Plan de Dearrollo Municipal (PDM). (2022). Semblanza Municpal de San San Pablo del Monte, Tlaxcala. En R.T. Juárez(Ed.). H. Ayuntamiento, San Pablo del Monte, Tlaxcala,7-9.

Pinedo-Taco, R., Gómez-Pando, L., & Julca-Otiniano, A. (2018). Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (Chenopodium quinoa Willd.). *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*,5(15), 399-409. https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1734

Sarandón, S., & Flores, C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una Propuesta Metodológica. Revista *Agroecología*,4, 20-28.

Sarandón, S., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Gómez , C., Janjetic, L., & Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Agroecología,*1, 19-28.

SEDATU. (2014). Atlas de Riesgos Naturales Papalotla de Xicohténcatl , 22 de diciembre 2022 de https://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2015/15069_Papalotla.pdf.

Silva-Laya, S. J., Pérez-Martínez, S., & Álvarez-Del-Castillo, J. (2018). Evaluación de sostenibilidad agroecológica de dos experiencias de producción con énfasis en hortalizas, Venezuela. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas,* 12(3), pp. 632-645. https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7881

IBM Corp. Release SPSS (2012). IBM SPSS Statistics for Windows , Version 21.0. Armonk, NY.

Villa, J. S. A., & Cantú, C. R. (2023). Usos y recursos para el desarrollo sostenible. In S. Villa y J.L. Clavellina (Eds.). D*esarrollo Sostenible: usos y recursos públicos.*Editorial CIEP *(*pp. 1-100). https://www.researchgate.net/publication/369474513

6 CONCLUSIONES GENERALES

El presente estudio se realizó en la ZMPT, donde se identificaron sistemas agrícolas urbanos, conocidos como AUP, éstos se enfocan en el autoconsumo y venta. La gestión adecuada de los recursos naturales es un desafío importante para la producción agrícola en estas áreas, debido a que implica la reducción de dichos recursos. Las AUP han ganado relevancia a nivel mundial y en América Latina se han implementado proyectos respaldados por organizaciones internacionales. Las AUP son una alternativa valiosa para impulsar la economía local y manejar adecuadamente la materia orgánica coadyuvando a complementar a la agricultura tradicional.

La metodología Papadakis permitió revelar algunos cultivos con potencial para la ZMPT. Éstos se identificaron a partir de información meteorológica recopilada de estaciones climáticas ubicadas en la zona de estudio. Además, este método ofrece una selección de cultivos adecuados para diversas áreas de ella, junto con indicaciones para su establecimiento. En consecuencia, permitirá apoyar la diversificación de cultivos y la producción para autoconsumo y venta.

Por otra parte, los resultados con Papadakis apoyados con la herramienta SP, permitieron el desarrollo cartográfico de la ZMPT, el cual mostró las áreas con potencial productivo para algunos cultivos, dicha información aportó, datos valiosos para la diversificación de la producción que ofrece alternativas viables para la implementación de sistemas en las AUP con condiciones climáticas adecuadas, esto, permitirá tener una mejor producción.

El estudio de la sostenibilidad proporcionó información crucial para la evaluación de ésta en los ejidos, abordando las tres dimensiones: Económica, Ecológica, Sociocultural. Para llevar a cabo esta estimación, se empleó la metodología Sarandón, la cual se considera una herramienta para evaluar cualitativa y cuantitativamente la sostenibilidad de la AUP en las tres dimensiones referidas. Además, de permitir a los ejidatarios la toma de decisones mas informadas, teniendo un mejor manejo de sus recursos naturales y el uso de los mismos. Mediante la implementación de los sistemas agricultura de temporal.

Y uso

7 APENDICES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DIRECCIÓN
GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible

ENCUESTA

La finalidad de esta encuesta es obtener información acerca de los cultivos que se producen actualmente en su localidad; así también información acerca de los gastos que invierte en la siembra, cómo cuida el medio ambiente y los usos y costumbres de la localidad, además si conoce o usa técnicas de siembra en sus huertas familiares o espacios disponibles en los hogares es decir producción agricultura urbana-periurbana y cuáles son los beneficios que obtiene de ella. La información proporcionada será exclusivamente utilizada para el proyecto de investigación intitulado "**Distribución potencial de cultivos agrícolas y su sostenibilidad en áreas urbanas-periurbanas**".

La agricultura urbana y periurbana son las prácticas agrícolas, dentro de las ciudades y en torno a ellas, que compiten por unos recursos (tierra, agua, energía, mano de obra) que podrían destinarse también a otros fines para satisfacer las necesidades de la población urbana.

Instrucciones de llenado: Debe ser llenado a lápiz, el encuestador le aplicará las preguntas y es conveniente que cualquier pregunta que no se comprenda hágala saber al encuestador.

Fecha de aplicación				No. Encuesta	
	Dia	Mes	Año		

Sección I: Información general

Nombre: _____

Edad: _____ Género: 0-M 1-M

Sabe leer y escribir:	0-Si	1. No

Estado _____

Municipio _____ Localidad: _____

Ubicación geográfica:	X:	Y:

Sección II: Información económica

1. ¿Qué cultivos agrícolas produce?

ID	Producto
0	Maíz
1	Frijol
2	Trigo
3	Papa
4	Ajo
5	Cebolla
6	Lechuga
7	Otra especifique:

2. ¿En qué superficie aproximadamente produce para autoconsumo?

id	Ha.	Maraca con X
0	<=0.1 ha	
1	.1 a .3 ha	
2	.3 a .5 ha	
3	.5 a 1 ha	
4	Mas de 1 ha	

3. ¿cuáles fueron los ingresos mensuales que recibió el año pasado por la venta de sus cultivos?

ID	Ingreso $ Mensual	Marque con una x
0	100-300	
1	300-500	
2	500-800	
3	800-1100	
4	1100-1300	

4. ¿Dónde Comercializa su producción (canales de comercialización)?

ID	Destino	Marque
0	Dentro de la localidad	
1	Fuera de la localidad, pero dentro del municipio	
2	Fuera de la localidad, pero dentro del estado	
3	Fuera del Estado	
4	Fuera del país	
5	Otra especifique	

5. ¿Utiliza usted Fertilizante? ¿en qué porcentaje?

ID	**Producto**	**Marque con una x**
0	80 a 100%	
1	80 a 60%	
2	60 a 40%	
3	40 a 20 %	
4	0 a 20%	

Sección II: Información ecológica

6. De sus cultivos, ¿cuánta materia orgánica en porcentaje le incorpora a su ejido para evitar erosión del suelo?

ID	**Porcentaje de materia orgánica que incorpora a su ejido**	**Marque con una x**
0	<25%	
1	25 a 50%	
2	50 a 75%	
3	75 a 99%	
4	100 % de materia orgánica	

7. ¿Realiza rotación de Cultivos?

ID	**Rotación**	**Marque con x**
0	No realiza rotaciones	
1	Realiza rotaciones eventualmente	
2	Rota cada 2 o 3 años	
3	Rota todos los años no deja descansar el suelo	
4	Rota los cultivos todos los años y descansa un año	

8. ¿Existe diversificación en sus ejidos con asociaciones?

ID	Asociaciones	Marque con x
0	Lechuga-cebolla	
2	Ajo-cebolla	
3	Maíz-papa	
4	Lechuga-maíz	
5	Maíz-ajo	
7	Otra especifica	

Sección IV: Información Sociocultural

9. ¿Condiciones de su vivienda?

ID	Servicios
0	Muy mala
1	Mala sin terminar, piso de tierra
2	Regular sin terminar
3	De material teminada. Buena
4	De material terminada. Muy buena

10. ¿Cuál es su ultimo grado de estudio? Marque con una x

0. No estudio	1. Primaria Incompleta	2. Primaria completa	3. Secundaria Incompleta	4. Secundaria completa	5. Preparatoria incompleta
6. Preparatoria completa	7. Carrera Técnica	8.Universidad incompleta	9. Universidad completa	10. Maestría	11.Doctorado

11. ¿Cuenta con servicios de salud?

ID	Servicio médico	Marque con x
0	IMSS	
1	ISSSTE	
2	ISSEMYM	
3	SSA	
4	INSABI	
5	SERVICIO PRIVADO	
6	NO CUENTA CON SERVICIO DE SALUD	

12. Servicios con los que cuenta su hogar

ID	Servicios	Marque con x
0	Sin -luz y sin fuente de agua cercana	
1	Sin instalación de luz ni agua de pozo	
2	Instalación de luz y agua de pozo	
3	Instalación completa de agua, luz y teléfono cercano	

13. ¿Qué tan satisfecho está usted con las actividades de campo que realiza?

ID	Grado de satifacción	Marque con x
0	Esta desilusionado, espera otra oportunidad de trabajo	
1	Poco satisfecho con la forma de vida	
2	No está de todo satisfecho, es lo único que sabe hacer	
3	Está contento, pero antes le iba mejor	
4	Esta muy contento con lo que hace	

14. ¿Cómo es su relación con los vecinos?

ID	Relación con vecinos	Marque con x
0	Nula	
1	Baja	
2	Media	
3	Alta	
4	Muy alta	

15. ¿Cuánto conoce de ecología?

ID	Beneficios	Marque con x
0	Sin ningún tipo de conciencia ecológica	
1	No presenta un conocimiento ecológico ni percibe las consecuencias que pueden ocasionar algunas prácticas	
2	Tiene sólo una visión parcializada de la ecología. Tiene la sensación de que algunas prácticas pueden estar perjudicando al medio ambiente	
3	Tiene un conocimiento de la ecología desde su práctica cotidiana. Sus conocimientos se reducen al ejido con el no uso de agroquímicos más prácticas conservacionistas	

4	Concibe la ecología desde una visión amplia, más allá de su ejido y conoce sus fundamentos	