

Maize farmers in the slash-and-burn system: What motivates them to preserve this agricultural system?

Guadalupe Genoveva Elizalde López¹
Leticia Myriam Sagarnaga Villegas^{*1}
Angélica Marlén Olivera Martínez²

Abstract

Slash-and-burn (S&B) fulfills on-farm consumption needs in rural communities. Often, farmers do not consider production costs, non-monetary benefits, or environmental impacts when continuing this activity. This paper evaluates these aspects to identify the primary drivers for farmers to persist in this agricultural system. Economic, productive, and impact perception data were collected through panels and surveys administered to maize farmers practicing S&B in San Francisco Coatlán, Oaxaca. Conventional economic analysis results indicate that production costs are not covered; however, this practice aims to achieve several concurrent benefits, primarily backyard animal feeding and household consumption. Two distinct groups emerge: one willing to adopt changes in S&B agriculture due to recognizing its negative environmental impact, and another unwilling to change. The categories analyzed pertain to the impact and use of maize in these groups: family income, dietary composition, food, and feed requirements, with the latter demonstrating statistical differences ($P < 0.05$). This study underscores the significance of S&B in rural livelihoods, particularly its role as the primary source of sustenance for backyard livestock farming, which holds crucial social and nutritional functions for farmers.

Keywords: Shifting cultivation, on-farm consumption, S&B, economic viability.

Agricultores de maíz en el sistema roza tumba y quema. ¿qué los motiva a preservar este sistema agrícola?

Resumen

La roza tumba y quema (RTQ) cubre necesidades de autoconsumo en comunidades rurales. Con frecuencia los agricultores no consideran los costos de producción, beneficios no monetarios y los impactos ambientales para seguir en esta actividad. El presente trabajo evalúa estos aspectos, con el objetivo de identificar las principales razones por las que los agricultores siguen produciendo bajo este sistema agrícola. Para ello, se recabó información económica, productiva y percepción de impactos, mediante paneles y aplicación de encuestas a agricultores de maíz bajo el sistema RTQ en San Francisco, Coatlán, Oaxaca. Los resultados del análisis económico convencional indican que no se cubren los costos de producción, sin embargo, esta actividad busca cubrir una serie de beneficios paralelos, principalmente la alimentación de animales de traspatio y el autoconsumo. Se forman dos grupos, el que está dispuesto a realizar cambios en la agricultura de RTQ porque reconoce un impacto ambiental negativo y el grupo que no hará cambios; las categorías analizadas hacen referencia al impacto y uso del maíz en estos grupos: ingreso familiar, composición de la dieta, consumo humano y consumo animal, siendo esta última la única con diferencias estadísticas ($P < 0.05$). Esta investigación demuestra la importancia de la RTQ en medios de vida, aunado a que es el principal sustento en la alimentación de la ganadería de traspatio, actividad que tiene funciones sociales y nutricionales importantes para los agricultores.

Palabras clave: Agricultura itinerante, autoconsumo, RTQ, viabilidad económica.

¹Universidad Autónoma Chapingo, DICEA-CIESTAAM, Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Edo. de México, C. P. 56230. México.

²Universidad Autónoma Chapingo, DICEA, Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Edo. de México, C. P. 56230. México.

*Corresponding author: msagarnaga@ciestaam.edu.mx ORCID ID: 0000-0001-6425-7209

Introduction

Fire has long been used as a tool for soil fertilization and plant growth control; however, it can also significantly alter vegetation, increase soil erosion potential, and, in more extreme cases, promote desertification of previously productive areas (Santín & Doerr, 2016). S&B is an ancient agricultural production system considered a form of shifting cultivation in which intensive land use is alternated with long periods of fallow. It involves clearing a surface of natural vegetation, during which firewood is harvested, allowing the remaining plant biomass to dry on the ground before being burned (Pérez-García & del Castillo, 2016).

The FAO Committee on Agriculture (2022) classifies shifting cultivation as land management practices that generate food while protecting biodiversity, providing ecosystem services, and reducing deforestation. Indigenous peoples' food systems, including the use of forest-derived foods, can provide examples of sustainable agri-food systems that are climate-resilient while also offering nutritious food and respecting nature (FAO, 2022; Sáenz-Leguizamón et al., 2023).

Discrepancies are observed in the environmental effects of this agricultural practice, such as those related to CO² emissions, changes in land use, erosion, and modification of soil biotic and abiotic factors (Gay-des-Combes et al., 2017; Santin Doerr, 2016). This dilemma is worsened by the need to conserve forests, which provide ecosystem services at global, regional, and local scales while simultaneously offering local populations opportunities to secure their livelihoods using available natural resources (Marquardt et al., 2013).

Caring for the environment is of utmost importance because of the increasing magnitude of current environmental issues, such as river pollution, deforestation, air pollution, temperature changes, and lack of rainfall. Therefore, it is necessary to create awareness about environmental care to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs) (UN, 2021); these goals constitute a universal call to action to end poverty, protect the planet, and improve people's lives and prospects worldwide. Emphasis on agriculture: end poverty, zero hunger, clean water and sanitation, climate action, life, and terrestrial ecosystems.

However, authors such as Santín and Doerr (2016) analyzed the effects of burning on soil and conclu-

Introducción

El fuego se ha utilizado durante mucho tiempo como herramienta para fertilizar los suelos y controlar el crecimiento de las plantas; pero, también puede cambiar sustancialmente la vegetación, aumentar el potencial de erosión del suelo e incluso en situaciones más extremas puede promover la desertificación de zonas anteriormente productivas (Santín, & Doerr, 2016). La roza tumba y quema (RTQ) es un sistema de producción agrícola milenario que se considera de agricultura itinerante, en el que se alterna el uso intensivo de la tierra con largos periodos de descanso; consiste en desmontar una superficie de vegetación natural, proceso durante el cual se aprovecha la leña, para luego dejar secar en el terreno y quemar la biomasa vegetal remanente (Pérez-García, & del Castillo, 2016).

El Comité de Agricultura de la FAO (2022) califica a la agricultura itinerante como prácticas de gestión territorial, que generan alimentos, a la vez que protegen la biodiversidad, proporcionan servicios ecosistémicos y reducen la deforestación. Los sistemas alimentarios de los pueblos indígenas, incluido el uso de alimentos de origen forestal, pueden proporcionar ejemplos de sistemas agroalimentarios sostenibles que son resilientes al clima, además de que aportan alimentos nutritivos y respetan la naturaleza (FAO, 2022; Sáenz-Leguizamón et al., 2023).

Se observa discrepancia en los efectos ambientales que tiene esta práctica agrícola. Tales como las relacionadas con la emisión de CO², cambios de uso del suelo, erosión y modificación de biótica y abiótica del suelo (Gay-des-Combes et al, 2017; Santin Doerr, 2016). Este dilema se agudiza ante la necesidad de conservar los bosques, que proporcionan servicios ecosistémicos a escala global, regional y local y, al mismo tiempo, ofrecer a la población local oportunidades para asegurar su sustento utilizando los recursos naturales disponibles (Marquardt et al., 2013). El cuidado del ambiente es de relevancia, debido al incremento de la magnitud de las problemáticas ambientales actuales, tales como la contaminación de ríos, deforestación, contaminación del aire, cambios en la temperatura y falta de lluvias. Debido a lo anterior, es necesario crear conciencia en el cuidado del ambiente para alcanzar los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU, 2021); estos objetivos constituyen un llamamiento universal a la acción para

ded that they are minimal. During burning, many elements contained in organic compounds (including phosphorus) are released into the soil, leading to increased fertility, and as they are reabsorbed by plants, their concentrations in the soil decrease (Gamero-Gamero et al., 2020). In contrast, elements of the open cycle (e.g., nitrogen) increase with soil biological activity due to the accumulation of organic matter and leaf litter, and their decomposition mainly occurs during the rainy season (Bautista-Zuñiga et al., 2005).

S&B is an agricultural system associated with small-scale producers characterized by rain-fed conditions, low tool usage, and native seeds, with its main objective being on-farm consumption (Mijangos-Cortés et al., 2019). Given the nature of S&B, farmers do not analyze the net costs and benefits of maize production under this system, specifically in rural communities in Oaxaca.

This is because the main objective of these producers is to obtain food rather than generate economic profits (Aguilar-Jiménez et al., 2011). However, for an activity to be competitive and endure in the long term, it is necessary to conduct a cost analysis to make informed decisions that improve efficiency. The S&B system is primarily associated with maize production and is estimated to have been in existence for over 5,000 years, highlighting its importance in providing food to rural communities in Mesoamerica (Castillo-López et al., 2020). It is not surprising that the diet of Mexicans is mainly based on maize, followed by beans, chili, and squash. Maize alone is estimated to contribute close to half of the calories required for the population (Aguilar-Jiménez et al., 2011).

In Mexico, a significant portion of the population relies on subsistence agriculture as a means of livelihood, especially in marginalized rural areas with considerable limitations for the use of natural resources; these populations resort to S&B agriculture as the activity that provides and ensures access to food (Sáenz-Leguizamón et al., 2023).

Taking this into consideration, this study aims to assess the production process of S&B in economic and environmental impact perception aspects to identify the main reasons why farmers in San Francisco Coatlán, Oaxaca, continue to engage in this agricultural practice.

poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar la vida y las perspectivas de las personas en todo el mundo. Acentuando en el ámbito agrícola: el fin de la pobreza, cero hambre, agua limpia y saneamiento, acción por el clima, vida y ecosistemas terrestres.

Sin embargo; autores como Santín, y Doerr (2016) hacen un análisis de los efectos que tiene la quema sobre el suelo, encontrando que son mínimos. Durante la quema, muchos elementos contenidos en los compuestos orgánicos (entre ellos el fósforo), son liberados al suelo, siendo motivo del aumento de fertilidad, y a medida que son reabsorbidos por las plantas, sus concentraciones en el suelo disminuyen (Gamero-Gamero et al., 2020). Por el contrario, elementos de ciclo abierto (i.e. nitrógeno), aumentan con la actividad biológica del suelo producto de la acumulación de materia orgánica y hojarasca, así como su descomposición principalmente durante la época de lluvias (Bautista-Zuñiga et al., 2005).

La RTQ es un sistema agrícola asociado con pequeños productores que se caracteriza por ser del régimen de temporal, de bajo uso de herramientas, con uso de semilla criolla, cuyo objetivo principal es el autoconsumo (Mijangos-Cortés et al., 2019); dada la naturaleza de la RTQ, el agricultor no hace un análisis de costos y beneficios netos de la producción de maíz bajo este sistema, específicamente en comunidades rurales de Oaxaca.

La situación anterior se debe a que el principal objetivo de estos productores es la obtención de alimento, y no la generación de ganancias económicas (Aguilar-Jiménez et al., 2011). Sin embargo, para que una actividad sea competitiva y perdure a largo plazo, es necesario hacer un análisis de costos para poder tomar decisiones correctas y concretas que permitan mejorar la eficiencia de dicha actividad.

El sistema de RTQ está asociado principalmente a la producción de maíz, se estima que ha estado vigente por más de 5 000 años, lo que da cuenta de la importancia que tiene en la producción de alimento para comunidades rurales en Mesoamérica (Castillo-López et al., 2020). No es de extrañarse que la dieta de los mexicanos esté basada principalmente en maíz, seguida de frijol, chile y calabaza. El maíz por sí solo se estima aporta cerca de la mitad de las calorías requeridas para la población (Aguilar-Jiménez et al., 2011).

Materials and methods

Study area

The research was conducted in the community of San Francisco Coatlán, municipality of San Pablo Coatlán, Oaxaca, located between 16° 11' north latitude and 96° 46' west longitude at 1,565 masl. It has an average annual temperature of 19.8 °C and a total annual precipitation of 580.7 mm. The rainy months are from June to September, concentrating 80 % of the total precipitation. The predominant soil type is eutric regosol (INEGI, 2012).

It is a rural population nestled in the Sierra Sur of Oaxaca, whose location favors a diversity of environments, with a predominance of communities of medium jungles and coniferous forests; there is also a great diversity of oaks, as well as a high presence of endemic vertebrates (SEMARNAT, 2016).

Data collection

The study subjects are maize producers practicing S&B. Information for analysis was obtained in two phases. In the first phase, a Representative Production Unit (RPU) was modeled, for which a panel of producers was conducted, defined as a meeting with opinion leaders to gather information. This tool serves to quantify incomes and production costs, particularly in agricultural activities that do not have economic records (Sagarnaga et al., 2018). Six producers participated in this panel; the invitation was direct, and the sampling was non-probabilistic expert selection; the selection criterion was to be maize producers practicing S&B for at least 15 years and recognized as opinion leaders in their locality. With this methodology, it was possible to compile information on management, technical parameters, use of inputs and production factors, input costs, yields, selling prices, and on-farm consumption.

The information gathered in the panel served as the basis for estimating operating, general, and opportunity costs. Operating costs include fertilizers, feed for pack animals, and hired labor. Meanwhile, general costs encompass the depreciation of buildings and equipment; it is crucial to note that these costs do not depend on production. On the other hand, opportunity costs include land, labor, and capital owned by the producer. Costs are grouped as follows:

En México, parte significativa de la población tiene como medios de vida la agricultura de subsistencia, especialmente en localidades rurales marginadas con limitaciones considerables para el aprovechamiento de los recursos naturales; estas poblaciones recurren a la agricultura de RTQ como la actividad que les provee y asegura el acceso a alimentos (Sáenz-Leguizamón et al., 2023).

Tomando esto en consideración, el objetivo de este trabajo es evaluar el proceso productivo de la RTQ, en los ámbitos económico y de percepción de impactos ambientales; para identificar las principales razones por las que los agricultores de San Francisco Coatlán, Oaxaca continúan realizando esta práctica agrícola.

Materiales y métodos

Zona de estudio

La investigación se realizó en la comunidad de San Francisco Coatlán, municipio de San Pablo Coatlán, Oaxaca, localizado entre los 16° 11' latitud norte y 96° 46' longitud oeste a 1 565 msnm, tiene una temperatura media anual de 19.8 °C y una precipitación total anual de 580.7 mm, los meses de lluvia van de junio a septiembre y concentran el 80 % del total de precipitación. El tipo de suelo predominante es regosol éutrico (INEGI, 2012).

Es una población rural, inmersa en la Sierra Sur de Oaxaca, cuya localización hace propicia una diversidad de ambientes, predominando comunidades de selvas medianas y bosques de coníferas; existe, además, una gran diversidad de encinos, así como, una alta presencia de vertebrados endémicos (SEMARNAT, 2016).

Colecta de información

Los sujetos de estudio son productores de maíz que practican la RTQ. La información de análisis se obtuvo en dos fases; en la primera, se modeló una Unidad Representativa de Producción (URP), para ello se realizó un panel de productores, que se define como una reunión con líderes de opinión en la que se recaba información. Esta herramienta, sirve para cuantificar ingresos y costos de producción, particularmente en actividades agrícolas que no tienen registros económicos (Sagarnaga et al., 2018). En este panel parti-

cash flow is the minimum capital the farmer must have to develop productive activity. Financial costs consolidate operating and general costs. Finally, economic costs include opportunity costs, an item rarely considered in agricultural economic analyses.

Finally, the short-term continuity of the activity is determined by cash flow, which is the balance between inflows and outflows; if it is negative, the producer does not have enough cash to cover planting, management, and harvesting costs. Medium-term continuity occurs when revenues are sufficient to cover financial costs, which implies that they can cover depreciation. However, if there is a negative balance in economic costs, the producer may dispose of their production factors to invest them in a more lucrative activity. This analysis focuses only on economic aspects; social and environmental aspects are beyond the scope of this research stage and remain pending for subsequent stages.

The second phase involved the administration of a questionnaire. Convenience sampling was employed, and 50 questionnaires were administered face-to-face at the producers' homes. The instructions for completing the instrument were precise, ensuring that the producer understood the question's context and the meaning of the possible responses. The questionnaire collected information on producers' perceptions of the environmental impact of the S&B cultivation system. The data collection period was between July and August 2022.

Data processing

The analysis categories were as follows: personal identification data, description of the S&B process, production costs, income, perception of environmental impact (soil, air, rainfall, vegetation, and fauna), willingness to stop practicing S&B, income, and on-farm consumption.

The collected information was captured in a matrix, which was then grouped and classified into analysis categories (activity income, operating costs, general costs, production factor opportunity costs, and total costs). Subsequently, cash flow, financial costs, and economic costs were estimated. The years comprising the baseline cycle of this research are 2020 and 2021. The methodology estimates income based on a typical production cycle; the panelists (farmers) determi-

cieron seis productores, la invitación fue directa, el muestreo fue no probabilístico de selección experta; el criterio de selección fue, ser productores de maíz, practicar la RTQ desde hace al menos 15 años, ser reconocidos como líderes de opinión en su localidad. Con esta metodología fue posible compilar información sobre manejo, parámetros técnicos, uso de insumos y factores de producción, costos de insumos, rendimientos, precio de venta y autoconsumo.

La información recabada en el panel fue la base para estimar costos de operación, generales y de oportunidad. Los costos de operación agrupan: fertilizantes, alimento para los animales de carga y mano de obra contratada. Mientras que los costos generales, incluyen la depreciación de construcciones y equipo; es importante hacer notar que estos costos no dependen de la producción. Por otro lado, los costos de oportunidad incluyen tierra, mano de obra y capital propiedad del productor. Los costos se agrupan de la siguiente forma: flujo de efectivo, es el capital mínimo del que debe disponer el agricultor para desarrollar la actividad productiva. El costo financiero concentra los costos de operación y generales. Por último, los costos económicos incluyen además los costos de oportunidad, este apartado es un rubro que con dificultad se considera en los análisis económicos agrícolas.

Finalmente, la permanencia en el corto plazo de la actividad es determinada por el flujo de efectivo, que es el balance entre entradas y salidas; si es negativo el productor no cuenta con efectivo suficiente para cubrir costos de siembra, manejo y cosecha. La permanencia en el mediano plazo sucede cuando los ingresos son suficientes para cubrir los costos financieros, esto implica que pueden cubrir la depreciación. Sin embargo, si existe un balance negativo en los costos económicos, el productor podría disponer de sus factores de producción, para invertirlos en otra actividad mejor remunerada. Es importante señalar que en este análisis se evalúan únicamente aspectos económicos, los aspectos sociales y ambientales escapan a esta etapa de la investigación, quedando pendientes para etapas posteriores.

La segunda fase consistió en la aplicación de un cuestionario. El muestreo fue por conveniencia, en total se aplicaron 50 cuestionarios, levantados frente a frente en el domicilio de los productores. Las instruc-

ne the expected production for such a cycle, considering climatic conditions, pests, diseases, and usual crop management practices, thereby determining the expected production standard. The information is then agreed upon, and a modeled RPU is generated to monitor the performance of similar production units in the study region (Sagarnaga et al., 2018). The information collected in the second phase of the analysis was processed and analyzed using descriptive statistics. When examining the variables, categories were identified that divided the study population into producers willing to discontinue S&B practices and those who were not (an independent categorical variable). A chi-square (X^2) test was conducted, with the perception of environmental impact (soil, air, rainfall, native plants, and animals) serving as the dependent variable. These variables were assessed to determine the extent of impact and were measured using Likert scales ranging from 1 to 5. The rating scale used designated "1" as signifying a high impact and "5" as indicating no impact. Therefore, during the statistical analysis, the percentage associated with the number "1" was considered. This demonstrated whether the willingness or unwillingness to cease S&B practices influenced the perception of environmental impact.

In a second analysis, a Student's t-test was conducted to compare whether the percentage of family income contributed by cultivated maize, the percentage of the diet provided by maize, the kilograms of maize allocated for self-consumption, and the kilograms of maize designated for animal consumption differ based on the willingness or unwillingness to stop practicing S&B. The tests were performed using the statistical package SAS® (Statistical Analysis System) (SAS, 2004).

Results and discussion

Production process

The RPU modeled by the panelists is a plot located on *ejidal* or communal land aimed at producing native white maize for on-farm consumption. The size of the RPU, in the local terminology of the producers, is two almudes, equivalent to half a hectare, an area that should be able to generate food for an entire family for one year. One of the most pressing pro-

ducciones para atender el instrumento fueron precisas, asegurándose que el productor entendiera el contexto de la pregunta y el significado de las posibles respuestas. En el cuestionario se recogió información sobre la percepción de los productores sobre el impacto ambiental del sistema de producción RTQ. El periodo de realización fue durante julio y agosto de 2022.

Procesamiento de datos

Las categorías de análisis fueron las siguientes, datos de identificación personal, descripción del proceso de RTQ, costos de producción, ingresos, percepción de impacto al ambiente (suelo, aire, lluvia, vegetación y fauna), disposición a dejar de realizar la RTQ, ingresos y autoconsumo.

La información colectada se capturó en una matriz, para después ser agrupada y clasificada en las categorías de análisis, (ingresos de la actividad, costos de operación, costos generales, costo de oportunidad de los factores de producción y costos totales). Para después estimar el flujo de efectivo, los costos financieros y económicos. Los años que componen el ciclo base de esta investigación son 2020 y 2021.

La metodología estima los ingresos a partir de un ciclo típico de producción; los panelistas (agricultores) determinan la producción esperada de un ciclo típico, con las condiciones climáticas, la presencia de plagas y enfermedades y el manejo del cultivo habituales, lo que determina el estándar esperado de producción. La información es consensuada, y se genera una URP modelada que servirá para monitorear el desempeño de las unidades de producción similares en la región de estudio (Sagarnaga et al., 2018).

La información colectada en la segunda fase de análisis fue procesada y analizada mediante estadística descriptiva. Al analizar las variables, se identificaron categorías que dividen al universo de estudio en productores que, están dispuestos a dejar de realizar RTQ y productores que no lo están (variable categórica independiente). Se procedió a realizar una prueba de Ji cuadrada (X^2), en la que las variables dependientes fueron: apreciación de impacto ambiental (suelo, aire, lluvia, plantas y animales nativos); estas variables sirvieron para identificar el grado de afectación y fueron medidas a través de escalas Likert, de 1 a 5. La escala de calificación utilizada definió "1" como alta afectación y "5" como ninguna afectación. Por lo

blems raised by farmers during the field phase is the fragmentation of agricultural land due to population growth. As the nuclear family expands, the land must be divided to support more people, eventually resulting in smaller plots for the offspring, a situation previously documented by Sáenz-Leguizamón et al. (2023) in Chiapas.

The agricultural process has a production cycle of two years; in the first year, S&B is performed, and in the second year, only stubble burning is performed. This contrasts with what happens in Yucatan, where production cycles last three years, with a plot fallow period ranging from seven to ten years (Bautista-Zuñiga et al., 2005).

The RPU uses native white maize seeds from previous harvests, selected for their late-cycle nature, which is less susceptible to rainfall and resistant to lodging, as reported by Pérez-García and del Castillo (2016). Cultivation is performed using low technological levels, non-mechanized methods, draft animals, and manual tools for agricultural practices.

The cultivation regime is rainfed, and the cycle begins with clearing and slashing in March and April. During this phase, all bushes and small and large trees are cut down to gather firewood, all with the help of draft animals, similar to what Aguilar et al. (2011) report. Next, a 2-meter-wide lane is cleared around the perimeter (firebreak) as a safety measure during the burning of organic matter, an activity carried out in mid-May. Factors such as weather conditions, wind direction, and speed are considered to minimize the risk of spreading.

The collaboration of friends and family members is a crucial aspect of this production system, as they provide support during peak agricultural tasks, significantly bolstering the workforce. This phenomenon has also been observed in documented studies in Guatemala and Chiapas (Lara Ponce et al., 2012; Sáenz-Leguizamón et al., 2023). Without this support, it would be challenging for the producer to afford additional labor costs. Moreover, a smaller workforce engaged in S&B results in increased general expenses, such as road construction or the establishment of firebreaks (Cramb et al., 2009).

The planting is done in the first week of June using 8 kg maize seeds, 250 g squash seeds, and 1 kg bean seeds. Some people scatter cilantro seeds to take ad-

que, durante el análisis estadístico el porcentaje contabilizado fue el asignado al número "1", es decir, se demostró si estar o no dispuesto a dejar de practicar RTQ tenía influencia sobre la apreciación de impacto ambiental.

En un segundo análisis, se realizó una prueba T de Student. En el que se comparó si el porcentaje de ingreso familiar que aporta el maíz cultivado, el porcentaje de la dieta que aporta el maíz, los kilogramos de maíz destinados al autoconsumo y los kilogramos de maíz destinados al consumo animal son diferentes en función de la disposición o no a dejar de practicar RTQ. Las pruebas fueron procesadas con el paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System (SAS), 2004).

Resultados y discusión

Proceso de producción

La URP modelada por los panelistas es una parcela ubicada en tierra de régimen ejidal o comunal, cuyo objetivo es producir maíz blanco criollo para autoconsumo. El tamaño de la URP, en la terminología local de los productores, es de dos almudes, equivalente a media hectárea, superficie que debe ser capaz de generar alimento para una familia completa durante un año. Uno de los mayores problemas expuestos por los agricultores durante la fase de campo, es la pulverización de la superficie agrícola debido a la explosión demográfica; es decir a medida que la familia nuclear crece, la tierra tiene que dividirse para dar sustento a más personas, eventualmente la parcela que le toca a la descendencia es cada vez menor, esta misma situación ha sido previamente documentada por Sáenz-Leguizamón et al., (2023), en Chiapas.

El proceso agrícola tiene un ciclo de producción de dos años; en el primer año se realiza la RTQ y en el segundo año solo se hace la quema del rastrojo, en contraste de lo que sucede en Yucatán, donde, bajo este sistema, los ciclos de producción son de tres años, con un tiempo de descanso de la parcela que va de 7 a 10 años (Bautista-Zuñiga et al., 2005).

La URP utiliza semilla criolla de maíz blanco proveniente de cosechas anteriores, esta elección ocurre porque es una variedad de ciclo tardío a la que no afecta en demasía la lluvia, además, de ser resistente al acame, lo cual coincide con lo reportado por Pé-

vantage of the soil and rainfall. The composition of the seeds is similar to that reported by Pérez-García and del Castillo (2016); they identified that 53 % of the studied plots are associated with beans and squash.

Because of the limited labor force, the primary approach to weed control involves the application of paraquat, a pre-emergent herbicide. When applied after planting emergence, paraquat causes all weeds that come into contact with the product to perish, thereby preventing the use of edible species (Bautista-Zuñiga et al., 2005). The use of herbicides is essential because shifting cultivation plots with shorter fallow periods experience a higher incidence of weeds (Pérez-García and del Castillo, 2016), leading to increased production costs due to the need for additional labor to maintain these types of plants at a tolerable minimum (Cerdeira et al., 2006).

Once the first weeding is completed, the crop is fertilized with ammonium sulfate between the last week of August and the first week of September. The second weeding is done manually and is followed by fertilization with ammonium sulfate at the end of September. Aguilar-Jiménez et al. (2011) reported that weeding is the cultural activity that requires the most labor, with the author reporting 15 workdays per hectare.

Subsequently, in October, the harvest of corn ears begins. These are consumed roasted or boiled, in atole, and as ingredients in various traditional dishes such as pinole, tamales, tlayudas, texmole, and pozole. When the grain ripens in December, the maize plants are cut to complete the ripening process and protect them from moisture; they are then gathered and arranged in small mounds in the plot. Alternatively, in some cases, the entire plant is transported to the producer's home with the assistance of pack animals.

Manual picking or harvesting of maize occurs in February. In April, once the cob is fully dry, it is shelled. The husks are saved for making tamales, the stalks are used to feed the animals, and the cobs are selected as seeds for the next cycle. The cycle concludes by storing the maize in corn cribs or ixtle sacks inside the home, with most of it earmarked for household consumption. The remaining portion, along with the stalks, is allocated to feed draft and backyard animals. This production cycle closely resembles that reported by other authors (Aguilar et al., 2011).

rez-García, & del Castillo (2016). El cultivo se hace con un nivel tecnológico bajo, no mecanizado, las prácticas agrícolas se hacen con ayuda de animales de tiro y herramientas manuales.

El régimen de cultivo es de temporal, el ciclo inicia con la roza y tumba en los meses de marzo y abril. En esta fase se cortan todos los arbustos, árboles pequeños y grandes para sacar la leña, todo esto con ayuda de animales de tiro, de forma similar a lo que reporta Aguilar et al. (2011). Enseguida, se limpia un carril de dos metros de ancho en la periferia (guardarraya), como medida de seguridad durante la quema de la materia orgánica, actividad realizada a mediados de mayo. Para minimizar los riesgos de propagación se contempla: las condiciones climatológicas, orientación y velocidad del viento.

La colaboración de amigos y familiares es clave en este sistema de producción, gracias a que se apoyan durante las labores agrícolas de mayor demanda, puede aumentar considerablemente la fuerza de trabajo, sucede lo mismo en estudios documentados en Guatemala y Chiapas (Lara Ponce et al., 2012; Sáenz-Leguizamón et al., 2023). De no ser así, sería muy difícil para el productor el desembolsar dinero para pagar jornales adicionales. Un número menor de personas involucradas en la RTQ incrementa los costos generales: tales como la apertura de caminos o construcción de brechas cortafuego (Cramb et al., 2009).

La siembra se realiza en la primera semana de junio, se utilizan 8 kg de semilla de maíz, 250 gramos de semilla de calabaza y 1 kilo de semilla de frijol, algunas personas tiran semillas de cilantro para que también puedan aprovechar el terreno y la lluvia, la composición de las semillas es similar a lo reportado por Pérez-García, & del Castillo (2016); ellos identificaron que el 53 % de las parcelas estudiadas están en asociación con frijol y calabaza.

Debido a la limitada mano de obra, el control de las arvenses se hace principalmente aplicando paraquat; herbicida para uso preemergente, que, si se utiliza después de la emergencia de la siembra, provoca que todas las arvenses que entren en contacto con el producto perezcan, por eso, no es posible aprovechar especies comestibles (Bautista-Zuñiga et al., 2005). La aplicación de herbicidas se debe a que, en parcelas itinerantes, con espacios de espera más reducidos, se ha confirmado mayor incidencia de ar-

Economic analysis

The production cycle consists of two years; however, to facilitate the analysis and comparison of activity in similar situations, the decision was made to report the results for one year (Table 1). The modeled RPU represents a maize plot in Oaxaca with an area of 0.5 ha, where S&B is practiced and hence referred to as OAMAS&B0.5. The following table summarizes the economic analysis.

Fertilizer (ammonium sulfate) accounts for 51 % of operating costs. Next is the cost of feeding draft animals (33 %) and wages (MX\$200 per workday⁻¹, 15 %). This latter expense arises in situations where the support of family and friends is insufficient to fulfill agricultural tasks, such as hauling firewood and maize whole-plant cutting. General expenses include tools and depreciable construction; in this case, minor tools, chainsaws, and warehouses are estimated to have a useful life of 15 years.

Finally, the concept that accounts for the largest proportion of costs is opportunity cost. This section encompasses the benefits that the producer foregoes when allocating the factors of production they own (land, labor, capital, and managerial skills) to maize production. If the producer were to rent the plot, they would receive MX\$750.00 per production cycle; this amount precisely represents the opportunity cost of the land. Similarly, if the producer were to allocate their labor to other activities, such as working as a farm laborer during the harvest and planting seasons, they would earn MX\$20,200.00 annually. The total annual opportunity costs amount to MX\$23,194.00 because they also include entrepreneurial activities and the cost of capital invested in the production unit (purchase of inputs, cost of pack animals, tools, and equipment).

The estimated annual maize production in the RPU is 880 kg·ha⁻¹, of which 90 % is for household consumption. The RPU's cash income amounts to MX\$3,581.25, comprising MX\$950.00 from maize sales, MX\$1,156.25 from chilacayote sales, and MX\$1,500.00 from government transfers provided to the producer by the PROCAMPO program. In this regard, Bautista-Zuñiga et al. (2005) identify that for 30 % of S&B farmers in Yucatán, the primary source of income comes from support from PROCAMPO rather than maize harvests.

venses (Pérez-García, & del Castillo, 2016), además de que los costos de producción se incrementan porque se requiere de mayor número de jornales para mantener a este tipo de plantas en un mínimo tolerable (Cerdeña et al., 2006).

Una vez que se realiza la primera escarda se fertiliza con sulfato de amonio; la cual se realiza con frecuencia entre la última semana de agosto y primera de septiembre. La segunda escarda se hace manualmente y se acompaña fertilizando con sulfato de amonio a finales de septiembre. En lo reportado por Aguilar-Jiménez et al. (2011), la escarda es la actividad cultural que requiere de más mano de obra, el autor reporta un total de 15 jornales por hectárea. Subsecuentemente, en octubre inicia la cosecha de elotes, que se consumen asados o cocidos, en atole y como ingredientes de varios guisos tradicionales (pinole, tamales, tlayudas, texmole, pozole). Cuando el grano madura, en diciembre se realiza el corte de la planta, para que termine de madurar y se proteja de la humedad, el zacate se agrupa y se acomoda en pequeños montículos en la parcela. En otros casos la planta es transportada con ayuda de animales de carga al domicilio del productor.

La pizca o cosecha manual del maíz ocurre en febrero. En abril, una vez que la mazorca está totalmente seca, se procede a desgranarla, las hojas se guardan para tamales, el zacate para alimentar a los animales, y se seleccionan las mazorcas que servirán de semilla para el siguiente ciclo. Se cierra el ciclo almacenando el maíz en tapancos o costales de ixtle en el interior del domicilio, destinándose la mayor parte para autoconsumo, el resto junto con el zacate se destina para alimentar animales de tiro y de traspatio; es un ciclo de producción muy similar a lo reportado por otros autores (Aguilar et al., 2011).

Análisis económico

El ciclo de producción consta de dos años, sin embargo, con el objetivo de facilitar el análisis y la comparación de la actividad en situaciones similares, se optó por reportar los resultados de un año (**Cuadro 1**). La URP modelada representa a una parcela de maíz en Oaxaca con una extensión de 0.5 ha, donde se practica la RTQ se denomina entonces OAMARTQ0.5, el siguiente cuadro resume el análisis económico.

Table 1. Production costs per plot in the slash-and-burn production system for the 2021 production cycle
Cuadro 1. Costos de producción por parcela en sistema de producción de roza, tumba y quema para el ciclo 2021

Costs / Costos	Cash Flow / Flujo de efectivo		Financial / Financiero		Economic / Económico	
	\$	% Total	\$	% Total	\$	% Total
<i>Operating expenses / Gastos de operación</i>						
Input Costs / Subtotal insumos	4 005.00	51 %	4 005.00	44 %	4 005.00	12 %
Other operating expenses / Otros gastos de operación	2 600.00	33 %	2 600.00	29 %	2 600.00	8 %
Labor / Mano de obra	1 200.00	15 %	1 200.00	13 %	1 200.00	4 %
<i>Operating expenses subtotal / Subtotal gastos de operación</i>	7 805.00	100 %	7 805.00	86 %	7 805.00	24 %
<i>General expenses / Gastos generales</i>	0.00	0 %	0.00	0 %	0.00	0 %
Depreciation / Depreciación	0.00	0 %	1 238.90	14 %	1 238.90	4 %
Overhead subtotal / Subtotal de gastos generales	0.00	0 %	1 238.90	14 %	1 238.90	4 %
<i>Opportunity costs / Costos de oportunidad</i>	0.00	0 %	0.00	0 %	0.00	0 %
Land (rent) / Tierra (renta)	0.00	0 %	0.00	0 %	750.00	2%
Capital invested in the production unit / Capital invertido en la unidad de producción	0.00	0 %	0.00	0 %	1 594.50	5 %
Labor / Mano de obra	0.00	0 %	0.00	0 %	20 200.00	63 %
Management activities / Actividades gerenciales	0.00	0 %	0.00	0 %	650.00	2 %
<i>Opportunity costs subtotal / Subtotal c. de oportunidad</i>	0.00	0 %	0.00	0 %	23 194.66	72 %
Total cost / Costo total	7 805.00	100 %	9 043.90	100 %	32 238.56	100 %
Revenue / Ingresos	3 581.25		3 581.25		20 736.25	
Balance	-4 223.75		-5 462.65		-11 502.31	

Note: Values expressed in Mexican pesos
Nota: Valores expresados en pesos mexicanos

In contrast, income includes agricultural products destined for on-farm consumption. This category includes the consumption of maize, totaling MX\$8,325.00, cornstalks MX\$3,700.00, firewood MX\$7,000.00, squash MX\$471.75, and corn MX\$83.25. In this RPU, in addition to maize consumption, available firewood is crucial for this activity, undoubtedly one of the most cherished products by the producers (Castillo-López et al., 2020).

Given that the income generated by the RPU is insufficient to cover cash flow, financial costs, and economic costs, it is possible to conclude that, under the methodology used to estimate financial viability, OAMAS&B0.5 is not viable in the long term (Sagarnaga et al., 2018). The interpretation is that if farmers were eventually allowed to allocate the factors of production (land, labor, capital, and entrepreneurial capacity) to an economic activity that provides better economic returns, they would quickly switch to this new activity. Hence, farmers prioritize subsistence farming as their primary objective.

These results align with those reported by Aguilar et al. (2011), who conclude that the net income from S&B agriculture in Chiapas is insufficient to sustain a farming family, so they resort to diversification. Farmers practice subsistence farming, as reported by Lara Ponce et al. (2012), which requires diversification of activities to meet family needs.

The inclusion of subsistence farming in the economic analysis does not fully reflect the benefits derived from this activity. This study demonstrates the high value of opportunity costs incurred by producers when allocating resources to predominantly on-farm consumption activities.

Impact assessments

In parallel with the benefits perceived by maize producers in the S&B system, there is extensive debate about the impact of this activity on the environment. This section analyzes some of these aspects regarding the surroundings of the community of San Francisco Coatlán, Oaxaca.

Evaluations are subjective opinions; however, in a situation where technological, time, and economic resources are limited, they acquire importance because they can convey the current state of the phenomenon under study. A significant part of the solu-

La compra de fertilizante (sulfato de amonio), supone el 51 % de los costos de operación. Enseguida está el costo de alimentación de los animales de carga (33 %) y finalmente el pago de jornales (\$ 200·jornal⁻¹, 15 %), este último concepto ocurre en situaciones en las que el apoyo de familiares y amigos no es suficiente para cumplir con las tareas agrícolas, ejemplo de ello es el acarreo de leña y el corte de zacate. En los costos generales se incluye las herramientas y construcciones susceptibles de depreciar; en este caso fue herramienta menor, motosierra y bodega se estima una vida útil de 15 años.

Finalmente, el concepto que agrupa mayor proporción de los costos es el costo de oportunidad. Este apartado agrupa los beneficios que el productor deja de percibir cuando destina los factores de producción de su propiedad (tierra, mano de obra, capital y gestión empresarial) a la producción de maíz. Si el productor rentara la parcela, recibiría \$ 750.00 por ciclo de producción, justo ese monto es el costo de oportunidad de la tierra. Del mismo modo, si el productor destina su fuerza de trabajo a otras actividades, como emplearse de jornalero agrícola durante el periodo de cosecha y siembra, estaría recibiendo anualmente \$ 20 200.00. El total anual de los costos de oportunidad asciende a \$ 23 194.00, porque, además se incluyen las actividades empresariales y el costo del capital invertido en la unidad de producción (compra de insumos, costo de animales de carga, herramienta y equipo).

La producción anual estimada de maíz en la URP es de 880 kg·ha⁻¹, de los cuales el 90 % de la producción es para autoconsumo. El ingreso en efectivo que dispone la URP es de \$ 3 581.25, se compone de la siguiente forma; \$ 950.00 por la venta de maíz, \$ 1 156.25 por la venta de chilacayote y finalmente \$ 1 500.00 producto de transferencias que el gobierno hace llegar al productor mediante el programa PROCAMPO. A este respecto Bautista-Zuñiga et al. (2005), identifican que para 30 % de los agricultores de RTQ en Yucatán, los ingresos principales consisten en el apoyo de PROCAMPO y no necesariamente de la cosecha de maíz.

En contraparte, en los ingresos económicos se contabilizan los productos agrícolas destinados al autoconsumo. En este rubro se enlistan el consumo de maíz \$ 8 325.00, zacate \$ 3 700, leña \$ 7 000.00, cala-

Table 2. Impact perceptions of S&B practitioners in San Francisco, Coatlán

Cuadro 2. Percepción de impacto de productores que realizan RTQ en San Francisco Coatlán

Negative impact from S&B (%) / Impacto negativo por la RTQ (%)	Stop practicing S&B?, ¿Dejar de realizar la RTQ?	
	No (58 %)	Yes /Sí(42%)
Soil* / Suelo*	8.3	31.25
Rain* / Lluvia*	10.4	22.9
Air / Aire	8.3	12.5
Native plants* / Plantas nativas*	2	20.8
Native animals* / Animales nativos*	4.1	22.9

A chi-square test was performed. Variables with association between groups * $P < 0.05$

The cell value portrays the % of farmers who rated the impact as "high" in the evaluated category.

Prueba realizada X2. Variables con asociación entre grupos * $P < 0.05$

El valor de la celda retrata el % de agricultores que calificaron con "alta afectación" en la categoría evaluada

tion to the problems derived from the S&B system is for those who use it to identify the negative impacts. Based on this, producers may seek alternatives to mitigate them, as demonstrated by ecological burnings, which use fire to preserve or improve ecological processes, ceasing to be a common practice and being reserved for particular occasions (Santín and Doerr, 2016).

A chi-square test was conducted to identify whether there is an association between producers' willingness to stop practicing S&B and environmental impact perceptions among groups, according to the perceptions expressed by the interviewees (Table 2). Fifty-eight percent of the interviewed producers are not willing to stop this practice. They argue that without it, there would be no harvest, they do not have enough land, and burning is cheaper and more manageable. Those willing to stop it (42 %) would do so only if agroecological management practices were adopted, allowing them to continue producing maize for on-farm consumption. Producers perceive the most significant benefits of practicing S&B to be nutrient incorporation into the soil, availability of land for cultivation, and reduction of pests and diseases.

When analyzing the difference between groups, regarding the question "Do you perceive a high impact on soil, rain, air, or native animals and plants due to S&B practice?" statistical differences are identified between those willing to stop S&B and those not

baza \$ 471.75 y elotes \$ 83.25; en esta URP además del consumo del maíz, la leña disponible es clave para esta actividad, es sin duda uno de los productos más atesorados por los productores (Castillo-López et al., 2020).

Dado que, los ingresos que genera la URP no son suficientes para cubrir flujo de efectivo, costos financieros y costos económicos, es posible decir que, bajo la metodología empleada para estimar la viabilidad financiera, OAMARTQ0.5 es inviable en el largo plazo (Sagarnaga et al., 2018).

La lectura de esto es que si eventualmente tuvieran la oportunidad de emplear los factores de producción (tierra, mano de obra, capital y capacidad empresarial) en una actividad económica que retribuya mejores beneficios económicos, los agricultores cambiarían a esta nueva actividad rápidamente. Lo que sostiene que los agricultores tienen como principal objetivo el autoconsumo.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Aguilar et al. (2011), quienes concluyen que los ingresos netos de la agricultura de RTQ en Chiapas, son insuficientes para sostener a una familia campesina, razón por la que recurren a la diversificación. Los agricultores practican una producción campesina de subsistencia, en la que, al igual que lo reportado por Lara Ponce et al. (2012), requieren de, diversificar actividades para cumplir con las necesidades familiares.

La inclusión del autoconsumo en el análisis económico no refleja en su totalidad los beneficios derivados de esta actividad. Este trabajo demuestra el alto valor de los costos de oportunidad en los que incurre un productor cuando destina sus recursos para una actividad predominantemente de autoconsumo.

Apreciaciones de impacto

En paralelo a los beneficios que perciben los productores de maíz en el sistema RTQ, existe un amplio debate sobre el impacto que ocasiona esta actividad al ambiente. En este apartado se analizan algunos de estos aspectos en relación con el entorno de la comunidad de San Francisco Coatlán, Oaxaca.

Las apreciaciones son opiniones de carácter subjetivo, sin embargo, en una situación en la que los recursos de tipo tecnológico, de tiempo y económicos son limitados, adquieren importancia porque son capaces de transmitir el estado actual del fenómeno de estudio.

willing to stop S&B. The statistical analysis within groups reveals that the perception of environmental impact on soil, rain, and native plants and animals significantly differs between those willing to stop S&B and those not willing to do so. The variable "air" is the only one that does not show statistical differences between the groups.

The results demonstrate that maize producers acknowledge soil degradation, such as the presence of gullies; these findings align with those of Santín & Doerr (2016), who mention that fire can affect the physical, chemical, and biological properties of soil. However, they also clarify that while controlled or human-induced burns do not have significant direct impacts, as they only affect the surface layer of the soil, they do contribute to negative alterations in the soil due to indirect effects.

On the other hand, cases have been documented in which switching from S&B agriculture to sedentary agricultural systems considerably reduces the diversity of herbaceous species in the crop. Consequently, it promotes the prevalence of white maize while diminishing the number of blue and yellow varieties. Thus, S&B agriculture plays a role in preserving biodiversity and agrobiodiversity (Pérez-García and del Castillo, 2016).

Regarding farmers' perception of the impact that S&B agriculture has on the quantity and quality of rainwater, the impact identified by farmers willing to cease S&B is notably higher. This is evidenced by results indicating that the main issue for S&B producers is the difficulty in predicting and maintaining rainfall, both in terms of agricultural productivity and the recharge of aquifers for agricultural and household use (Bautista-Zuñiga et al., 2005).

Farmers perceive that the main impact on native plants and animals is a decrease in their population density, which results from changes in their natural habitat and soil composition. Animals that were once fully integrated into the environment are no longer easily seen, such as quail, rabbits, and deer. The same occurs with native plants, especially those used for medicinal and culinary purposes. These findings are consistent with those reported by Bautista-Zuñiga et al. (2005).

The main reason farmers continue to use the S&B system is that the orographic and vegetation condi-

Parte sustancial de la solución a los problemas derivados del sistema de RTQ, es que, quienes hacen uso de ella identifiquen los impactos negativos.

A partir de ello, es posible que los productores busquen alternativas para mitigarlos, tal como se ha demostrado con las quemas ecológicas -que utilizan al fuego para la preservación o mejora de los procesos ecológicos- dejan de ser una práctica común y se reservan para ocasiones particulares (Santín, & Doerr, 2016).

Se realizó una prueba de X^2 para identificar si existe asociación entre la disposición de los productores a dejar de realizar la RTQ y las percepciones de impacto ambiental entre grupos, de acuerdo con las percepciones que emitieron los entrevistados (Cuadro 2).

El 58 % de los productores entrevistados no están dispuestos a dejar de realizar esta práctica, argumentan que no se daría la cosecha, que no cuentan con terreno suficiente, y que es más barato y fácil quemar. Quienes si lo están (42 %), lo harían, siempre y cuando se adopten manejos agroecológicos que les permitan seguir produciendo maíz para autoconsumo. Los beneficios que los productores perciben como los más importantes al realizar RTQ son: incorporación de nutrientes al suelo, disponer de terreno para su cultivo y disminución de plagas y enfermedades. Al analizar la diferencia entre grupos, ante la pregunta ¿Percibe una afectación alta en el suelo, la lluvia, el aire o los animales y las plantas nativas, producto de la práctica de RTQ?, se identifican diferencias estadísticas entre quienes están dispuestos a dejar de practicar la RTQ y quienes no. El análisis estadístico dentro de grupos revela que, la percepción de impacto ambiental en el suelo, la lluvia, y las plantas y animales nativos, son estadísticamente diferentes entre quienes están dispuestos a dejar de hacer RTQ y quienes no. La variable aire es la única que no tiene diferencias estadísticas entre grupos.

Los resultados demuestran que los productores de maíz reconocen afectación en el suelo, tales como la presencia de cárcavas; estos resultados concuerdan con lo encontrado por Santín, & Doerr (2016), quienes mencionan que el fuego tiene la capacidad de afectar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Sin embargo, también aclaran que, si bien las quemas controladas o inducidas por el ser humano no tienen impactos significativos directos, ya que solo afectan los primeros centímetros del suelo; sin

tions of the area do not allow them to establish permanent plots; the terrain is steep, and they lack the capital to rent machinery to condition the land. Working on conventional plots would result in very low productivity, and the soil would be exposed to constant desertification processes (Aguilar et al., 2011).

Marquardt et al. (2013) describe improved fallowing as another alternative to preventing soil degradation. This method involves selecting beneficial perennial species for the ecosystem during regrowth, such as zapote, avocado, and oak trees, from which it is possible to obtain firewood and food. This technique ensures that perennial crops dominate the landscape in a shorter time when annual crops are no longer sustainable.

Finally, any alternative management restricting S&B agriculture must include strategies that ensure agrobiodiversity conservation and prevent associated land degradation due to weed infestation (Pérez-García and del Castillo, 2016).

Use of maize

While studies demonstrating the need to make positive changes in the S&B system to mitigate its adverse effects are significant, it is also crucial to understand the farmer's logic. Delving into the reasons that prevent this change is the first step in seeking solutions to the problem. Therefore, the perception of producers regarding the importance of this production system was analyzed (Table 3).

The results of this research show that there are no statistical differences between groups (practicing or not practicing S&B agriculture) in the following variables: percentage of family income, percentage of maize-based diet, and kilograms per week of maize consumption for human consumption. The only variable with statistical differences is the kilograms of maize allocated for animal consumption. This fact highlights that, in addition to meeting human consumption needs, allocating resources to maize production is substantial because it allows for diversification of product portfolios, particularly for farmers unwilling to abandon S&B agriculture. This adds value and provides goods that are easily marketable, which serve an important social function in times of emergency (García-Navarro et al., 2022; Hellin et al., 2013).

embargo, si contribuyen a que el suelo sufra alteraciones negativas por efectos indirectos.

Por otro lado, se han documentado casos, en los que cambiar la agricultura de RTQ por sistemas agrícolas sedentarios, disminuye considerablemente la diversidad de especies herbáceas en el cultivo. Con ello, se fomenta la presencia del maíz blanco y se reducen las variedades azul y amarillo; de modo que la agricultura de RTQ ayuda a preservar la biodiversidad y la agrobiodiversidad (Pérez-García, & del Castillo, 2016).

En referencia a la apreciación que tienen los agricultores sobre el impacto que genera la RTQ sobre la cantidad y calidad de agua de lluvia, es notablemente más alta la afectación que identifican los productores dispuestos a dejar la RTQ. Tal como lo demuestran resultados en los que el principal problema para los productores de RTQ es la dificultad en la predicción y la continuidad de las lluvias, esto en términos de productividad agrícola, sin embargo, también es importante para la recarga de mantos freáticos destinados al uso agrícola y del hogar (Bautista-Zuñiga et al., 2005).

Los productores perciben que la principal afectación en plantas y animales nativos es la disminución en su densidad de población, consecuencia del cambio en su hábitat natural y en la composición del suelo. Animales que vivían plenamente integrados en el ambiente ya no se ven con facilidad, tales como: codorniz, conejo y venado. Sucede lo mismo con las plantas nativas, especialmente aquellas utilizadas con fines medicinales y de consumo humano. Estos datos son consistentes con lo reportado por (Bautista-Zuñiga et al. (2005).

La principal razón por la que los agricultores siguen empleando el sistema de RTQ, es que las condiciones orográficas y de vegetación de la zona no les permiten el establecimiento de parcelas permanentes; tienen alta pendiente y carecen de capital para rentar maquinaria que acondicione el terreno. Si trabajaran parcelas convencionales, la productividad sería muy baja y el suelo estaría expuesto a constantes procesos de desertificación (Aguilar et al., 2011).

Otra alternativa a la degradación es la descrita por Marquardt et al. (2013), que es el barbecho mejorado. En esta técnica, durante el rebrote, se seleccionan especies perenes benéficas para el ecosistema y de las que se pueden obtener leña y alimentos; ejemplo

Table 3. Contribution and use of maize according to the willingness to cease S&B practice. San Francisco Coatlán
Cuadro 3. Aporte y utilización del maíz según disposición a dejar de realizar RTQ. San Francisco Coatlán

Regarding maize cultivation / Con relación al cultivo de maíz	Stop practicing S&B? / ¿Dejar de realizar la RTQ?	
	No	Yes / Si
N	29	21
Percentage of household income / Porcentaje de ingreso familiar	65.3 ± 26.6 ^a	69.2 ± 25.7 ^a
Percentage of diet based on maize / Porcentaje de la dieta basada en el maíz	73.2 ± 21.3 ^a	70.9 ± 20.0 ^a
Kilograms per week for human consumption / Kilogramo por semana consumo humano	11.2 ± 6.1 ^a	12.9 ± 10.0 ^a
Kilograms per week for animal consumption / Kilogramo por semana consumo animal	6.3 ± 8.7 ^a	3.9 ± 3.5 ^b

Test conducted: Student's t-test. Figures with different letters indicate statistical differences ($P < 0.05$).

Source: Own elaboration based on data obtained from interviews.

Prueba realizada: t de student. Cifras con diferente literal presentan diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en las entrevistas.

The primary and most significant objective of S&B-based production is on-farm consumption (Castillo-López et al., 2020). In reality, the producer values, in addition to maize grains, the crop residues and other by-products that serve as feed for backyard and pack animals.

If maize production were valued as a product sold by the farmer in the local market, it would represent income for the family. This provides a quick way to calculate the economic benefits generated by maize cultivation, although it overlooks other benefits such as firewood, construction materials, baskets, containers, and medicines. Social benefits are particularly notable, and the loss of these resources has both direct and indirect economic implications (Cramb et al., 2009).

Backyard livestock farming practiced by farmers is considered a strategy that frequently provides protein-rich food for their tables. The species they commonly raise are poultry, rabbits, and, to a lesser extent, sheep or goats. These animals serve rural families to combat poverty by being used for household consumption or as a source of income during economic hardship (García-Navarro et al., 2022). Therefore, backyard farming serves economic functions by supplementing the diet and providing income and social status, thus playing a significant role in the local culture regarding relationships with peers (Hellen et al., 2013).

de ello son zapote, aguacate y encinos. Esta acción ocasiona que, en un horizonte de tiempo más corto, cuando los cultivos anuales ya no sean propicios, los cultivos perenes dominen el monte.

Por último, cualquier manejo alternativo destinado a restringir la agricultura de RTQ debe incluir estrategias que aseguren la conservación de la agrobiodiversidad, así como la prevención de la degradación de la tierra asociada, con la infestación de malezas (Pérez-García, & del Castillo, 2016).

Empleo del maíz

Si bien, son importantes los estudios que demuestran la necesidad de hacer cambios positivos en el sistema RTQ, que ayuden a mitigar los efectos negativos de éste; también es importante entender la lógica del agricultor, adentrarse en las razones que evitan este cambio es el primer paso en la búsqueda de soluciones a la problemática. Por ello, se analizó la percepción de los productores sobre la importancia de este sistema de producción (Cuadro 3).

Los resultados de esta investigación muestran que no existen diferencias estadísticas entre grupos (realizar o no agricultura de RTQ) en las siguientes variables: porcentaje de ingreso familiar, porcentaje de dieta basada en maíz y kilogramos por semana de consumo humano de maíz. La única variable con diferencias estadísticas es, kilogramos de maíz destinados al consumo animal. Este hecho pone en evidencia que,

Conclusions

S&B agriculture, under conventional financial and economic analysis, fails to cover cash flow or financial and economic costs. This is due to the insufficient elements provided by the study methodology to conclude the viability of this activity, particularly considering that farmers prioritize meeting on-farm consumption demand over generating economic income from it. It is an activity that preserves forms of association and promotes community work—characteristics that have persisted for centuries. Therefore, it is concluded that the S&B system is an integral part of farmers' livelihoods and a means by which they integrate with their territory. Once farmers acknowledge a significant environmental impact, they are assumed to be willing to leave or make changes to the S&B system. The necessity to meet on-farm consumption needs conditions the possibility of switching to more environmentally friendly agroecological techniques.

Se concluye, que la principal razón por la que los agricultores no dejan de practicar la RTQ es el maíz producido que destinan a la ganadería de traspatio. La lógica de pensamiento campesino se refuerza porque la ganadería de pequeñas especies les permite enriquecer su dieta, es un bien de fácil comercialización y añade estatus en la posición social del agricultor. La integración de la agricultura de subsistencia y la ganadería de traspatio son actividades que aseguran la suficiencia alimentaria para el productor, además de obtener leña, plantas comestibles y medicinales. Este sistema de producción genera satisfactores sociales y culturales, que escapan del alcance de esta investigación y que tendrán que ser considerados en investigaciones futuras.

It is concluded that the primary reason farmers continue S&B agriculture is the maize they produce for backyard livestock farming. The logic of peasant thinking is reinforced because small livestock farming allows them to enrich their diet, provides easily marketable goods, and enhances the farmer's social status. The integration of subsistence agriculture and backyard livestock farming ensures food self-sufficiency for the producer, along with access to firewood, edible plants, and medicinal herbs. This production system generates social and cultural sa-

además de cubrir necesidades de consumo humano, dedicar los recursos a producir maíz, es sustancial, porque permite diversificar la cartera de productos, particularmente para agricultores que no están dispuestos a dejar atrás la RTQ. Con ello, agregan valor y se hacen de bienes de fácil comercialización, que en caso de emergencia cumplen una función social importante (García-Navarro et al., 2022; Hellin et al., 2013).

El objetivo principal y más significativo de la producción basada en el sistema RTQ es el autoconsumo (Castillo-López et al., 2020), en realidad el productor valora – además del maíz en grano– los esquilmos de cosecha y demás subproductos que sirven de alimento para animales de traspatio y carga.

Si se valorara la producción de maíz como un producto que el agricultor pusiera a la venta en el mercado local, reflejaría un ingreso para la familia. Esta es una forma rápida de contabilizar los beneficios económicos que genera el cultivo de maíz, aunque, desde luego, deja de lado otros beneficios, como leña, materiales de construcción, canastas, recipientes, medicinas, entre otros. Destacan los beneficios de tipo social, la pérdida de estos recursos tiene implicaciones económicas directas e indirectas (Cramb et al., 2009).

La ganadería que practican los agricultores es considerada de traspatio, la practican como estrategia que pone en sus mesas, con relativa frecuencia, alimentos de carácter proteico. Frecuentemente, las especies que crían son aves de corral, conejos y en menor cantidad ovinos o caprinos; las cuales, para las familias rurales son un medio para enfrentar la pobreza; al ser utilizadas para autoconsumo o como fuente de ingresos en momentos de emergencia económica (García-Navarro et al., 2022). Por lo tanto, el traspatio tiene funciones económicas de compensación de la dieta y fuente de ingresos, así como también de estatus; pues juega un papel muy importante en la cultura local respecto a la relación con sus iguales (Hellin et al., 2013).

Conclusiones

La agricultura de RTQ, bajo un análisis financiero y económico convencional no cubre el flujo de efectivo, ni los costos financieros y económicos, esto se debe a que la metodología de estudio utilizada no ofrece suficientes elementos para concluir

tisfaction beyond the scope of this research, which will need to be considered in future investigations.

End of English version

References / Referencias

- Aguilar-Jiménez, C. E., Tolón-Becerra, A., & Lastra-Bravo, X. (2011). Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 43(1), 155–174.
- Aguilar, J. C., Tolón, B. A., & Lastra, B. X. (2011). Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 43(1), 155–174.
- Bautista-Zuñiga, F., García, J., & Mizrzi, A. (2005). Diagnóstico campesino de la situación agrícola en Hocabá, Yucatán. *TERRA Latinoamericana*, 23(4), 571–580.
- Castillo-López, E., Marín-Collí, E. E., López-Tolentino, G., Chi, J. A. J., & Muñoz-Osorio, G. A. (2020). Perspectivas del sistema milpa en Yucatán. *Bioagrobiología*, 14(2), 13–22.
- Cerda, C., Heriberto, E., Alejandro, R., & *Latinoamericana*, T. (2006). Investigación participativa en la milpa sin quema. *Terra*.
- Cramb, R. A., Pierce Colfer, C. J., Dressler, W., Laungaramsri, P., Le, Q. T., Mulyoutami, E., Peluso, N. L., & Wadley, R. L. (2009). Swidden transformations and rural livelihoods in southeast asia. *Human Ecology*, 37(3), 323–346. <https://doi.org/10.1007/s10745-009-9241-6>
- FAO Comité de agricultura. (2022). Vínculos entre la agricultura y las actividades forestales.
- Gamero-Gamero, A. M., Delgadillo, J., Cortes-Flores, J. I., Velasco-Velasco, J., & Velasco-Cruz, C. (2020). Propiedades del suelo afectadas por el tiempo de descanso en un sistema de roza-tumba-quema. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.19136/era.a7n1.2098>
- García-Navarro, M., Ramírez-Valverde, B., Cesín-Vargas, A., & Juárez-Sánchez, P. (2022). Ganadería familiar de traspatio en una comunidad indígena totonaca. *Abanico Veterinario*, 12, 1–16.
- Gay-des-Combes, J. M., Robroek, B. J. M., Hervé, D.,

sobre la viabilidad de esta actividad, sobre todo, considerando que los agricultores buscan satisfacer la demanda de autoconsumo antes que generar ingresos económicos por ello. Es una actividad que preserva formas de asociación y fomenta el trabajo comunitario, particularidades que han persistido durante siglos. Por lo tanto, se concluye que el sistema de RTQ es parte importante de los medios de vida para los agricultores, es una forma en la que se integran con su territorio. Una vez que los agricultores reconocen un fuerte impacto ambiental, se asumen dispuestos a dejar o a hacer cambios en el sistema de RTQ. La posibilidad de cambiar a técnicas agroecológicas más amigables está condicionada por la necesidad de cubrir las necesidades de autoconsumo.

Se concluye, que la principal razón por la que los agricultores no dejan de practicar la RTQ es el maíz producido que destinan a la ganadería de traspatio. La lógica de pensamiento campesino se refuerza porque la ganadería de pequeñas especies les permite enriquecer su dieta, es un bien de fácil comercialización y añade estatus en la posición social del agricultor. La integración de la agricultura de subsistencia y la ganadería de traspatio son actividades que aseguran la suficiencia alimentaria para el productor, además de obtener leña, plantas comestibles y medicinales. Este sistema de producción genera satisfactores sociales y culturales, que escapan del alcance de esta investigación y que tendrán que ser considerados en investigaciones futuras.

Fin de la versión en español

- Guillaume, T., Pistocchi, C., Mills, R. T. E., & Buttler, A. (2017). Slash-and-burn agriculture and tropical cyclone activity in Madagascar: Implication for soil fertility dynamics and corn performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 239, 207–218. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.010>
- Hellin, J., Erenstein, O., Beuchelt, T., Camacho, C., & Flores, D. (2013). Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop-livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*, 153, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.014>

- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2012). Síntesis estadística municipal.
- Lara Ponce, E., Caso Barrera, L., & Aliphath Fernández, M. (2012). El sistema milpa roza, tumba y quema de los maya itzá de San Andrés y San José, Petén, Guatemala. *Ra Ximhai*, 71–92. <https://doi.org/10.35197/rx.08.02.e.2012.06.el>
- Marquardt, K., Milestad, R., & Salomonsson, L. (2013). Improved fallows: A case study of an adaptive response in Amazonian swidden farming systems. *Agriculture and Human Values*, 30(3), 417–428. <https://doi.org/10.1007/s10460-012-9415-5>
- Mijangos-Cortés, J. O., Simá-Gómez, J. L., & Ku-Pech, E. M. (2019). Revalorizando a la milpa maya en Yucatán: Incremento de la capacidad productiva. *Desde El Herbario CICY*, 11, 180–184.
- Pérez-García, O., & del Castillo, R. F. (2016). The decline of the itinerant milpa and the maintenance of traditional agrobiodiversity: Crops and weeds coexistence in a tropical cloud forest area in Oaxaca, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 228, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.05.002>
- Sáenz-Leguizamón, G. L., Guevara-Hernández, F., González-Cabañas, A. A., & LA O-Arias, M. A. (2023). Agroecosistemas tradicionales del trópico mexicano: Los “bajíos” de Chiapas y sus características en el contexto actual. *Revista de Ciencias Sociales*, XXIX(2), 108–122. <https://doi.org/10.31876/rcs.v29i2.39964>
- Sagarnaga, V. L. M., Salas, G. J. M., & Aguilar, Á. J. (2018). Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera en Unidades Representativas de Producción. In: *Serie Metodologías y herramientas para la investigación Volumen 6* (Issue August 2019).
- Santín, C., & Doerr, S. H. (2016). Fire effects on soils: The human dimension. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696), 28–34. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0171>
- SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. (2015rh ed.). <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>
- Statistical Analysis System (SAS). (2004). User's Guide, Version 9. SAS.