



Caracterización tipológica y temporalidad del agroecosistema rastrojo en Chiapas, México*

Typological characterization and temporality of the stubble agroecosystem in Chiapas, Mexico

Ernesto Javier Gómez-Padilla¹, Francisco Guevara-Hernández², Manuel Alejandro La O-Arias², Ingrid Abril Valdivieso-Pérez³, René Pinto-Ruiz², Juan Manuel Villareal-Fuentes⁴

* Recepción: 19 de mayo, 2025. Aceptación: 1 de septiembre, 2025. Este trabajo formó parte del objetivo 1 de la tesis doctoral del programa Ciencias Agropecuarias y Sustentabilidad, realizada por el primer autor en la Universidad Autónoma de Chiapas, México.

¹ Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, México. ernesto.gomez54@unach.mx (<https://orcid.org/0000-0002-3055-8203>).

² Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, México. francisco.guevara@unach.mx (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-1444-6324>); manuel.arias@unach.mx (<https://orcid.org/0000-0002-6491-2063>); rene.pinto@unach.mx (<https://orcid.org/0000-0003-1962-6874>).

³ Instituto Tecnológico de Conkal. Mérida, México. abril.vp@conkal.tecnm.mx (<https://orcid.org/0000-0001-8033-8666>).

⁴ Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, México. jmfv@unach.mx (<https://orcid.org/0000-0003-2617-5303>).

Resumen

Introducción. Los rastrojos de maíz son fundamentales en la dinámica productiva de la región Frailesca, Chiapas, México, al vincular los agroecosistemas agrícola y ganadero y garantizar la subsistencia de los productores en épocas de sequía. **Objetivo.** Caracterizar y tipificar el agroecosistema de rastrojo de la Frailesca con base en la temporalidad del periodo seco, el ciclo productivo del maíz y los diferentes usos del rastrojo. **Materiales y métodos.** Se aplicaron entrevistas semiestructuradas y se recopilieron registros productivos de sesenta productores mediante muestreo en bola de nieve entre enero y diciembre de 2023, en los municipios de Villa Corzo, Villaflores y La Concordia de la región Frailesca, Chiapas, México. Para la caracterización se incluyeron variables relacionadas con el contexto, el área, la tenencia y los agroecosistemas de rastrojo, maíz y ganadería. Se determinaron variantes tipológicas de temporalidad y de manejo sistémico. Los grupos se definieron mediante análisis factorial y de conglomerados, y la asociación entre las tipologías se estableció mediante análisis factorial de correspondencias. **Resultados.** La tipología de temporalidad agrupó a los productores en tres categorías: 1) quienes perciben el ciclo del maíz como tardío y corto; 2) los que perciben el ciclo como temprano y largo; y 3) aquellos que perciben el periodo seco como tardío y corto. En todos los grupos, la percepción del rastrojo fue similar. En cuanto a las formas de manejo, se identificaron tres grupos: 1) ganaderos con acceso a tecnología; 2) ganaderos con recursos limitados; y 3) maiceros que comercializan el rastrojo. **Conclusiones.** El agroecosistema de rastrojo se organiza en tres dimensiones temporales, lo que influye en las estrategias de manejo. Se identificaron formas de manejo diferenciadas, las cuales presentan distintas adaptaciones según el acceso a recursos y evidencian la relevancia de la temporalidad para la sostenibilidad.

Palabras clave: residuos de cosecha, maíz, ganadería, manejo sistémico.



Abstract

Introduction. Maize stubble plays a fundamental role in the productive dynamics of the Frailesca region, Chiapas, Mexico, by linking agricultural and livestock agroecosystems and ensuring the subsistence of producers during drought periods. **Objective.** To characterize and typify the stubble-based agroecosystem of the Frailesca region, based on the seasonality of the dry period, the maize production cycle, and the different uses of stubble. **Materials and methods.** Semi-structured interviews were conducted, and production records were collected from sixty producers between January and December 2023 in the municipalities of Villa Corzo, Villaflores, and La Concordia in the Frailesca region, Chiapas, Mexico, using snowball sampling. For the characterization, variables related to context, area, land tenure, and the stubble, maize, and livestock agroecosystems were included. Typological variants of seasonality and systemic management were determined. Groups were defined through factorial and cluster analyses, and the association between typologies was assessed through correspondence factorial analysis. **Results.** The seasonality typology grouped producers into three categories: (1) those who perceive the maize cycle as late and short; (2) those who perceive it as early and long; and (3) those who perceive the dry period as late and short. In all groups, stubble perception was similar. Regarding management practices, three groups were identified: (1) livestock farmers with access to technology; (2) livestock farmers with limited resources; and (3) maize farmers who commercialize stubble. **Conclusions.** The stubble-based agroecosystem is organized into three temporal dimensions that influence management strategies. Differentiated management forms were identified, which present distinct adaptations according to access to resources and demonstrate the relevance of seasonality for sustainability.

Keywords: crop residues, maize, livestock, systemic management.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie profundamente arraigada en el acervo cultural y en la alimentación del pueblo mexicano (García López & Giraldo, 2021). Es el grano más cultivado en México, con alrededor de 7 millones de hectáreas y una producción que supera los 26 millones de toneladas (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024). Chiapas aporta más de un millón de toneladas a esta cantidad y, dentro de su territorio, la región Frailesca, conserva una tradición de siembras anuales de más de 60 mil hectáreas, con producciones de 205 000 toneladas y rendimientos promedio de 3,61 t/ha, lo que la posiciona como una de las regiones más productivas (SIAP, 2024).

Aunque el objetivo principal de su cultivo es la obtención del grano, es importante destacar el considerable volumen de rastrojos que se genera cuando concluye el ciclo productivo. Con base en la ecuación propuesta por Borja Bravo et al. (2013), que relaciona la producción de grano con la de residuos vegetales, y en los informes del SIAP (2024), se estima que en México se producen anualmente entre 27 y 33 millones de toneladas de rastrojo. En Chiapas, la cifra oscila entre 2,5 y 3 millones de toneladas, mientras que en la Frailesca se aproxima a 235 000 toneladas. Los rastrojos de maíz, compuestos por la biomasa foliar, los restos de cosecha y las arvenses representan una valiosa oportunidad tanto para el agroecosistema maíz como para el ganadero (Laurenceau & Soto Pinto, 2016; Vélez Izquierdo et al., 2013).

Dos de los usos más notables de los rastrojos se enfocan en la agricultura de conservación, en la alimentación animal, en especial durante los prolongados periodos de sequía que caracterizan la región Frailesca, cuando disminuyen los pastos en los potreros y la disponibilidad de alimento se vuelve crítica (Gómez-Padilla et al., 2025). Esta última función convierte al rastrojo en un elemento esencial para la subsistencia del hato y también para el sustento económico de las familias productoras.

El uso y manejo del rastrojo, tanto para productores maiceros como ganaderos, depende en gran medida de la percepción que estos tienen sobre la temporalidad del periodo seco y lluvioso en esta región. La interpretación influye de manera directa en la toma de decisiones relacionadas con el inicio de las siembras, la duración del ciclo y el momento de cosecha del maíz. Según el comportamiento de estas variables, se determina el comienzo de la explotación y los destinos del rastrojo, cuyos efectos se reflejan tanto en el agroecosistema maíz como en el de ganadería y, a su vez, repercuten a nivel familiar.

Los elementos de complejidad que acompañan la manifestación, uso y manejo del rastrojo hacen que este trascienda la concepción de una simple práctica y adopte características y funciones sistémicas. En este caso, se manifiesta como un sistema blando con expresiones de temporalidad (Gómez-Padilla et al., 2025). El agroecosistema temporal de rastrojo actúa entonces como un enlace imprescindible entre los agroecosistemas de maíz y de ganadería, y les proporciona vitalidad durante el extenso periodo de sequía de la Frailesca (Caballero-Salinas et al., 2017; Guevara Hernández et al., 2014).

El estudio de las particularidades relacionadas con la percepción de la temporalidad durante el periodo de sequía, así como con el inicio, la duración y el término del ciclo productivo del maíz, junto con la manifestación del rastrojo y sus diversos destinos, es imprescindible para comprender su funcionamiento integral. Además, sienta las bases para investigaciones futuras orientadas hacia la eficiencia energética y a la introducción de mejoras. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar y tipificar el agroecosistema de rastrojo de la Frailesca con base en la temporalidad del periodo seco, el ciclo productivo del maíz y los diferentes usos del rastrojo.

Materiales y métodos

Diseño de la investigación

El estudio se realizó en los municipios de Villaflores, Villa Corzo y La Concordia, en la región Frailesca de Chiapas, México, durante el periodo de enero a diciembre de 2023. El área se caracteriza por un clima tropical subhúmedo con marcada estacionalidad: la precipitación se concentra de junio a octubre y el periodo seco se extiende de noviembre a mayo. Esta alternancia estructura el calendario agrícola del maíz, define los momentos de siembra y cosecha y establece el periodo y las formas de uso del rastrojo.

Se entrevistaron sesenta productores seleccionados mediante muestreo por bola de nieve (*snowball sampling*), técnica adecuada para poblaciones de difícil acceso o con resistencia a participar (Goodman, 1961). El proceso se inició con informantes clave, quienes refirieron a otros posibles participantes, lo que permitió ampliar la muestra a través de redes de confianza. El total de productores se distribuyó en 43,33 % en Villaflores, 40 % en Villa Corzo y 16,67 % en La Concordia.

La investigación se sustenta en la metodología descrita por Escobar y Berdegú (1990), la cual establece como elementos clave la definición de un marco teórico-conceptual, la selección de variables relevantes para su operacionalización y el posterior procesamiento y análisis de los datos mediante métodos estadísticos multivariados para caracterizar y tipificar a los productores. El estudio se fundamenta en el paradigma sistémico y en la teoría general de sistemas (Von Bertalanffy, 1968; 1975), con un enfoque interdisciplinario no experimental, de carácter exploratorio-descriptivo.

Se integraron componentes socioagronómicos para comprender la percepción de los productores de maíz y ganadería en torno a la temporalidad de sus sistemas productivos, las formas de manejo y el uso del rastrojo bajo las condiciones locales de producción. Los datos cualitativos se recolectaron mediante entrevistas semiestructuradas que incluyeron un total de 84 variables para explorar las percepciones de los productores, mientras que los datos cuantitativos se obtuvieron a partir de los registros productivos y se analizaron mediante estadística descriptiva y métodos multivariados (Figura 1).

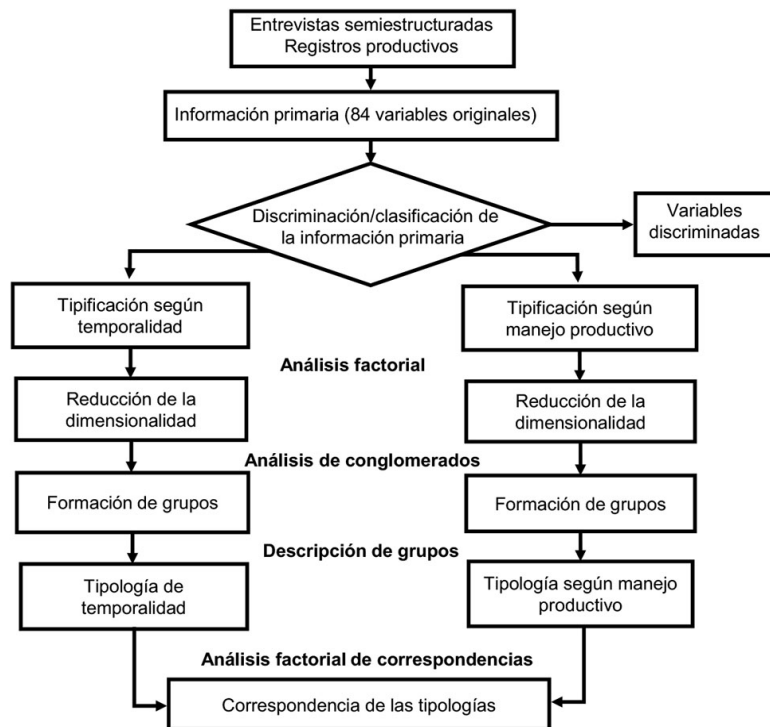


Figura 1. Esquema de procesamiento de los datos obtenidos a partir de la aplicación de una entrevista semiestructurada y registros productivos. Municipios de Villaflores, Villa Corzo y La Concordia, región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Figure 1. Data processing scheme from a semi-structured interview and production records. Municipalities of Villaflores, Villa Corzo and La Concordia, Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

Para el estudio de la temporalidad del agroecosistema, se utilizaron variables destinadas a tipificar los sistemas productivos según la percepción de los productores. Entre estas se incluyeron la fecha de siembra, la duración del ciclo fenológico del cultivo de maíz en el periodo seco, el inicio y fin de los periodos seco y lluvioso, y la duración total del periodo seco. Además, se consideraron la fecha de finalización del aprovechamiento del rastrojo, el inicio y conclusión de su uso, y la duración de la práctica del rastrojeo, expresada en días, la cual se refiere al tiempo durante el cual el rastrojo es utilizado por los animales como alimento. Las variables relacionadas con el manejo productivo de los agroecosistemas, tanto en términos ganaderos como agrícolas, se muestran en el Cuadro 1. En conjunto, estas variables permiten caracterizar los sistemas y diferenciar los niveles de producción y manejo de recursos.

Procesamiento estadístico

Para reducir la dimensionalidad de las variables, se utilizó un análisis factorial mediante el método de componentes principales (Figura 1). En este análisis, se extrajeron los componentes con autovalores mayores que uno y se aplicó el método de rotación Varimax normalizado para facilitar la interpretación de los factores. Cada componente fue etiquetado en función de la combinación lineal de variables que lo conformaron.

Posteriormente, se aplicó un análisis de conglomerados para el cual se utilizaron como variables los componentes principales y las puntuaciones factoriales obtenidas del análisis factorial (Figura 1). Para la formación de los grupos, se empleó el método de Ward con la distancia euclidiana como medida de proximidad, lo que

Cuadro 1. Variables utilizadas para la tipificación del agroecosistema según el manejo productivo. Municipios de Villaflores, Villa Corzo y La Concordia, región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Table 1. Variables used for the typification of the agroecosystem based on productive management. Municipalities of Villaflores, Villa Corzo and La Concordia, Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

Variable	Descripción
Producción de leche	L/día en periodo de temporal y seco
Carne	Peso vivo de los animales (kg)
Nacimientos anuales	Total de nacimientos (U)
Unidades ganaderas (UG)	Peso promedio de una vaca adulta (450 kg)
Área de rastrojo	Superficie con restos de maíz y arvenses (ha)
Área de maíz	Superficie dedicada al cultivo de maíz (ha)
Área total	Superficie total, incluyendo maíz y ganadería (ha)
Pacas	Bloques compactados de restos de cosechas y forrajes para el hato (kg)
Área con riego	Pastoreo con riego para el desarrollo de pastos (ha)
Producción de grano	Total de grano de maíz en el predio (t)
Herbicidas aplicados	Dosis de herbicida aplicada en el área de maíz (L/ha)
Cantidad de especies arvenses	Diversidad de plantas nativas presentes en la zona
Rastrojo fuera de propiedad	Superficie de rastrojo (ha) utilizada en terrenos ajenos, adquirido por compra o renta
Objetivo de producción ganadera	Escala del 1 al 5: 1 (carne), 3 (doble propósito), 5 (leche)
Riego para uso ganadero	Escala del 1 al 3: 1 (no tiene), 2 (a veces), 3 (todo el año)
Índice de mecanización	Métodos de mecanización: ordeño, corte, empaque, preparación de alimentos
Rusticidad ganadera	Escala del 1 al 5: 1 (especializado), 2 (intermedio-bajo: 75 % especializado, 25 % rústico), 3 (intermedio: 50 % especializado, 50 % rústico), 4 (intermedio-alto: 25 % especializado, 75 % rústico), 5 (razas rústicas locales)
Destino del rastrojo	Escala del 0 al 3: 0 (quema), 1 (incorporación al suelo), 2 (pastoreo), 3 (corte)
Corte mecanizado (MecCort)	Respuesta binaria (sí/no) para identificar la intención de producción
Empacado mecanizado (MecEmp)	Respuesta binaria (sí/no)
Prealmacenamiento mecanizado (MecPreAli)	Respuesta binaria (sí/no)
Tipo de tenencia	Escala del 1 al 4: 1 (arrendamiento), 2 (mixta), 3 (ejidal), 4 (privada)
Fertilización	Escala del 0 al 5: 0 (no aplica), 1 (orgánica), 2 (más orgánica que mineral), 3 (organomineral), 4 (más mineral que orgánica), 5 (mineral)

permitió la caracterización tipológica de los productores según su percepción de la temporalidad y las formas de manejo socioproductivo. Para analizar la asociación entre las tipologías obtenidas, se utilizó un análisis factorial de correspondencias simples (Figura 1). Los datos fueron procesados con el *software* Statistica para Windows, versión 10 (StatSoft Inc., 2014).

Resultados

Los productores de maíz de la región Frailesca de Chiapas conforman un grupo heterogéneo en cuanto a recursos, prácticas de manejo y formas de vinculación con la ganadería. En condiciones de temporal, las características generales de los 60 productores mostraron una superficie total mediana de 8,0 ha (IQR 3,0-25,0), con 4,0 ha de maíz (3,0-6,0), 2,0 ha de área ganadera (0,0-14,0) y 4,0 ha destinadas a rastrojo (3,0-6,0). El periodo seco presenta una duración de 176,5 días (150,0-192,0). Predomina el uso de semilla híbrida (90,0 %) frente a la mezcla (10,0 %). Los hatos son pequeños, con una mediana de siete reproductoras (0-15), un toro o buey (0-2) y cuatro nacimientos anuales (0-10,5) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización general de los productores maiceros. Región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Table 2. General characterization of maize producers. Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

Dimensión	Indicador	Resumen
Contexto biofísico	Periodo seco (días)	Mediana 176,5 (IQR 150,0-192,0)
Estructura productiva	Superficie total (ha)	Mediana 8,00 (IQR 3,00-25,00)
	Área de maíz (ha)	Mediana 4,00 (IQR 3,00-6,00)
	Área ganadera (ha)	Mediana 2,00 (IQR 0,00-14,00)
	Área destinada a rastrojo (ha)	Mediana 4,00 (IQR 3,00-6,00)
Semilla utilizada	Variedad mezcla	10,0 %
	Variedad híbrida	90,0 %
Hato	Reproductoras (cabezas)	Mediana 7 (IQR 0-15)
	Toros/bueyes (cabezas)	Mediana 1 (IQR 0-2)
	Nacimientos/año (U)	Mediana 4 (IQR 0-10,5)
Ganadería y agua	RUDG: No aplica	31,7 %
	RUDG: No tiene	58,3 %
	RUDG: Intermedio	6,7 %
	RUDG: Todo el año	3,3 %
Tecnología del sistema	Temporal (TST)	Sí: 100,0 %
	Riego (TSR)	Sí: 83,3 %
	Policultivo (TSP)	Sí: 16,7 %
	Rotación (TSRo)	Sí: 73,3 %
Mecanización	Corte	Sí: 76,7 %
	Empaque	Sí: 70,0 %
	Preparación de alimentos	Sí: 56,7 %

IQR: Variables continuas en mediana = $Q3 - Q1$. **RUDG:** Riego uso directo en la ganadería. **Codificación:** Variedad 1 = criolla, 2 = mezcla, 3 = híbrido. **Tipo de tenencia:** 1 = arrendada, 2 = mixta, 3 = ejidal, 4 = privada. **Dicotómicas:** 1 = No, 2 = Sí. **Tecnología/riego:** 0 = sin riego, 1 = gravedad, 2 = aspersión, 3 = localizado. **TST:** Tecnología del sistema temporal. **TSR:** Tecnología del sistema de riego. **TSP:** Tecnología del sistema policultivo. **TSRo:** tecnología del sistema de rotación. / **IQR:** Continuous variables are expressed as median = $Q3 - Q1$. **RUDG:** Irrigation water use in livestock. **Coding:** Variety 1 = landrace, 2 = mixture, 3 = hybrid. **Land tenure:** type 1 = leased, 2 = mixed, 3 = ejidal, 4 = private. **Dichotomous variables:** 1 = No, 2 = Yes. **Irrigation/technology:** 0 = no irrigation, 1 = surface, 2 = sprinkler, 3 = drip. **TST:** Temporal system technology. **TSR:** Irrigation system technology. **TSP:** Polyculture system technology. **TSRo:** Crop rotation system technology.

La adopción tecnológica muestra TST 100,0 %, TSR 83,3 %, TSP 16,7 % y TSPo 73,3 %. La mecanización alcanza 76,7 % en corte, 70,0 % en empaque y 56,7 % en preparación de alimentos. Estos rasgos confirman la heterogeneidad productiva y sustentan las tipologías de temporalidad y de formas de manejo que se presentan a continuación.

Las características regionales evidencian una estación seca prolongada y superficies de maíz de tamaño medio. Estas condiciones, junto con las fechas de siembra y cosecha, respaldan la construcción de una tipología de la temporalidad del agroecosistema. En este marco se analiza el calendario del cultivo, el periodo de rastrojo y la manifestación del periodo seco según la percepción de los productores.

Variables como la tendencia en el uso de variedades, el tamaño reducido de los hatos y los niveles diferenciados de mecanización y adopción tecnológica permiten identificar un segundo eje de análisis. Con base en estos rasgos,

se construye una segunda tipología de formas de manejo y se contrastan estrategias centradas en la integración de maíz y ganadería, la comercialización del rastrojo y la disponibilidad de tecnología.

Tipología 1. Temporalidad del agroecosistema

Para la interpretación de los resultados, se redujo la dimensionalidad de las variables asociadas con la temporalidad y se exploraron las posibles relaciones entre ellas. Los hallazgos indican que existen tres dimensiones temporales que caracterizan tres grupos de variables: 1) el inicio y la duración del ciclo del cultivo de maíz; 2) la manifestación del periodo seco; y 3) la duración del periodo de rastrojo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis factorial de componentes principales basado en variables de temporalidad del agroecosistema. Municipios de Villaflores, Villa Corzo y La Concordia, región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Table 3. Principal component factor analysis based on agroecosystem temporality variables. Municipalities of Villaflores, Villa Corzo and La Concordia, Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

Componentes	Variables	Correlación	Varianza explicada	% Varianza total
Inicio y duración del ciclo del maíz	Fecha de siembra de temporal	0,915	2,14	24 %
	Culminación del periodo seco	0,778		
	Duración del periodo maíz-seco	−0,766		
Manifestación del periodo seco	Duración del periodo seco	−0,964	1,94	22 %
	Inicio del periodo seco	0,958		
Gestión temporal del rastrojo	Fin del aprovechamiento del rastrojo	−0,979	1,77	20 %
	Duración de la práctica del rastrojo	−0,863		

La primera dimensión, asociada con el inicio y la duración del ciclo del maíz, muestra una fuerte correlación positiva con la fecha de siembra de temporal ($r = 0,915$). Esto indica que los productores que siembran más temprano tienden a percibir una mayor duración en el ciclo del cultivo. Por el contrario, la duración del periodo maíz-seco presenta una correlación negativa ($r = -0,766$), lo que sugiere que un ciclo de cultivo más prolongado reduce la duración del periodo de transición hacia el periodo seco.

La segunda dimensión, correspondiente a la manifestación del periodo seco, está significativamente influenciada por el inicio ($r = 0,958$) y la duración ($r = -0,964$) de la sequía en la región. Un inicio más temprano del periodo seco está asociado con un aumento en el valor de esta dimensión, lo que evidencia que los productores perciben un comienzo más anticipado del periodo seco como una expresión más marcada. Por otro lado, una mayor duración del periodo está negativamente relacionada con la dimensión, lo que sugiere que los productores perciben de forma desfavorable un periodo seco prolongado, lo que reduce el valor de esta dimensión.

La tercera dimensión, denominada gestión temporal del rastrojo, presenta una alta correlación negativa entre el fin del aprovechamiento del rastrojo ($r = -0,979$) y la duración de la práctica de rastrojo ($r = -0,863$). Esto indica que, a medida que se retrasa el fin del aprovechamiento, disminuye el periodo total de rastrojo. Una práctica de rastrojo más prolongada tiende a reducir la duración total del periodo de rastrojo. Este patrón revela que los productores gestionan la práctica de manera que, aunque la actividad se extienda, el ciclo total tiende a acortarse.

A partir de estas dimensiones, se identificaron tres grupos bien diferenciados según la percepción de temporalidad del agroecosistema rastrojo: ciclo del maíz tardío y corto (grupo I); ciclo del maíz temprano y largo (grupo II); y periodo seco retrasado tardío y corto (grupo III) (Figura 2). Esta clasificación refleja las diferentes estrategias de adaptación de los productores frente a las fluctuaciones climáticas y condiciones ambientales de la región Frailesca.

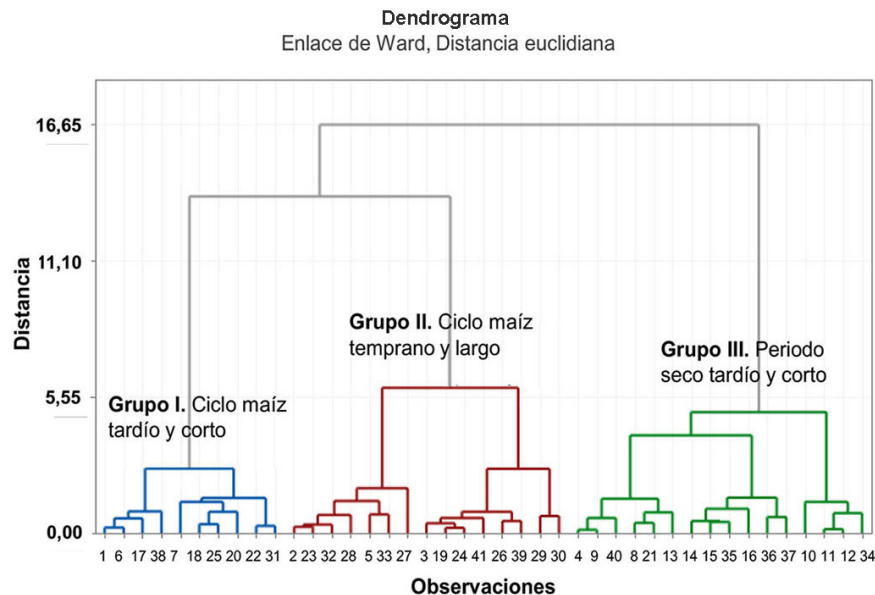


Figura 2. Agrupamientos de productores según su percepción de la temporalidad del agroecosistema. Municipios de Villa Corzo, Villaflores y La Concordia, región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Análisis de conglomerado jerárquico con enlace de Ward, con base en la distancia euclidiana.

Figure 2. Producer groupings based on their perception of agroecosystem seasonality. Municipalities of Villa Corzo, Villaflores and La Concordia, Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

Hierarchical cluster analysis using Ward's method, based on Euclidean distance.

Los grupos I y II, distinguidos por la temporalidad en el cultivo del maíz, finalizan casi al mismo tiempo, alrededor del 14 y 13 de diciembre, respectivamente. La principal diferencia en la duración del ciclo radica en el momento de inicio de las siembras (Figura 3). El grupo I inicia a comienzos de mayo, mientras que el grupo II lo hace a mediados de junio. Los productores del grupo I perciben un periodo seco más prolongado en comparación con los grupos II y III. No obstante, a pesar de estas variaciones, la duración del periodo de rastrojeo es similar para los grupos I y II, con una duración de 110 días; el grupo III percibe una mayor duración, cercana a 130 días.

Tipología 2. Formas de manejo

El análisis de conglomerado jerárquico permitió identificar tres tipos de productores en términos de manejo (Figura 4): ganaderos con acceso a tecnología (grupo I), ganaderos con recursos limitados (grupo II) y maiceros que comercializan el rastrojo (grupo III). Estos grupos reflejan la diversidad de estrategias productivas en los

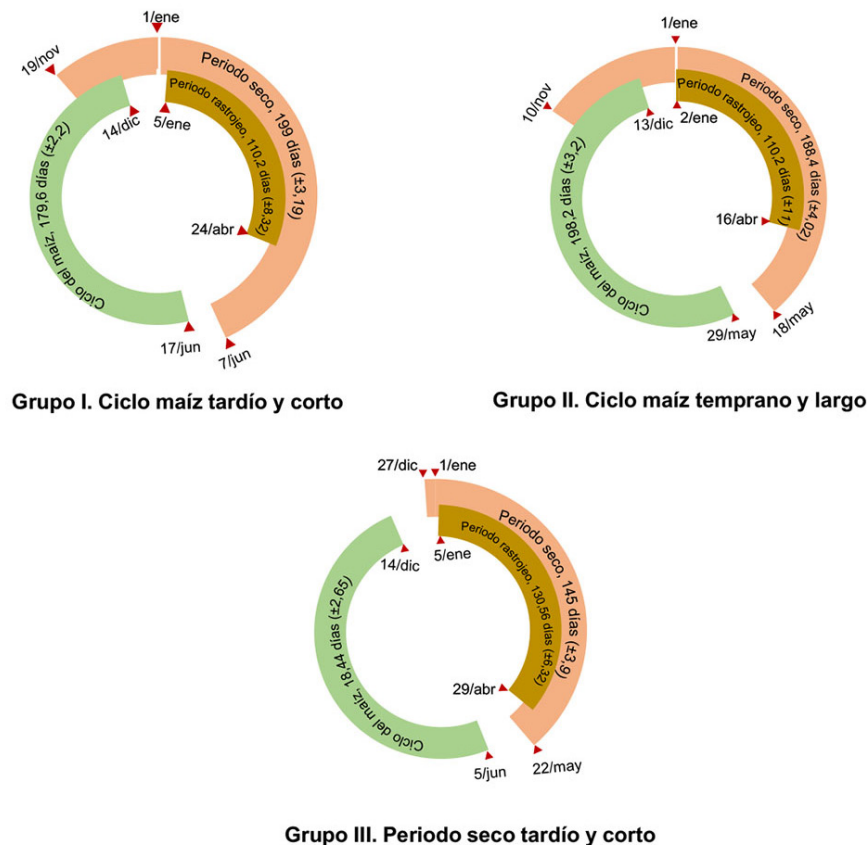


Figura 3. Representación de los ciclos de temporalidad del agroecosistema rastrojo según la percepción de los productores sobre el inicio y duración del ciclo del maíz, el periodo seco y el rastrojo. Municipios de Villa Corzo, Villaflores y La Concordia, región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Los números entre paréntesis indican el error estándar de la media obtenido al aplicar estadística descriptiva.

Figure 3. Representation of the seasonality cycles of the stubble agroecosystem based on producers' perception of the onset and duration of the maize cycle, the dry period and the stubble harvest. Municipalities of Villa Corzo, Villaflores and La Concordia, Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

Numbers in brackets indicate the standard error of the mean, obtained through descriptive statistics.

municipios Villa Corzo, Villaflores y La Concordia, y evidencian la influencia del acceso a tecnología y de las condiciones socioeconómicas en la gestión del rastrojo.

Los gráficos radiales que caracterizan a los grupos de productores según sus formas de manejo productivo del agroecosistema rastrojo en los municipios de Villa Corzo, Villaflores y La Concordia se muestran en la Figura 5. Los datos reflejan cómo cada grupo distribuye sus esfuerzos en diferentes variables productivas, lo que permite identificar las diferencias en el uso de recursos y prácticas agrícolas entre los productores de la región.

Los productores del grupo I se caracterizan por contar con una alta capacidad tecnológica y combinar la ganadería y el cultivo de maíz en sus predios. El rastrojo se utiliza de múltiples maneras, incluidas la práctica de rastrojo, la producción de pacas y el alquiler de áreas adicionales para satisfacer las necesidades alimenticias del

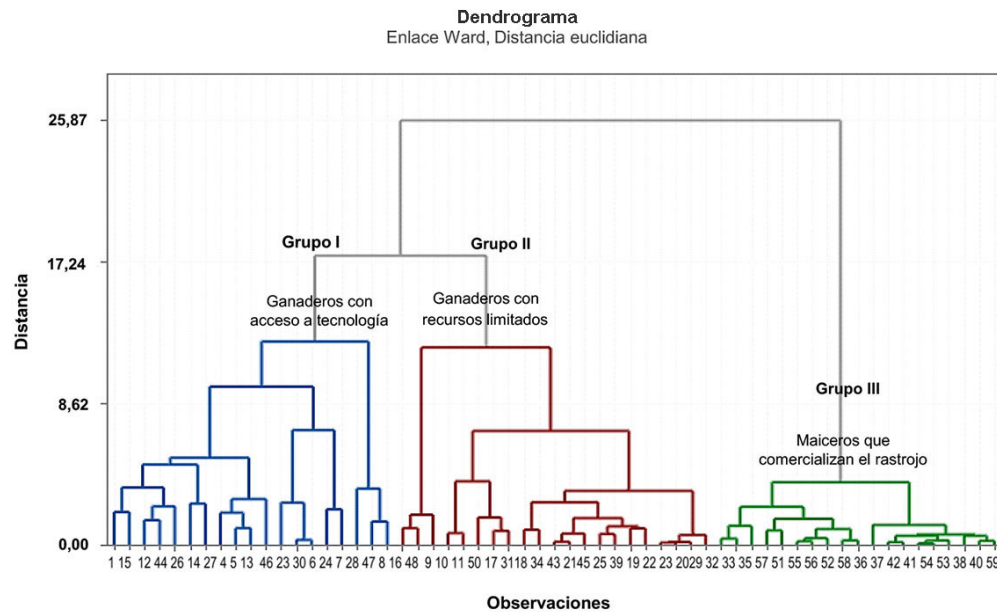


Figura 4. Caracterización de los grupos de productores formados a partir de la tipología de formas de manejo. Municipios de Villa Corzo, Villaflores y La Concordia, región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Análisis de conglomerado jerárquico con enlace de Ward, con base en la distancia euclidiana.

Figure 4. Characterization of producer groups from the typology of management forms. Municipalities of Villa Corzo, Villaflores and La Concordia, Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

Hierarchical cluster analysis using Ward's method based on Euclidean distance.

hato. Este grupo destaca por la diversificación en el uso del rastrojo, lo que optimiza el manejo de los recursos y reduce la dependencia de áreas adicionales para la alimentación del hato (Figura 5).

Los productores del grupo II se caracterizan por un uso limitado de tecnología en los procesos de producción y en una gestión más convencional del agroecosistema. A diferencia del grupo I, no destinan áreas específicas para la producción de rastrojo, lo que restringe su uso. El rastrojo se utiliza principalmente para el pastoreo del ganado en pequeñas áreas de pastos o de rastrojos de maíz, y son pocos los que implementan prácticas como la fabricación de pacas o el arrendamiento de tierras adicionales. Esta menor diversificación incrementa la dependencia de los recursos externos, lo que puede limitar la alimentación adecuada del hato durante periodos de escasez. Asimismo, la mecanización es considerablemente baja, lo que dificulta la optimización en la gestión del agroecosistema (Figura 5).

Los productores del grupo III se dedican exclusivamente al cultivo de maíz, a diferencia de los grupos I y II, orientados principalmente a la ganadería. Este grupo, con mayores limitaciones económicas, vende o renta el rastrojo para obtener ingresos rápidos. Esta dependencia incrementa la vulnerabilidad, ya que no incorpora prácticas de rastrojo al suelo, lo que podría contribuir a su mejora. La mecanización en este grupo es prácticamente inexistente, lo que limita la capacidad para mejorar la eficiencia en el manejo del agroecosistema en general (Figura 5).

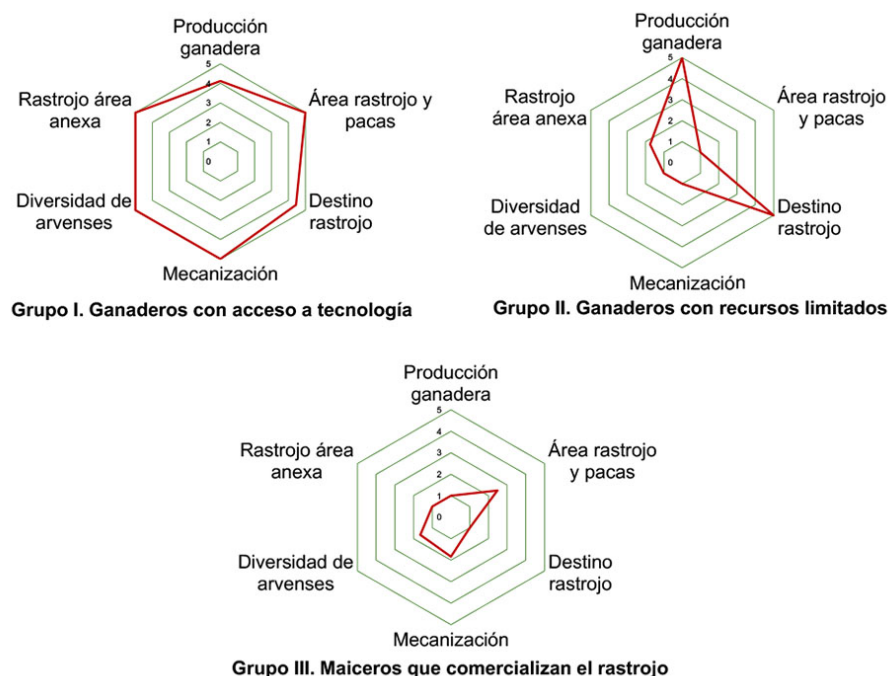


Figura 5. Caracterización de los grupos de productores según las prácticas de manejo del agroecosistema rastrojo. Municipios de Villa Corzo, Villaflores y La Concordia, región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Figure 5. Characterization of producer groups based on stubble agroecosystem management practices. Municipalities of Villa Corzo, Villaflores and La Concordia, Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

Relaciones de correspondencia entre tipologías, temporalidad y formas de manejo en el agroecosistema

Los resultados muestran la relación entre los diferentes grupos de productores de la región Frailesca y las temporalidades del agroecosistema rastrojo (Figura 6). La variante temporal I, correspondiente al ciclo de maíz tardío y corto, está asociada principalmente con los ganaderos con acceso a tecnología, pues esta los capacita para adaptarse a distintos ciclos agrícolas, gestionar el rastrojo de manera intensiva y diversificar su uso tanto para fines ganaderos como para la mejora del suelo. Aunque muestran una fuerte relación con esta variante, este grupo adopta estrategias productivas más flexibles, como ajustar las siembras en distintas épocas del año o manejar el periodo seco con mayor eficiencia. Sin embargo, esta intensificación implica mayores costos energéticos, lo que puede afectar la sostenibilidad a largo plazo de sus sistemas productivos.

La variante temporal II, referida al ciclo de maíz temprano y largo, se vincula con los maiceros comercializadores de rastrojo. Estos productores se dedican de manera exclusiva a la siembra de maíz, establecen sus siembras mayoritariamente durante la época de temporal y gestionan el rastrojo principalmente con fines de comercialización, lo que les permite obtener ingresos inmediatos. Si bien la mayor fuente de ingresos y sustento proviene de la venta del grano, también obtienen ingresos adicionales a partir de la venta de los rastrojos. Esta práctica fundamental asociada a este producto, desvía la atención de las prácticas sostenibles o de reincorporación de este recurso al suelo, lo que compromete la sostenibilidad de sus sistemas productivos a largo plazo.

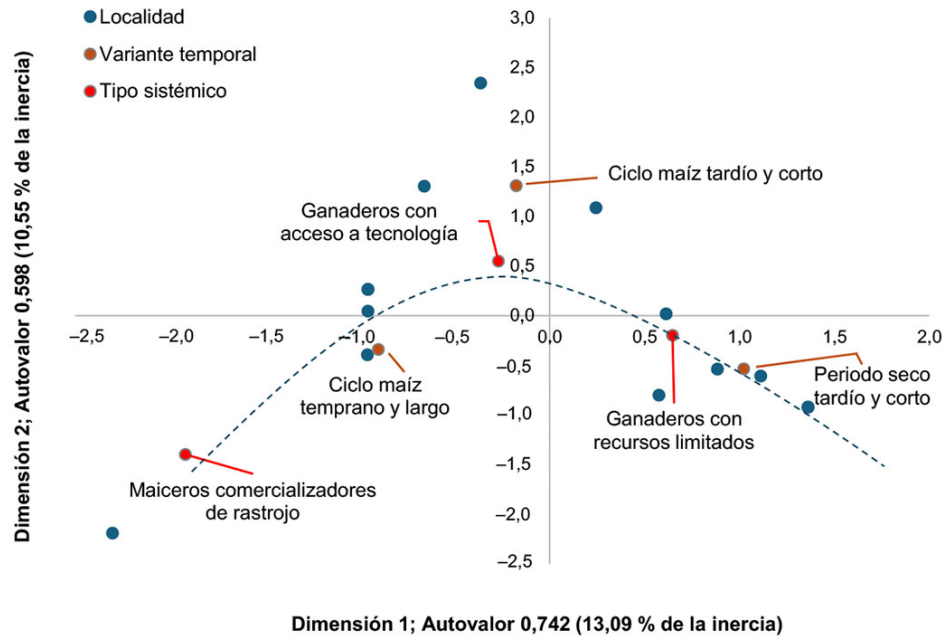


Figura 6. Análisis factorial de correspondencia entre la tipología temporalidad del agroecosistema y la tipología formas de manejo. Municipios de Villa Corzo, Villaflores y La Concordia, región Frailesca, Chiapas, México. Enero a diciembre de 2023.

Figure 6. Factorial correspondence analysis between agroecosystem temporality typology and management practices typology. Municipalities of Villa Corzo, Villaflores and La Concordia, Frailesca region, Chiapas, Mexico. January to December 2023.

La variante temporal III, que corresponde a la percepción de un periodo seco corto, se asocia con los ganaderos con recursos limitados. Este grupo depende significativamente de las condiciones climáticas para el manejo de los sistemas productivos y una baja adopción tecnológica. Esto último está implicado en la poca diversificación en el uso del rastrojo, lo que los hace vulnerables y restringe su capacidad para optimizar su aprovechamiento en la producción. Como resultado, su margen de resiliencia ante cambios climáticos y económicos es muy reducido, lo que pone en riesgo la sustentabilidad de sus agroecosistemas.

Discusión

Los resultados mostraron que los productores del grupo I, caracterizados por un ciclo de maíz tardío y corto, ajustan sus fechas de siembra para minimizar los riesgos asociados a periodos secos prolongados y sincronizar el ciclo del cultivo con las lluvias, lo que evita que este coincida con la sequía. La percepción del riesgo climático es fundamental en estas decisiones, como sugieren Sanson y Leina (2022), al preferir ciclos fenológicos más cortos para evitar posibles pérdidas. Además, utilizan razas de maíces criollos o locales, adaptadas a condiciones específicas de clima y suelo, lo que refuerza su capacidad de resiliencia (Caballero-Salinas et al., 2024; Llaven-Martínez et al., 2023).

En contraste, el grupo II, asociado con un ciclo de maíz temprano y largo, refleja una mayor confianza en la estabilidad del periodo lluvioso. Estos productores, al percibir mayor seguridad hídrica, prefieren ciclos largos para maximizar rendimientos (Sanson & Leina, 2022). El grupo III, con un periodo seco tardío y corto, intensifica

la gestión del rastrojo durante estos breves periodos secos para garantizar la alimentación del hato. Esta práctica, arraigada en la tradición local, conecta la producción agrícola con las emociones y cultura de la región, tal como lo subrayan Arellano Vicente et al. (2016) y Hernández Rodríguez et al. (2020).

Este análisis proporciona una visión integral de las relaciones entre el ciclo del maíz, la estación seca y el uso del rastrojo, y destaca la influencia de la percepción de los productores en la gestión del agroecosistema. Las condiciones climáticas de la Frailesca, con un periodo seco de noviembre a abril y uno lluvioso de mayo a octubre, condicionan las estrategias productivas, particularmente en el maíz, y se vinculan con el manejo del rastrojo durante la sequía (Comisión Nacional del Agua, s. f.; González Cabañas & Fletes Ocón, 2023; Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2024). Estas dinámicas demandan una adaptación constante de las prácticas agrícolas para garantizar la sustentabilidad del agroecosistema.

El manejo del rastrojo y del ciclo del maíz está condicionado por los cambios estacionales. Durante la sequía, el rastrojo es un recurso clave para la ganadería y la fertilidad del suelo (López Soto & Rodríguez Apodaca, 2024; Reyes Muro et al., 2013). Con la llegada de las lluvias, los productores reanudan las siembras y actividades agrícolas como el pastoreo en pastizales (Arias Yero, 2022). La percepción del riesgo ante sequías prolongadas incide en el momento de la siembra y en las decisiones sobre el uso del rastrojo, aspectos claves en la gestión del agroecosistema (INEGI, 2024; Romero Contreras et al., 2023).

Aunque los grupos difieren en el calendario de siembra del maíz y en la duración percibida del periodo seco, la percepción sobre la manifestación del rastrojo, entendida como el momento en que este se presenta y cumple diversas funciones (Gómez-Padilla et al., 2025), converge en un intervalo de aprovechamiento relativamente estable: aproximadamente 110 días en los grupos I y II, y cerca de 136 días en el grupo III. Esta coincidencia sugiere que el rastrojo actúa como un punto de enlace entre el agroecosistema agrícola y el ganadero, desde la cosecha hasta la fase de mayor escasez forrajera durante el estiaje, independientemente del calendario agrícola regional (Martínez-Tagua et al., 2025).

Dos factores estructurales explican la brevedad y coincidencia temporal observadas. En primer lugar, durante el estiaje disminuye de manera significativa la disponibilidad de forraje en los pastizales, lo que incrementa la presión de uso sobre el rastrojo, especialmente en sistemas ganaderos de la zona tropical estacionalmente seca de Chiapas (Castro Castillo et al., 2022). En segundo lugar, al final del periodo seco se inician las labores de preparación del terreno para la siembra de maíz de temporal, lo que obliga a despejar las parcelas y reduce el tiempo de permanencia del rastrojo en el campo (Caballero-Salinas et al., 2017).

El ciclo del maíz, los cambios estacionales y la gestión del rastrojo constituyen pilares de la organización agrícola. Estos elementos estructuran la percepción de la temporalidad del agroecosistema y reflejan la complejidad de las decisiones productivas. En este contexto, la elección de la variedad de maíz según su ciclo fenológico emerge como una estrategia clave para reducir riesgos climáticos (Caballero-Salinas et al., 2024; Cabrera-Toledo et al., 2019; Romero Contreras et al., 2023).

Para mejorar los agroecosistemas maíz-ganadería, resulta esencial comprender cómo los productores perciben la temporalidad del periodo seco, ya que esta percepción guía las decisiones relacionadas con el ciclo del maíz y el manejo del rastrojo. Aunque estudios previos se centraron en la percepción general del cambio climático, este análisis incorpora la visión de los productores sobre el rastrojo en relación con el ciclo del maíz, lo que añade una dimensión sociocultural y económica clave (Soares & García, 2014).

Además de las estrategias técnicas, las decisiones productivas responden a dimensiones culturales y emocionales vinculadas con la tierra y sus tradiciones agrícolas. Esto se expresa en el manejo del rastrojo, que no solo responde a necesidades productivas, sino también a la resiliencia socioeconómica en un contexto de incertidumbre climática (Hernández Rodríguez et al., 2020). Dichas prácticas deben interpretarse no solo como respuestas técnicas, sino también como expresiones culturales enraizadas.

Los resultados destacan el papel central de la percepción del productor en la toma de decisiones dentro del agroecosistema rastrojo. Los productores ajustan sus prácticas en función de sus expectativas y de su conocimiento de los ciclos climáticos, como señalan Sanson y Leina (2022). La percepción del riesgo, junto con la tecnificación, resulta decisiva para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad de los sistemas productivos en la región Frailesca.

Los resultados de los municipios estudiados revelan tres tipos de productores, diferenciados por sus objetivos y su nivel de acceso a tecnologías: ganaderos con alto nivel tecnológico, ganaderos con bajo nivel tecnológico y maiceros que comercializan rastrojos. El grupo I integra ganadería y cultivo de maíz con un alto grado de tecnificación. El rastrojo cumple un papel central, ya que se aprovecha mediante el rastrojeo, la elaboración de pacas y, en algunos casos, el alquiler de terrenos adicionales para alimentar al hato. Esta diversificación optimiza recursos, reduce la dependencia de insumos externos y mejora la eficiencia productiva.

La relevancia del rastrojo para estos ganaderos radica en que, además de los residuos de maíz, incorpora biomasa verde de arvenses que incrementan su valor nutricional y resulta preferida por el ganado frente a los residuos secos del cultivo. Esta diversidad incluye principalmente especies de Asteraceae, Poaceae y Fabaceae; en la Frailesca destacan *Cyperus rotundus* y *Melampodium divaricatum* (Aguilar Jiménez et al., 2020). Durante el rastrojeo, los bovinos muestran preferencia inicial por arvenses y gramíneas acompañantes como *Hyptis suaveolens*, *Melampodium divaricatum*, *Cynodon plectostachyus*, *Hyparrhenia rufa* y *Eragrostis curvula* (Arellano Vicente et al., 2016).

En contraste, los productores del grupo II desarrollan la ganadería con recursos tecnológicos limitados. Aunque no diversifican el uso del rastrojo como forraje, lo incorporan al suelo, lo que favorece la fertilidad y la sostenibilidad a largo plazo. En este contexto, las arvenses aportan biomasa con valor nutricional, materia orgánica y compuestos bioactivos con funciones alelopáticas y antibacterianas (Da Silva et al., 2021; Kato-Noguchi, 2020; Severoglu & Gullap, 2023). Sin embargo, el limitado acceso a recursos tecnológicos reduce su capacidad para maximizar los rendimientos. Estas observaciones coinciden con estudios que destacan la importancia de complementar las prácticas tradicionales con estrategias innovadoras que mejoren la rentabilidad y la sostenibilidad (Caballero-Salinas et al., 2017; Guevara Hernández et al., 2014).

El grupo III depende principalmente de la venta de rastrojo en pacas o del alquiler de sus terrenos. Es el grupo que enfrenta mayores limitaciones tecnológicas y representa uno de los sectores más vulnerables en términos de sostenibilidad. Esto último ya que en, algunos casos, recurren a la quema, la cual es una práctica insostenible que degrada el suelo y emite gases de efecto invernadero. Diversos estudios enfatizan la urgencia de sustituirla por alternativas más sostenibles como la incorporación del rastrojo al suelo o su uso en sistemas agroforestales (Caballero-Salinas et al., 2017).

La adopción de tecnologías depende de factores socioeconómicos como el acceso a mercados, la educación y las redes de apoyo. En municipios de Los Altos de Chiapas como Tenejapa y San Juan Cancuc, se ha demostrado que la diversificación agrícola es clave para la reproducción social de las familias campesinas, especialmente en economías de subsistencia (Alcazar-Sánchez & Gómez-Martínez, 2022). En esta línea, los productores del grupo III podrían beneficiarse de políticas que amplíen su acceso a tecnologías y mercados, lo que fortalecería su capacidad para manejar el rastrojo de forma más sostenible.

Las diferencias en acceso a recursos y mercados entre los grupos explican las brechas tecnológicas y evidencian la vulnerabilidad de los pequeños productores (Pizaña Vidal et al., 2019). Estudios sobre agricultura campesina subrayan la urgencia de políticas públicas inclusivas. Asimismo, se requiere un enfoque multiescalar que facilite el acceso a recursos tecnológicos en sectores vulnerables y promueva prácticas sostenibles adaptadas a sus contextos (Cadena Iñiguez, 2018; Zea Gordillo et al., 2023).

Los hallazgos de este estudio complementan investigaciones previas sobre los sistemas ganaderos en la región Frailesca. Se ha señalado que la eficiencia energética en sistemas de doble propósito depende de su nivel de intensificación: los más tecnificados, con alta dependencia de insumos externos, alcanzan en promedio 0,5, mientras que los menos intensivos logran valores de 1 a 2 al integrar recursos locales como el rastrojo (Guevara-Hernández et

al., 2024). Este patrón coincide con los resultados del estudio, donde los ganaderos con acceso a tecnología (grupo I) enfrentan mayores costos energéticos, aun cuando diversifican el uso del rastrojo mediante prácticas como la producción de pacas.

Los sistemas con menor acceso a las tecnologías (grupos II y III) presentan menor dependencia de insumos externos, pero muestran limitaciones para diversificar prácticas. El uso de rastrojos se concentra en el pastoreo directo o en su comercialización, según el caso. Este patrón sugiere que, además de restricciones estructurales, existen barreras sociocognitivas que dificultan la incorporación de mejoras orientadas a la sustentabilidad (Guevara-Hernández et al., 2024; Martínez-Tagua et al., 2025).

En los sistemas menos intensivos, donde se aprovechan mejor los recursos locales, se reduce la dependencia externa y se fortalece la sostenibilidad (Martínez-Aguilar et al., 2021). La integración de prácticas tecnológicas y agroecológicas, como sugieren Guevara-Hernández et al. (2024), es clave para optimizar el manejo del rastrojo y potenciar la sostenibilidad regional. Los sistemas en transición hacia modelos silvopastoriles destacan por combinar la producción ganadera con la conservación de superficies forestales y agrícolas. Este enfoque, identificado en el presente estudio y respaldado por investigaciones previas, evidencia una tendencia hacia la gestión sostenible del paisaje agroecológico, característica distintiva de la región Frailesca.

Los resultados sobre la relación entre la temporalidad y las formas de manejo del rastrojo en el agroecosistema de la Frailesca se complementan con lo reportado por Arellano Vicente et al. (2016), quienes caracterizaron el uso directo del rastrojo de maíz por bovinos en la misma región. En su investigación se destaca que el rastrojo no solo constituye una fuente clave de alimentación durante la época seca, sino que la diversidad de sus componentes mejora progresivamente la calidad de la dieta animal.

En concordancia, este estudio muestra que los ganaderos con acceso a tecnología diversifican en mayor medida el uso del rastrojo mediante la producción de pacas y otras prácticas, lo que incrementa su capacidad de adaptación a las variaciones temporales. Sin embargo, los productores con limitaciones tecnológicas, dependientes de los recursos naturales y con escasa capacidad de inversión, muestran mayor vulnerabilidad frente a la variabilidad climática. Este comportamiento también fue observado por Arellano Vicente et al. (2016), quienes señalaron que la capacidad de selección del ganado se limita por la calidad del rastrojo disponible al final de la temporada.

Los hallazgos de este estudio sobre las correspondencias entre las tipologías de temporalidad del agroecosistema rastrojo y las formas de manejo en la Frailesca coinciden con lo descrito por Guevara-Hernández et al. (2023). Estos autores, al caracterizar los productores de maíz en la misma región, identificaron seis grupos de productores diferenciados principalmente por el nivel de tecnificación y la eficiencia energética de sus sistemas. Al igual que en el presente análisis, encontraron que los productores con menor tecnificación emplean formas de manejo convencionales y presentan menores rendimientos, lo que se alinea con la situación de vulnerabilidad observada en los ganaderos con limitaciones de recursos (grupo II).

Este estudio aporta un enfoque novedoso al analizar el papel del rastrojo en una dimensión sistémica, interconectada con los subsistemas agrícolas y ganaderos, y no como una práctica o conjunto de prácticas aisladas. Este enfoque fue descrito por Gómez-Padilla et al. (2025), quienes conceptualizaron los rastrojos de la región Frailesca como un agroecosistema temporal que se manifiesta en el periodo de sequía y desaparece con el inicio de la temporada de lluvias, que contribuye a la resiliencia de las familias campesinas de bajos recursos.

A diferencia de investigaciones previas en la región, como las de Arellano Vicente et al. (2016), centradas en el uso directo del rastrojo para la alimentación ganadera, o las de Martínez et al. (2020), que abordaron la sustentabilidad energética de los productores desde una perspectiva general, el presente análisis exploró las características específicas del rastrojo como agroecosistema. Se destaca cómo el manejo del rastrojo está condicionado por factores climáticos, como los ciclos alternantes de lluvia y sequía que determinan los ciclos productivos, por factores socioeconómicos y por factores tecnológicos, lo que coincide con lo descrito por Gómez-Padilla et al. (2025). Todo ello analizado desde la percepción de los productores, quienes aportan una dimensión sociocultural y económica fundamental.

Conclusiones

El agroecosistema rastrojo en la Frailesca se caracterizó por tres dimensiones temporales relacionadas con el ciclo del maíz, el periodo seco y el rastrojeo. Los productores se agruparon en tres categorías según sus formas de manejo: ganaderos con acceso a tecnología, ganaderos con recursos limitados y maiceros comercializadores de rastrojo, las cuales evidencian diferencias en la disponibilidad de recursos tecnológicos y en la sostenibilidad de sus sistemas. Las correspondencias entre tipologías mostraron que los ganaderos con acceso a tecnología se asociaron con ciclos de maíz tardíos y de menor duración; en contraste, los ganaderos con recursos limitados se vincularon con siembras de temporal y percibieron periodos secos más cortos. Los maiceros comercializadores de rastrojo priorizaron ciclos largos de maíz, lo que subrayó la importancia de la temporalidad en la sostenibilidad.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) de México por la beca otorgada al primer autor para cursar los estudios de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Sustentabilidad de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH).

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Aguilar Jiménez, C. E., Tolón Becerra, A., Martínez Aguilar, F. B., Febles González, J. M., Vásquez Solís, H., & López Hernández, J. C. (2020). Caracterización del banco de semillas de cuatro agroecosistemas de la Frailesca, Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 93-97. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2240>
- Alcazar-Sánchez, J. G., & Gómez-Martínez, E. (2022). Diversidad agroalimentaria: estrategias de reproducción campesina en economías de autosubsistencia en Los Altos de Chiapas, México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 32(59), Artículo e1184. <https://doi.org/10.24836/es.v32i59.1184>
- Arellano Vicente, I., Pinto Ruíz, R., Guevara Hernández, F., Reyes Muro, L., Hernández Sánchez, D., & Ley de Coss, A. (2016). Caracterización del uso directo del rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) por bovinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1117-1129. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i5.236>
- Arias Yero, I. (2022). *La sustentabilidad de unidades de producción familiar que cultivan maíces locales en la Frailesca, Chiapas* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Chiapas]. Repositorio RIUNACH. <https://148.222.11.200/jspui/handle/123456789/3778>
- Borja Bravo, M., Reyes Muro, L., Espinosa García, J. A., & Vélez Izquierdo, A. (2013). Producción y consumo de rastrojos en México. En L. Reyes Muro, T. C. Camacho-Villa, & F. Guevara Hernández (Eds.), *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México* (1.ª ed., pp. 12-35). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

- Caballero-Salinas, J. C., Guevara-Hernández, F., Pizaña-Vidal, H. A., Cadena-Iñiguez, P., Ovando-Salinas, J. E., & Gómez-Padilla, E. J. (2024). Morphological and agronomic evaluation of short-cycle native maize varieties (*Zea mays* L.). *Agro Productividad*, 17(10), 211-220. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i10.3102>
- Caballero-Salinas, J. C., Moreno-Reséndez, A., Reyes-Carrillo, J. L., García-Valdez, J. S., López-Báez, W., & Jiménez-Trujillo, J. A. (2017). Competencia del uso del rastrojo de maíz en sistemas agropecuarios mixtos en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(1), 91-104. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.74>
- Cabrera-Toledo, J. M., Carballo-Carballo, A., Mejía-Contreras, J. A., García-de los Santos, G., & Vaquera-Huerta, H. (2019). Caracterización de poblaciones sobresalientes de maíz de la raza zapalote chico. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 42(3), 269-279. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.3.269-279>
- Cadena Iñiguez, P. (2018). El sistema agropecuario de información en la Frailesca para promover la innovación de tecnologías. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(5), 863-877. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i5.1380>
- Castro Castillo, T. de J., Pinto Ruiz, R., Guevara Hernández, F., Raj Aryal, D., Camas Gómez, R., & Avelar Roblero, J. U. (2022). Degradación de praderas en una comunidad rural de área natural protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(7), 1295-1306. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.2763>
- Comisión Nacional del Agua. (s. f.). *Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia*. Gobierno de México. Recuperado el 16 de mayo de 2025 de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Da Silva, U. P., de Sousa, B. L., Agrizzi, A. P., Mantovani, H. C., Leite, J. P. V., & Varejão, E. V. V. (2021). Extracts from *Euphorbia heterophylla* naturally grown in Brazil - Chemical constitution and bioactivities. *South African Journal of Botany*, 142, 486-494. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.07.009>
- Escobar, G., & Berdegué, J. (Eds.) (1990). *Tipificación de sistemas de producción agrícola*. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/server/api/core/bitstreams/e701e047-a66f-443d-977c-fa48ab741b61/content>
- García López, V., & Giraldo, O. F. (2021). Redes y estrategias para la defensa del maíz en México. *Revista Mexicana de Sociología*, 83(2), 297-329. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2021.2.60086>
- Gómez-Padilla, E. J., Guevara Hernández, F., & La O-Arias, M. A. (2025). De prácticas aisladas a la perspectiva agroecosistémica: la transformación conceptual del rastrojo de maíz en la Región Frailesca, Chiapas. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 5, Artículo e202404. <https://doi.org/10.5154/r.rchsat.2024.05.04>
- González Cabañas, A. A., & Fletes Ocón, H. B. (Eds.). (2023). *La Frailesca, «el granero de Chiapas»: destrozos y alternativas* (1.^a ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.22201/cimsur.9786073073332p.2023>
- Goodman, L. A. (1961). Snowball sampling. *Annals of Mathematical Statistics*, 32(1), 148-170. <https://doi.org/10.1214/AOMS/1177705148>
- Guevara Hernández, F., Rodríguez Larramendi, L., Ocaña Grajales, M. de J., Ovando Cruz, J., Pinto Ruiz, R., La O Arias, M., Gómez Castro, H., & Ortiz Pérez, R. (2014). El rastrojo de maíz en la relación maíz-ganadería bovina del trópico seco de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 22(1-2), 37-42. https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2349

- Guevara-Hernández, F., Arias-Yero, I., La O-Arias, M. A., Fonseca-Flores, M. de los Á., & Pinto-Ruiz, R. (2024). Sustainability of native maize family farms in Mexico: Current trends from a socio-agronomic perspective. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 36, Artículo e118595. <https://doi.org/10.3897/ejfa.2024.118595>
- Guevara-Hernández, F., La O-Arias, M. A., Aguilar-Vázquez, E. H., Ruiz-Sánchez, E., Martínez-Aguilar, F., & Aguilar-Jiménez, C. E. (2023). Backyards: typology and contribution to food security in Mexico. *Ciencia Rural*, 53(8), Artículo e20220397. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220397>
- Hernández Rodríguez, C., Perales Rivera, H., & Jaffee, D. (2020). Emociones, semillas nativas y cambio climático: el movimiento de soberanía de las semillas en Chiapas, México. *Estudios de Cultura Maya*, 56(2), 227-259. <https://doi.org/10.19130/IIFL.ECM.2020.56.2.0009>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2024). *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2023*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463916376.pdf
- Kato-Noguchi, H. (2020). Involvement of allelopathy in the invasive potential of *Tithonia diversifolia*. *Plants*, 9(6), Artículo 766. <https://doi.org/10.3390/plants9060766>
- Laurenceau, M., & Soto Pinto, L. (2016). Sistemas agroforestales para la adaptación al cambio climático en el área protegida La Frailescana, Chiapas, México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, (30), 19-50. <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/288>
- Llaven-Martínez, J., Gómez-Padilla, E. J., Aguilar-Gallegos, A. L., Sánchez-Grajales, G., & Gómez-Padilla, E. (2023). Phenological and morphological characterization of local maize from the municipality of Villaflores-Chiapas, Mexico. *Magna Scientia UCEVA*, 3(2), 156-164. <http://revistas.uceva.edu.co/index.php/magnascientia/article/view/88>
- López Soto, N., & Rodríguez Apodaca, J. R. (2024). Caracterización de abonos orgánicos elaborados de desperdicios de la industria alimentaria en el norte de Sinaloa, México: Una alternativa para las prácticas agrícolas sustentables. *Ra Ximhai*, 20(3), 153-169. <https://doi.org/10.35197/rx.20.03.2024.07.nl>
- Martínez, F. B., Guevara, F., Aguilar, C. E., Pinto, R., La O, M. A., Rodríguez, L. A., & Aryal, D. R. (2020). Energy and economic efficiency of maize agroecosystem under three management strategies in the Frailesca, Chiapas (México). *Agriculture*, 10(3), Artículo 81. <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/3/81>
- Martínez-Aguilar, F. B., Guevara-Hernández, F., La O-Arias, M. A., Aguilar-Jiménez, C. E., Rodríguez-Larramendi, L. A., & Pinto-Ruiz, R. (2021). Tipificación socio-agronómica y energética de productores de maíz en la región Frailesca, Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 38(1), 176-198. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n1.09](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n1.09)
- Martínez-Tagua, R. M., Guevara-Hernández, F., La O-Arias, M. A., Caballero-Salinas, J. C., & Martínez-Aguilar, F. B. (2025). Socioagronomic typification of maize producers in the Frailesca region, Chiapas, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 28(2), Artículo e6129. <https://doi.org/10.56369/tsaes.6129>
- Pizaña Vidal, H. A., Fletes Ocón, H. B., & González Cabañas, A. A. (2019). Agronegocios y campesinos maiceros en la Frailesca: vulnerabilidad y resistencias. *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 15, 11-31. <https://doi.org/10.17141/eutopia.15.2019.3865>
- Reyes Muro, L., Camacho Villa, T. C., & Guevara Hernández, F. (2013). *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México* (Libro Técnico Núm. 7). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

- Romero Contreras, A. T., Becerril-Piña, R., Díaz-Delgado, C., Mastachi-Loza, C. A., Vilchis-Francés, A., & Arévalo-Mejía, R. (2023). Maíz de temporal: ¿es suficiente el conocimiento etnoecológico para afrontar la variabilidad climática? *Economía, Sociedad y Territorio*, 23(71), 185-215. <https://doi.org/10.22136/est20231892>
- Sanson, L. M., & Leina, C. A. M. (2022). Adaptación al cambio climático en la producción ejidal de maíz en el estado de Chiapas, México. *Regiones y Desarrollo Sustentable*, 22(43), 2-21. <https://www.elcoltlax.edu.mx/openj/index.php/ReyDS/article/view/231>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2024). *Panorama agroalimentario: La ruta de la Transformación Agroalimentaria 2018-2024*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México. Recuperado el 21 de marzo de 2025 de https://nube.agricultura.gob.mx/panorama_dgsiap/
- Severoglu, S., & Gullap, M. K. (2023). Determination of feed yield and quality parameters of Bermudagrass (*Cynodon dactylon* L. (Pers.)) populations collected from natural flora. *Agronomy*, 13(6), Artículo 1471. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061471>
- Soares, D., & García, A. (2014). Percepciones campesinas indígenas acerca del cambio climático en la cuenca de Jovel, Chiapas-México. *Cuadernos de Antropología Social*, 39, 63-89. <http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/CAS/issue/view/156>
- StatSoft Inc. (2014). *Statistica* (Version 10). Recuperado el 16 de noviembre de 2024 de <https://www.statistica.com>
- Vélez Izquierdo, A., Guevara Hernández, F., Gómez Castro, H., Ovando Cruz, J., Hellín, J., Espinosa García, J. A., Sonder, K., Rodríguez Larramendi, L. A., Reyes-Muro, L., Fonseca, M., Ocaña Grajales, M. de J., Borja-Bravo, M., Pinto Ruiz, R., Camacho Villa, T. C., Beuchelt, T., & Hernández Rodríguez V. M. (2013). Usos múltiples de los rastrojos: soluciones diversas. En M. L. Reyes, V. T. C. Camacho, & H. F. Guevara (Eds.), *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México* (1.^a ed., pp. 188-206). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <https://tinyurl.com/2wp9bbar>
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller.
- Von Bertalanffy, L. (1975). *Perspectives on general system theory: Scientific-philosophical studies*. George Braziller.
- Zea Gordillo, R. E., Cruz Mendoza, J. I., & Serrano González, P. (2023). Venta online de alimentos tradicionales en Chiapas como alternativa económica funcional. *Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación*, 5(47), 81-92. <https://doi.org/10.51896/rilcods.v5i47.311>