

---

**Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical**, Año 2, Volumen 2, Núm. 1, enero-junio de 2022, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma Chapingo, a través de la Unidad Regional Universitaria Sursureste, con domicilio en Km 7 Carretera Teapa – Vicente Guerrero C.P. 86800 Teapa, Tabasco, México, Página electrónica: <https://chapingo-cori.mx/rchsa>, Correo electrónico: RGONZALEZG@chapingo.mx. Editor responsable: Dr. Roberto González Garduño.

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No.: **En trámite**, ISSN: **En trámite**, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor

Responsable de la última actualización de este número, Coordinación de Revistas Institucionales de la Universidad Autónoma Chapingo, Oficina 113, edificio Dr. Efraím Hernández X. km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, fecha de la última modificación, 30 de junio 2022.

---

### **Directorio de la UACH**

Dr. José Solís Ramírez  
Rector

Dr. Artemio Cruz León  
Director General Académico

Dr. Arturo Hernández Montes  
Director General de Investigación y Posgrado

M. I. Ma. Magdalena Sánchez Astello  
Directora General de Difusión Cultural y Servicio

Q. F. B. Hilda Flores Brito  
Directora General de Administración

Dr. Victor Manuel Mendoza Castillo  
Director General de Patronato Universitario

Dr. Eugenio E. Santacruz de León  
Coordinador de Revistas Institucionales

Dr. Roberto González Garduño  
Editor Principal

### **Traductores**

M.C. Sacnite Yeyetzi López Gonzaga  
Lic. Alejandra Cortés Ponce  
José Miguel Muñoz Pérez

### **Corrección de estilo:**

Aurora González Calderón

### **Diseño editorial**

M.D. Carlos de la Cruz Ramírez  
Lic. Marieli Haide Martínez Pedraza  
Mayte Ayala Ibarra

### **Fotografía de portada:**

Crecimiento de moringa - Roberto González Garduño

# Presentación

REVISTA CHAPINGO SERIE AGRICULTURA TROPICAL

VOL. 2, NÚM. 1, ENERO-JUNIO 2022

En el primer número del segundo volumen de la **Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical** se abordan diversas maneras de tratar la problemática ambiental y sus repercusiones.

En primera instancia, se estudia el aprovechamiento de plantas conocidas como verduras que se encuentran asociadas a un cultivo tan importante como es el maíz y que también se encuentran en los huertos familiares en el estado de Chiapas, para promover su uso se propuso conocer la diversidad y recuperar los conocimientos asociados a su manejo, lo que permite el aprovechamiento de recursos naturales que de otra manera se considerarían arvenses y que aportan una diversidad de funciones entre las que se puede destacar la medicinal, artesanal y comestible, incluso, algunas con uso psicoactivo y otras, con uso lúdico.

Otro aspecto importante que se aborda en este número es la zonificación del cultivo de la palma de aceite, también en el estado de Chiapas, en donde existe una gran cantidad de ecosistemas que permiten la alta diversidad de cultivos, entre los que se encuentran zapote, mango, cacao, café, caña de azúcar y otros más recientes como rambután, lichi y otros más de gran importancia económica.

La palma de aceite ha tenido en los últimos años un amplio desarrollo por el impulso que el gobierno ha promovido para incrementar la superficie productiva, por lo que es importante caracterizar las condiciones edafoclimáticas propicias para su desarrollo que mejoren la productividad y sea fuente de desarrollo social.

En este mismo sentido se aborda el tema de intervenciones comunitarias en los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca, bajo un contexto socioambiental:

buenas prácticas en la conservación desde el sur de México, en el que se aborda el tema de recursos naturales, conflictos, educación ambiental y, se procura un buen desarrollo de las comunidades donde se interviene, esto, además de que tratan los principales problemas a los cuales se enfrenta la sociedad actual.

Por otra parte, se aborda la interacción entre los sistemas naturales y sociales para moldear la dinámica de la biodiversidad de especies y ecosistemas, por lo que se trata de evitar la expansión de los sistemas agropecuarios convencionales para reducir la fragmentación acelerada de los ecosistemas y por ello la resiliencia ecológica, entendida como la habilidad y capacidad que tienen los ecosistemas para afrontar, amortiguar y resistir perturbaciones a distintas escalas espacio-temporales, puede ayudar a evitar riesgos en las actividades agropecuarias, debido a la vulnerabilidad de los sistemas de producción y, por ello, un artículo trata de proponer lineamientos metodológicos que faciliten el proceso de gestión de la resiliencia.

No menos importantes son los estudios sobre los cultivos de maíz y frijol en el estado de Nayarit en los que se busca desarrollar sistemas de producción basados en agricultura tradicional pero adaptados a las condiciones modernas actuales, y por otra parte, los estudios con vegetación usada como sombra en cafetales y su capacidad de enfriamiento, ayudan a condensar agua a partir de la humedad atmosférica y reducir los cambios ambientales en la adaptación ecológica de las especies de interés económico.

**Roberto González Garduño**

*Editor Principal*



# Índice

---

REVISTA CHAPINGO SERIE AGRICULTURA TROPICAL

AÑO 2, VOLUMEN 2, NÚM. 1, ENERO-JUNIO 2022

- 5 Diversity, abundance, and uses of vegetables in *milpas* within a Tsotsil community of Huitiupán, Chiapas**  
Diversidad, abundancia y usos de las verduras de las milpas en una comunidad tsotsil de Huitiupán, Chiapas  
Guadalupe Morales Valenzuela; Dalia Marisol Hernández López; José Padilla Vega
- 17 Agro-ecological zoning for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) in Soconusco, Chiapas, Mexico**  
Zonificación agroecológica para palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en el Soconusco, Chiapas, México  
Victorino Gómez Valenzuela; Teodoro Pérez Castillo;  
Rigoberto Jiménez Ramírez; Deysi Yadira Marcial Bautista;  
Francisco Javier Méndez Álvarez; Darwin Josman Méndez Cifuentes;  
Jorge Alberto Pérez Blas; Cesar Reymundo Santiz López;  
José Germán Tzopitl Cuicahua; Amilenne Zavaleta Grijalva
- 33 Cooling capacity and condensation of atmospheric humidity of shade trees in coffee plantations from the Pluma Hidalgo region, Oaxaca**  
Capacidad de enfriamiento y condensación de humedad atmosférica de los árboles de sombra en cafetales de la región Pluma Hidalgo, Oaxaca  
Mario Castelán Lorenzo
- 45 Topological arrangements in the intercropping of maize and bean in the state of Nayarit, Mexico**  
Arreglos topológicos en el cultivo intercalado de maíz y frijol en el estado de Nayarit, México  
Marco Antonio Medina Covarrubias; Beatriz Guillermina Arrieta Ramos;  
Víctor Manuel Jiménez Meza; Karina Pérez Robles
- 59 Community interventions in the socioenvironmental context: good practices in the preservation of southern Mexico**  
Intervenciones comunitarias en el contexto socioambiental: buenas prácticas en la conservación desde el sur de México  
Julio César Chávez Luis; Erasmo Velázquez Cigarroa; Andrea Venegas Sandoval
- 77 Methodological proposal to manage ecosystem resilience of natural protected areas in Colombia**  
Propuesta metodológica para gestionar la resiliencia ecosistémica de áreas naturales protegidas en Colombia  
Edward Pascuas Rengifo; Mary Brigén Basto Monsalve; Juan Camilo Fontalvo Buelvas



EN

## Diversity, abundance, and uses of vegetables in *milpas* within a Tsotsil community of Huitiupán, Chiapas

ES

## Diversidad, abundancia y usos de las verduras de las *milpas* en una comunidad tsotsil de Huitiupán, Chiapas

Guadalupe Morales Valenzuela\*; Dalia Marisol Hernández López; José Padilla Vega

Universidad Intercultural del Estado de Tabasco. Carretera Oxolotán-Tacotalpa  
km 1, Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco, C. P. 86890, México.

\*Corresponding author:  
gpemorales74@hotmail.com

Received: September 9, 2021 /  
Accepted: December 1, 2021

DOI:  
10.5154/r.rchsat.2021.03.01

### Abstract

*Quelites* are edible wild plants, which are known as vegetables in some regions of the state of Chiapas and grow regularly in *milpas* and home gardens. The objective of this work is to know the diversity, abundance, and uses of vegetables in the *milpas* of Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas. Quantitative and qualitative methods were used, mainly the ethnographic approach. The techniques used were the in-depth interview, participant observation and the sampling of the vegetables present in 10 *milpas*. Eight species of vegetables were found: white blackberry nightshade (*Solanum nigrescens*), purple blackberry nightshade (*Solanum americanum*), *cuña* or *cuñay* (*Witheringia meiantha*), common sowthistle (*Sonchus oleraceus*), *tsuy* (*Liabum glabrum* or *Sinclairia discolor*), mustard (*Brassica juncea*) and two varieties of cauliflower (*Brassica* sp). The most abundant species were purple blackberry nightshade, mustard and the two varieties of cauliflower. These species are the most important for the consumption of the peasant families of Sombra Carrizal. The most common forms of preparation are cooked, fried, grilled, and raw. In some cases, they are used as fodder plants to feed backyard animals and when there are surpluses they are marketed within the community. Most of the identified species are naturally propagated, however, in the case of cauliflower, it requires farmers to spread the seeds in the fields. Despite the loss of knowledge about their management and the increase in the use of herbicides, vegetables are still present in the fields of Sombra Carrizal.

**Keywords:** Edible leaves, conservation, peasant.

### Resumen

Los *quelites* son plantas silvestres comestibles, las cuales se conocen como verduras en algunas regiones del estado de Chiapas y crecen regularmente en las *milpas* y huertos familiares. El objetivo del presente trabajo es conocer la diversidad, abundancia y usos de

**Please cite this article as follows (APA 6):** Morales Valenzuela, G., Hernández López, D. M., Padilla Vega, J. (2022). Diversity, abundance, and uses of vegetables in *milpas* within a Tsotsil community of Huitiupán, Chiapas. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 2(1), 5-16. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsat.2021.03.01>

las verduras en las milpas de Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas. Se utilizaron métodos cuantitativos y cualitativos, principalmente el enfoque etnográfico. Las técnicas empleadas, fueron la entrevista a profundidad, observación participante y el muestreo de las verduras presentes en 10 milpas. Se encontraron ocho especies de verduras: hierbamora blanca (*Solanum nigrescens*), hierbamora morada (*Solanum americanum*), cuña o cuñay (*Witheringia meiantha*), chicorio (*Sonchus oleraceus*), tsuy (*Liabum glabrum* o *Sinclairia discolor*), mostaza (*Brassica juncea*) y dos variedades de coliflor (*Brassica* sp). Las especies más abundantes fueron la hierbamora morada, la mostaza y las dos variedades de coliflor. Estas especies son las más importantes para el consumo de las familias campesinas de Sombra Carrizal. Las formas de preparación más comunes son cocido, frito, asado y crudo. En algunos casos se aprovechan como plantas forrajeras para la alimentación de animales de traspatio y cuando hay excedentes se comercializan al interior de la comunidad. La mayoría de las especies identificadas se propagan de manera natural. Sin embargo, en el caso de la coliflor, requiere que los campesinos esparzan las semillas en los campos de cultivo. A pesar de la pérdida de conocimiento sobre su manejo y el incremento en el uso de herbicidas, las verduras siguen presentes en las milpas de Sombra Carrizal.

**Palabras clave:** Hojas comestibles, conservación, campesino.

## Introduction

The name *quelite* comes from the Nahuatl word *quilitl* that is interpreted as edible wild plants or vegetables, and it includes annual herbs with not so lignified buds, such as flowers, inflorescences, and re-sprouting of some perennial species (Bye and Linares, 2000). Generally, more than 500 *quelite* species are known in the country, the most representative species at national level are the common purslane (*Portulaca oleracea*), the *quintonil* or amaranths (*Amaranthus* spp) of which, eight main species are reported, the epazote (*Dhysphania ambrosioides*), the white goosefoot (*Chenopodium berlandieri*), blackberry nightshade (*Solanum americanum* and *S. nigrescens*), the jaltomata (*Jaltomata procumbens*), among others (Linares and Bye., 2015).

In the case of the *milpa*, about 127 species of *quelites* related to this agroecosystem are reported (Linares and Bye, 2015). Particularly, for the state of Chiapas, several studies report up to 39 species of *quelites*, commonly known as vegetables, related to the *milpa*, which are distributed in 17 families and 29 genres (Mariaca-Méndez, R., et al., 2007; Ramírez-Salinas and Castro-Ramírez, 2011).

In terms of utilization, *quelites* have several uses, among them we can emphasize the medicinal, craft and edible ones. For example, in an Otomí community, five primary uses were identified: 68 edible species, nine forage species, one species of psychoactive use and one species of recreational use. As regards edible use, the 72 % of *quelites* are eaten cooked, whether boiled, fried, stewed, or seasoned, the 50 % are part of the diet in a raw form for tacos or salads, the 42 % are eaten in both ways, raw and cooked. The 16 % are de-

## Introducción

El nombre *quelite* se deriva del náhuatl *quilitl* que es interpretado como hierba comestible o verdura, e incluye hierbas anuales con brotes no tan lignificados, así como flores, inflorescencias y rebrotes de algunas especies perennes (Bye y Linares, 2000). En general, se conocen más de 500 especies *quelites* en el país, las especies más representativas a nivel nacional son la verdolaga (*Portulaca oleracea*), el quintonil o amaranto (*Amaranthus* spp) del que se reportan ocho especies principales, el epazote (*Dhysphania ambrosioides*), el *quelite* cenizo (*Chenopodium berlandieri*), hierbamora (*Solanum americanum* y *S. nigrescens*), el jaltomate (*Jaltomata procumbens*), entre otras (Linares y Bye., 2015).

Para el caso de la milpa, se reportan alrededor de 127 especies de *quelites* asociadas a este agroecosistema (Linares y Bye, 2015). Particularmente, para el estado de Chiapas, diversos estudios reportan hasta 39 especies de *quelites*, conocidos comúnmente como verduras, asociadas a la milpa, las cuales se distribuyen en 17 familias y 29 géneros (Mariaca-Méndez, R., et al., 2007; Ramírez-Salinas y Castro-Ramírez, 2011).

En cuanto a las formas de aprovechamiento, los *quelites* tienen diversos usos, entre los que destacan el medicinal, artesanal y comestible. Por ejemplo, en una comunidad otomí se identificaron cinco usos primarios: 68 especies comestibles, 28 especies medicinales, nueve especies forrajeras, una especie de uso psicoactivo y una especie de uso lúdico. En cuanto al uso comestible, el 72 % de los *quelites* se consumen cocidos, ya sea hervidos, fritos, guisados o condimentados, el 50 % se incorporan a la dieta crudos en tacos o ensaladas, el 42 % se consumen tanto crudos como

hydrated and stored to be eaten during the dry season, when they are typically scarce (Balcázar-Quiñones, A., et al., 2020).

It is important to point out that *quelites* were introduced into the Mexican diet since the pre-Hispanic times and traditionally they have been appreciated as a source of protein, inorganic nutrients, and other essential micronutrients in the diet (McClung-de Tapia, E., et al., 2013; Linares, M. E. and Bye, R., 2015). They are eaten in salads, soups, stock, *capeados* and boiled (Bye and Linares, 2011; Linares, E., et al., 2017). However, the basic methods of preparation are in a raw or cooked form (McClung-de Tapia, E., et al., 2013). Also, the meaning of *quelites* consists in their nutritional value that, in some cases, is superior to that of the commercial vegetables (Mera-Ovando, et al., 2005).

On the other side, the availability of *quelites* throughout the years, depends on the weather conditions and the management they receive. Those that are collected, are only consumed for a short season of the year, while those that are cultivated have a greater utilization period because their availability depends on the farmer decision to sow them (Basurto, P. F., et al., 1998). However, much of this agrobiodiversity is in danger due to several factors. Blanco (2006), says that the loss of the *milpa* agrobiodiversity is due to the low fertility of soils, the changes in food and the indiscriminate use of herbicides. In the latter case, the use of herbicides has caused radical changes in the traditional *milpa* management, and it causes a decrease in the diversity of weeds (Vigouroux, Y., et al., 2011; Grundy A. C., et al., 2011).

In order to promote the preservation, it is necessary to know the diversity of *quelites* and recover the knowledge related to their management and uses. In this sense, several studies have been carried out in the center of the country, in which different species of edible weeds are identified, however, a few studies have been developed in the south-southeast, for this, the aim of this study was to know the diversity, abundance and use of vegetables in *milpa* of Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas.

## Materials and methods

**Study area:** This research was carried out in the agricultural lands of Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas. This municipality is located in the Mountains of Northern Chiapas, for this, the mountainous relief predominates. To the north, it borders the state of Tabasco, to the east with the municipality of Sabanilla, to the south with Simojovel de Allende, to the west with Pueblo Nuevo Solistahuacán and Amatán. Sombra Carrizal is a

cocinados. El 16 % se deshidratan y se almacenan para consumirse en la temporada de estiaje, cuando típicamente son escasas (Balcázar-Quiñones, A., et al., 2020).

Es importante señalar que los *quelites* se incorporan a la dieta mexicana desde la época prehispánica y tradicionalmente han sido apreciados como fuente de proteína, nutrimentos inorgánicos y otros micronutrientes esenciales en la dieta (McClung-de Tapia, E., et al., 2013; Linares, M. E. y Bye, R., 2015). Se consumen en ensaladas, sopas, caldos, *capeados* y hervidos (Bye y Linares, 2011; Linares, E., et al., 2017). Sin embargo, las formas de preparación básicas son crudos o cocidos (McClung-de Tapia, E., et al., 2013). Además, la importancia de los *quelites* radica en su valor nutritivo que, en algunos casos, es superior al de hortalizas comerciales (Mera-Ovando, et al., 2005).

Por otra parte, la disponibilidad de los *quelites* a lo largo del año depende de las condiciones edafoclimáticas y del manejo que reciben. Los que son recolectados se consumen solo durante una corta temporada del año, mientras que los que son cultivados tienen un periodo de aprovechamiento mayor, debido a que su disponibilidad depende de la decisión del agricultor para sembrarlos (Basurto, P. F., et al., 1998). Sin embargo, gran parte de esta agrobiodiversidad se encuentra en riesgo por diversos factores. Blanco (2006), menciona que la pérdida de agrobiodiversidad de la *milpa* se debe a la baja fertilidad de los suelos, a los cambios en la alimentación y al uso indiscriminado de herbicidas. En este último caso, el uso de herbicidas ha ocasionado cambios drásticos en el manejo de la *milpa* tradicional provocando una disminución de la diversidad de arvenses (Vigouroux, Y., et al., 2011; Grundy A. C., et al., 2011).

Para poder promover la conservación es necesario conocer la diversidad de los *quelites* y recuperar los conocimientos asociados a su manejo y usos. En este sentido, se han hecho diversos estudios en el centro del país en el que se identifican diversas especies de hierbas comestibles. Sin embargo, se han realizado pocos estudios en el sursureste, por lo que el objetivo del presente trabajo fue conocer la diversidad, abundancia y usos de las verduras en las *milpas* de Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas.

## Materiales y métodos

**Área de estudio:** Esta investigación se realizó en el ejido Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas. Este municipio se ubica en las Montañas del Norte de Chiapas por lo que predomina el relieve montañoso. Limita al norte con el estado de Tabasco, al este con el muni-



Tsotsil locality with a farmland set surface of 1 700 ha, located at 15 kilometers from the municipal capital, in the GPS coordinates: West Longitude: -92.746389 and North Latitude: 17.295556 at an altitude of 1 322 meters above sea level. According to the INEGI (2020), the total population of Sombra Carrizal consists of 1133 people, from which, the 50.4 % are women and the rest are men. The 100 % is an Indigenous population and the 82 % is Tsotsil speaker.

**Investigation techniques:** The research was developed during the spring-summer cycle (milpa of the year), 2020. Quantitative and qualitative methods were used. In the first case, in order to know the diversity and abundance of vegetable species, 10 *milpas* were selected, these represented the 10 % of the *milpas* established in that cycle. The diversity of morphospecies and the abundance of each one through zig zag samples each 20 meters, were recorded. In the second case, the ethnographic approach was used by applying 10 semi-structured interviews to peasant families and participant observation in order to know the forms of utilization and management of vegetables in *milpas*.

Both, the peasant families, and plots were selected by taking into account the following criteria: interest to participate in the research, experience in *milpa* management, Tsotsil speakers and people who have a *milpa* of at least 0.5 ha.

In order to identify species, the local nomenclature and the database Plants of the World Online (POWO, 2021) were considered, as well as the Catálogo de Malezas de México: Familia Brassicaceae (Rojas and Vibrans, s/f). The sampling data was tabulated into a Microsoft Excel® spreadsheet by taking into account the species richness and the abundance of each one. The Simpson diversity index was calculated for each plot with the program Past 4.7 from the Natural History Museum–University of Oslo. The processing of qualitative information was developed with the transcription of the interviews and observations on a Microsoft Word® sheet to identify the aforementioned species and the forms of utilization.

## Results and discussion

**The Tsotsil *milpa* of Sombra Carrizal:** *Milpas* of Sombra Carrizal are established in plots from half to three hectares. The 50 % of interviewees said that the plots used for the *milpa* were areas with secondary vegetation, known as *acahuales* with two or three years to rest and the other 50 % said they use plots without any rest where they establish *milpa* twice a year (*tornamil* and year *milpa*) because they do not have

cipio de Sabanilla, al sur con Simojovel de Allende, al oeste con Pueblo Nuevo Solistahuacán y Amatlán. Sombra Carrizal es una localidad tsotsil con una superficie ejidal de 1700 ha, ubicada a 15 kilómetros de la cabecera municipal, en las coordenadas GPS: Longitud Oeste: -92.746389 y Latitud Norte: 17.295556 a una altitud de 1 322 msnm. De acuerdo con el INEGI (2020), la población total de Sombra Carrizal es de 1133 personas, de las cuales el 50.4 % son mujeres y el resto son hombres. El 100 % es población indígena y el 82 % es hablante de tsotsil.

**Técnicas de investigación:** La investigación se realizó en el ciclo primavera-verano (milpa del año) de 2020. Se utilizaron métodos cuantitativos y cualitativos. En el primer caso, para conocer la diversidad y abundancia de las especies de verduras se seleccionaron 10 *milpas* las cuales representan el 10 % de las *milpas* establecidas durante ese ciclo. Mediante muestreos en zigzag se registraron la diversidad de morfoespecies y la abundancia de cada una en cuadrantes de 2 x 2 metros, cada 20 metros. En el segundo caso, se utilizó el enfoque etnográfico mediante la aplicación de 10 entrevistas semiestructuradas a familias campesinas y observación participante para conocer las formas de aprovechamiento y el manejo de las verduras en las *milpas*.

Tanto las familias campesinas como las parcelas fueron seleccionadas considerando los siguientes criterios: interés por participar en la investigación, experiencia en el manejo de la *milpa*, hablante de tsotsil y contar con *milpa* de al menos 0.5 ha.

Para la identificación de especies se tomó en consideración la nomenclatura local y la base de datos Plants of the World Online (POWO, 2021), así como el Catálogo de Malezas de México: Familia Brassicaceae (Rojas y Vibrans, s/f). Los datos del muestreo se tabularon en una hoja de Microsoft Excel® considerando la riqueza de especies y la abundancia de cada una. Se calculó el índice de diversidad de Simpson para cada una de las parcelas usando el programa Past 4.7 del Natural History Museum–University of Oslo. El procesamiento de la información cualitativa se realizó transcribiendo las entrevistas y las observaciones en una hoja de Microsoft Word® para identificar las especies mencionadas y las formas de aprovechamiento.

## Resultados y discusión

**La *milpa* tsotsil de Sombra Carrizal:** Las *milpas* de Sombra Carrizal se establecen en parcelas de media a tres hectáreas. El 50 % de los entrevistados mencionó que las parcelas que se ocupan para la *milpa* fueron espacios con vegetación secundaria, conocidos como

enough surface to rest their lands; however, in order to let the land maintains its nutrients, in each cycle they sow beans and other legumes. The foregoing coincides with what was reported in nearby communities in the state of Tabasco (Morales-Valenzuela, G., et al., 2015).

To establish *milpas*, peasants use the brush-slash-burn system. Brushing is carried out with machetes, and they let it dry for five days, then it is burned, for this, peasants trace alleys or firebreaks from one to two meters wide, and the burning is developed in the afternoon on days with little wind. The main cropping work is the weeding, which is manually done with the use of machetes and hoes, although four families said they use herbicides to control the weeds. However, as Mariaca-Méndez, R., et al., (2014) mention, some peasants avoid, as much as possible, the use of herbicides, because they think that on the lands where it is constantly applied, over time, vegetables that complement the family diet, stop growing.

A frequent practice in the *milpas* of Sombra Carrizal is the establishment of hedges and barriers against winds with pine trees (*Pinus* spp), Jonote (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz), Liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.) and trumpet tree (*Cecropia obtusifolia*). The management of granivorous birds is developed with oil, scarecrows, and plastic bags to scare birds with the noise.

The *milpa* is established by considering the moon phases to sow, mainly by inserting corn and bean, however, a wide diversity of plant, animals and fungi species can be found.

**Diversity and abundance of vegetables:** In the *milpas* of Sombra Carrizal, the following inserted species were found, among which we can highlight: leek (*Allium ampeloprasum*), pumpkin (*Cucurbita pepo* L), fig-leaf gourd (*Cucurbita ficifolia*), sweet potato (*Ipomoea batatas*), yucca (*Manihot esculenta*), criollo tomato (*Solanum lycopersicum*), chives (*Allium schoenoprasum*), sugarcane (*Saccharum officinarum*), peanuts (*Arachis hypogaea*), orange (*Citrus X sinensis*), avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) and eight types of vegetables, known in the Tsotsil language as *Itai*.

The vegetables identified were the white blackberry nightshade (*Solanum nigrescens*), purple blackberry nightshade (*Solanum americanum*), cuña or cuñay (*Witheringia meiantha*), common sowthistle (*Sonchus oleraceus*), tsuy (*Sinclairia discolor*), mustard (*Brassica juncea*) and two varieties of cauliflower (*Brassica* sp) (Table 1). These species represent the 20.5 % of the 39 vegetable species reported for the *milpas* of Chiapas. These results match with what was reported by Sán-

acahuales con dos o tres años de descanso y el otro 50 % dijo que utiliza parcelas sin descanso en las que se establece milpa dos veces al año (tornamil y milpa de año) ya que no cuentan con superficie suficiente para dejar descansar sus tierras. Sin embargo, para que la tierra no pierda sus nutrientes, en cada ciclo siembran frijol y otras leguminosas. Lo anterior coincide con lo reportado en comunidades aledañas del estado de Tabasco (Morales-Valenzuela, G., et al., 2015).

Para el establecimiento de la milpa los campesinos utilizan el sistema de roza-tumba-quema. La roza se lleva acabo con machete y deja secar por cinco días, posteriormente se quema para lo cual los campesinos trazan callejones o cortafuego de uno a dos metros de ancho y la quema se realiza por las tardes en días con escasos vientos. La principal labor del cultivo es el deshierbe, el cual se realiza de forma manual utilizando machete y azadón, aunque cuatro familias mencionaron que utilizan herbicidas para combatir la maleza. Sin embargo, tal como lo mencionan Mariaca-Méndez, R., et al., (2014), algunos campesinos evitan, en la medida de lo posible, el uso de herbicidas, ya que consideran que en los terrenos en los que éste se aplica de manera constante, con el paso del tiempo dejan de crecer las verduras que complementan la dieta familiar.

Una práctica común en las milpas de Sombra Carrizal es el establecimiento de cercos y barreras rompe vientos con árboles de Pino (*Pinus* spp) Palo de Corcho (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz), Liquidámbur (*Liquidambar styraciflua* L.) y Guarumo (*Cecropia obtusifolia*). El manejo de aves granívoras se realiza con petróleo, espanta pájaro y bolsas de plástico para ahuyentar a los pájaros con el ruido.

La milpa se establece considerando las fases lunares para sembrar, principalmente intercalando maíz y frijol. Sin embargo, se puede encontrar una amplia diversidad de especies de plantas, animales y hongos.

**Diversidad y abundancia de verduras:** En las milpas de Sombra Carrizal se observaron las siguientes especies intercaladas entre las que destacan: puerro (*Allium ampeloprasum*), calabaza (*Cucurbita pepo* L), chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), camote (*Ipomoea batatas*), yuca (*Manihot esculenta*), tomate criollo (*Solanum lycopersicum*), cebollín (*Allium schoenoprasum*), caña (*Saccharum officinarum*), cacahuete (*Arachis hypogaea*), naranja (*Citrus X sinensis*), aguacate (*Persea americana* var. *drymifolia*) y ocho tipos de verduras, conocidos en lengua tsotsil como *Itai*.

Las verduras identificadas fueron: hierbamora blanca (*Solanum nigrescens*), hierbamora morada (*Solanum*

**Table 1. Vegetable species found in the milpas of Sombra Carrizal, Chiapas in 2020.****Cuadro 1. Especies de verduras encontradas en las milpas de Sombra Carrizal, Chiapas en el año 2020.**

Common name / Nombre común	Tsotsil name / Nombre en tsotsil	Scientific name / Nombre científico
Purple blackberry nightshade / Hierbamora morada	Unen mu'j	<i>Solanum americanum</i>
Mustard / Mostaza	Chail itaj	<i>Brassica juncea</i>
Dwarf cauliflower / Coliflor enana	Tan itaj, napux, muy'itaj	<i>Brassica</i> sp
Giant cauliflower / Coliflor gigante	Tan itaj, napux, muy'itaj	<i>Brassica</i> sp
Common sowthistle / Chicorio	Tsepen on	<i>Sonchus oleraceus</i>
Cuña or cuñay / Cuña o cuñay	Axante'	<i>Witheringia meiantha</i>
White blackberry nightshade / Hierbamora blanca	Unen mu'j	<i>Solanum nigrescens</i>
Tsuy	Tsuy	<i>Sinclairia discolor</i>

Source: Own elaboration

Fuente: Elaboración propia

chez Hernández (2013) for a town near the study area, in which eight *quelite* species were identified, known generically as “chayas” by the ch’oles of Pomoquita, Tacotalpa, Tabasco. On their part, Mariaca-Méndez et al. (2014) report 15 vegetable species for the Serrana region Huitiupan-Tacotalpa, Chiapas-Tabasco.

However, for the abovementioned studies, the two cauliflower species (*Brassica* ssp), the common sowthistle (*Sonchus oleraceus*) and the tsuy (*Sinclairia discolor*) were not reported. This is because these are species developed in temperate climate conditions, because Solís-Becerra, C. G., and Estrada-Lugo, E. I. J. (2014) mention them along with the 13 vegetable species for the Altos Tsotsil-tseltal region of Chiapas. In this sense, peasants identify two agro-ecological conditions “the hot zone” and “the cold zone,” in this latest, the greatest abundance of cauliflower can be found.

The two varieties of cauliflower found, can be differentiated because of their size, since they present big leaves, short and tough stems that measure between

*americanum*), cuña o cuñay (*Witheringia meiantha*), chicorio (*Sonchus oleraceus*), tsuy (*Sinclairia discolor*), mostaza (*Brassica juncea*) y dos variedades de coliflor (*Brassica* sp) (Cuadro 1). Estas especies representan el 20.5 % de las 39 especies de verduras reportadas para las milpas de Chiapas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Sánchez Hernández (2013) para una localidad cercana al área de estudio, en el cual identificó ocho especies de quelites, conocidas de manera genérica como “chayas” por los ch’oles de Pomoquita, Tacotalpa, Tabasco. Por su parte Mariaca-Méndez et al. (2014) reportan 15 especies de verduras para la región serrana Huitiupan-Tacotalpa, Chiapas-Tabasco.

No obstante, en los trabajos señalados anteriormente no se reportan las dos especies de coliflor (*Brassica* ssp), el chicorio (*Sonchus oleraceus*) y el tsuy (*Sinclairia discolor*). Lo anterior se debe a que son especies que se desarrollan en condiciones de clima templado, ya que Solís-Becerra, C. G., y Estrada-Lugo, E. I. J. (2014) si las mencionan entre las 13 especies de verduras para la región Altos tsotsil-tseltal de Chiapas. En este

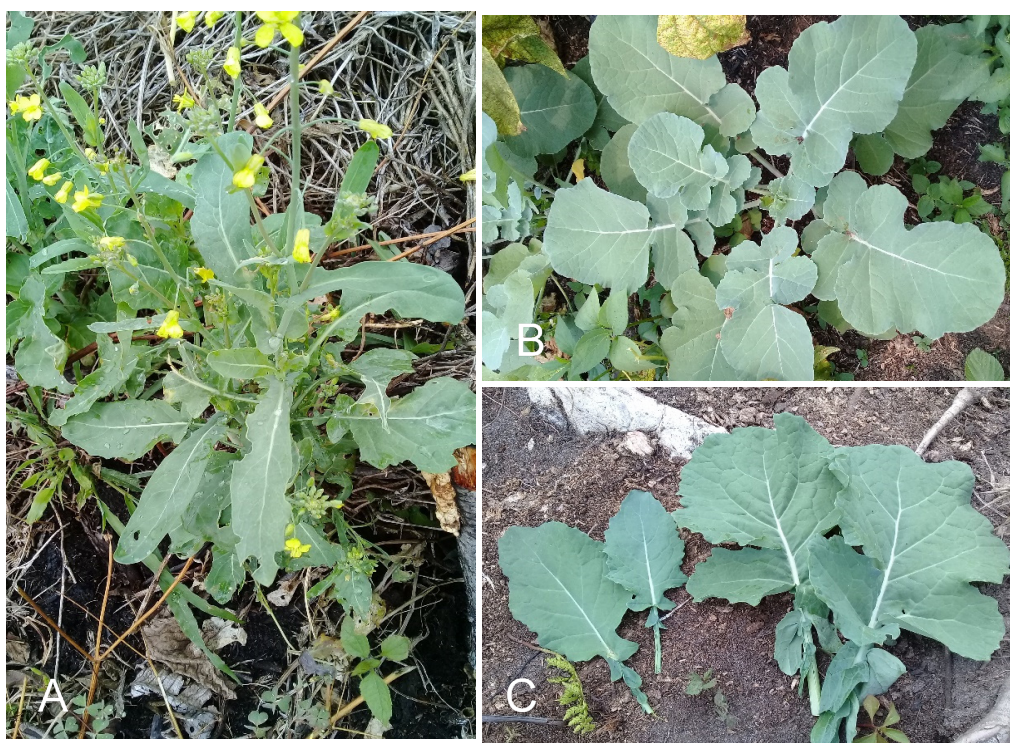


15 and 50 cm long and the other one shows small, sawn leaves and exceptionally long, thin stems that measure between 100 and 150 cm long (Figure 1). These plants do not need to be sown because they are considered weed, although in some cases, peasants collect and disperse seeds on their plots.

A total of 1 565 individuals were recorded, from which, the most abundant vegetable was the purple blackberry nightshade (27.23 %) and mustard (22.26 %), although if the cauliflower is considered as a single species, this would be the most abundant with 28.6 %. On their part, the less abundant species were the white blackberry nightshade and the tsuy with 4.2 and 2.55, respectively (Figure 2).

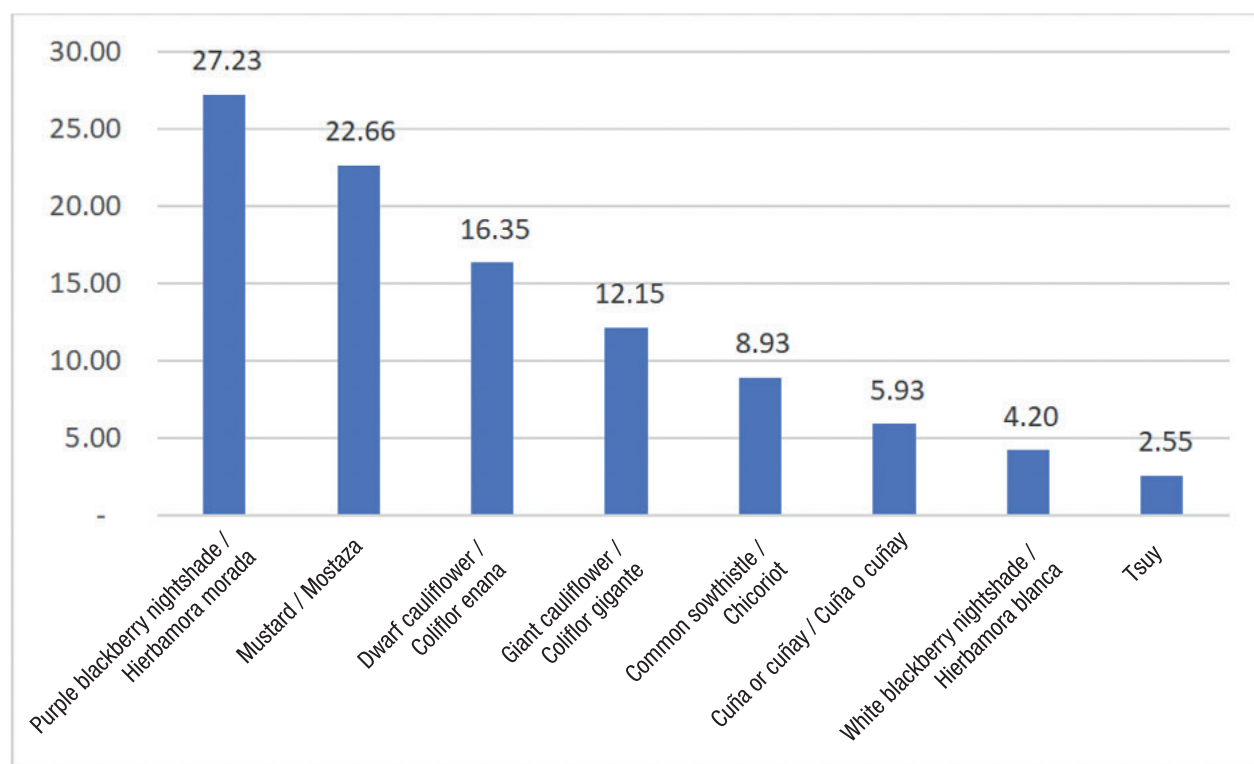
sentido, los campesinos identifican dos condiciones agroecológicas “la zona caliente” y “la zona fría”, es en esta última donde se puede encontrar mayor abundancia de coliflor.

Las dos variedades de coliflor encontradas se pueden diferenciar por su tamaño, ya que una presenta hojas grandes, tallos cortos y gruesos que miden entre 15 y 50 cm de largo y la otra presenta hojas pequeñas aserradas y tallos muy largos y delgados que miden entre 100 y 150 cm de longitud (Figura 1). Estas plantas no necesitan ser sembradas ya que son consideradas arvenses, aunque en algunos casos los campesinos colectan y dispersan las semillas en sus parcelas.



**Figure 1. Types of cauliflower (*Brassica* sp) found in milpas of Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas. A = Giant cauliflower (Tan itaj, napux, muy'itaj), B = dwarf cauliflower (Tan itaj, napux, muy'itaj) C = Leaf size differences.**

**Figura 1. Tipos de coliflor (*Brassica* sp) encontradas en las milpas de Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas. A = Coliflor gigante (Tan itaj, napux, muy'itaj), B = coliflor enana (Tan itaj, napux, muy'itaj) C = Diferencias en el tamaño de hojas.**



**Figure 2. Percentage of absolute abundance of vegetable in *milpa* species in Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas.**  
**Figura 2. Porcentaje de abundancia absoluta de especies de verduras en las milpas de Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas.**

The Simpson index shows that the *milpa* number eight has a better diversity because it has a more balanced representation among the abundance of vegetable species found, although it does not have the total of the species found. The *milpa* number nine has the index closest to one which indicates less diversity of the *milpa* agroecosystem for vegetables (Table 2).

**Use of vegetables:** The families interviewed said that the vegetables in *milpa* found are used for self-consumption, principally for human and animal nutrition, however, when there are surpluses, they sell them within the community. The methods of preparation: boiled (cooked), fried, raw, with salad and grilled (Figure 3). These results match with what was mentioned by McClung-de Tapia, E., et al., (2013) who point out that the methods of preparation of *quelites* are focused on two basic forms: raw or cooked. For animal nutrition, fresh leaves are usually used to feed backyard birds in their pens, as it is pointed out by Vieyra-Odilon and Vibrans (2001).

According to the families interviewed, the preparation of cooked vegetables consists in choosing the tender part of the vegetable, cut it into small pieces, wash it well and boil the water, once it is boiling, the washed

Se registraron un total de 1 565 individuos, de los cuales las verduras más abundantes fueron la hierbamora morada (27.23 %) y la mostaza (22.26 %), aunque si se toma a la coliflor como una sola especie, esta sería la más abundante con 28.6 %. Por su parte las especies menos abundantes fueron la hierbamora blanca y el tsuy con 4.2 y 2.55, respectivamente (Figura 2).

El índice de Simpson muestra que la *milpa* ocho tiene una mejor diversidad al tener una representación más equilibrada entre la abundancia de especies de verduras encontradas, aunque no tiene el total de las especies halladas. La *milpa* nueve tiene el índice más cercano a uno lo que indica menor diversidad del agroecosistema *milpa* para las verduras (Cuadro 2).

**Usos de las verduras:** Las familias entrevistadas mencionaron que las verduras encontradas en las milpas se aprovechan para el autoconsumo, principalmente para la alimentación humana y animal. Sin embargo, cuando hay excedentes las comercializan al interior de la comunidad. Las formas de preparación son: hervida (cocida), frita, cruda, en ensalada y asada (Figura 3). Estos resultados coinciden con lo mencionado por McClung-de Tapia, E., et al., (2013) quienes señalan que todas las formas de preparación de los *quelites* se



**Table 2. Simpson diversity index of vegetables in milpas of Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas.****Cuadro 2. Índice de diversidad Simpson de verduras en las milpas de Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Species / Especies	7	7	7	6	5	4	6	6	6	5
Individuals / Individuos	123	226	108	156	209	175	76	120	227	145
Simpson	0.7768	0.7733	0.7837	0.5609	0.7386	0.6957	0.7877	0.5338	0.8056	0.7328

M= sampled milpa

M= milpa muestreada

**Figure 3. Methods of preparation of vegetables in Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas. 1 = cooked. 2 = fried. 3 = salad. 4 =grilled.****Figura 3. Formas de preparación de las verduras en Sombra Carrizal, Huitiupán, Chiapas. 1 = cocido. 2 = frito. 3 = ensalada. 4 = asado.**

vegetable is added and salt is added to taste, it is recommended do not cover the container because it tends to turn yellow and bitter. To prepare the fried vegetable, first, it must be cooked with the procedure above, and once it is cooked, it is fried and tomato, onion, coriander, and oregano are added. In the case of the salad, the tender part of the vegetable is chosen, it is cut in small pieces, it is washed with abundant

centran en dos formas básicas: crudos o cocidos. Para la alimentación animal, por lo regular se suministran las hojas frescas a las aves de traspatios en sus corrales, tal como lo señalan Vieyra-Odilon y Vibrans (2001).

De acuerdo con las familias entrevistadas, la preparación de las verduras cocidas consiste en escoger la parte más tierna de la verdura, cortarla en pedazos

water and salt and lemon is added to taste, it can be eaten with other vegetables. Finally, the preparation of the grilled vegetable only consists in choosing the tender and bigger part of the vegetable, it is put directly on the embers from the stove or on the skillet until it reaches the desired degree of cooking, once it is grilled, salt is added to taste, and it can be eaten with hot tortillas.

**Vegetable management and preservation:** According to Bye and Linares (2000) the consumption of *quelites* has decreased since La Conquista. These authors point out that in the last 500 years, there has been a loss between 55 and 90 % of knowledge and use of these edible vegetables by the different Mexican cultures, as a negative impact of the colonization for these food sources. In this sense, the families interviewed said that it is important to preserve the species because it represents an important source of food and income for their families. It is also notable that the most accepted vegetables by the interviewees are the cauliflower and the purple blackberry nightshade, which are abundant from May to July. This matches with the record about the greater part of individuals of the species mentioned during the sampling for the 10 *milpas*.

The vegetable in *milpa* management consists in care at the time of weeding, which is manually done or with *machete* and consists in removing weeds and preserving the vegetables. When the use of herbicides is necessary, as it was mentioned by the 40 % of the families interviewed, it is avoided by spraying plants of interest, or it is applied after the first harvest of vegetables. In that regard, Mascorro-de Loera, R. D., et al., (2019) point out that the combination of manual management with herbicides seems to create appropriate conditions to maintain the diversity and presence of weeds. However, the interviewees say that, due to the excessive use of herbicides, the presence of the cauliflower (*Brassica* sp) has decreased, therefore, it is necessary to collect the seeds and spread them on the agricultural fields. In this sense, if it is a new plot or *acahual*, the seeds collected during the last cycle are spread. The collected bundled seeds are dehydrated and then they are stored in containers.

The nutritional importance of *quelites* has been reported (Santiago-Saenz, et al., 2019), for this, it is necessary to revalue these species in order to preserve them as source of nutrition for rural families, nevertheless, it is important to recover the knowledge about their management and preservation. However, the 70 % of the families interviewed accepted that this knowledge has been gradually lost as well as the interest to establish the *milpa*. This has caused a change

pequeños, lavarla bien y poner a hervir el agua una vez que este hirviendo se le agrega la verdura ya lavada y se le agrega sal al gusto, se recomienda no tapar el recipiente porque tiende a ponerse amarilla y amarga. Para preparar la verdura frita, primero se prepara cocida con el procedimiento descrito anteriormente, y una vez cocidas se procede a freír y agregar tomate, cebolla, cilantro y orégano. En el caso de la ensalada, solo se escoge la parte más tierna de las verduras, se corta en pequeños pedazos, se lavan con abundante agua y se agrega sal y limón al gusto, y se puede acompañar con otras hortalizas. Finalmente, la preparación de verdura asada solo consiste en seleccionar la parte más tierna y grande de la verdura, se coloca directamente en la brasa del fogón o en el comal hasta que alcanza el grado de cocimiento deseado, una vez asada se agrega sal al gusto y se acompaña con tortilla caliente.

**Manejo y conservación de las verduras:** De acuerdo con Bye y Linares (2000) el consumo de *quelites* ha disminuido desde la conquista. Estos autores señalan que en los últimos 500 años ha habido una pérdida de entre 55 y 90 % del conocimiento y uso de estos vegetales comestibles por las diversas culturas mexicanas, como impacto negativo de la colonización para estos recursos alimenticios. En este sentido, las familias entrevistadas mencionaron que es importante conservar las especies ya que representa una fuente importante de alimento y de ingreso para sus familias. Cabe mencionar que las verduras de mayor aceptación entre las entrevistadas son la coliflor y la hierbamora morada, las cuales abundan en los meses de mayo a julio. Lo anterior coincide el registro de la mayor cantidad de individuos de las especies mencionadas durante el muestreo en las 10 *milpas*.

El manejo de las verduras en la *milpa* consiste en el cuidado al momento del deshierbe, el cual se realiza manualmente o con machete y consiste en eliminar las malezas y dejar las verduras. Cuando se hace necesario el uso de herbicidas, como lo mencionaron el 40 % de las familias entrevistadas, se evita rociar plantas de interés o se aplica posterior a la primera cosecha de verduras. Al respecto, Mascorro-de Loera, R. D., et al., (2019) señalan que la combinación del manejo manual con herbicidas parece crear condiciones adecuadas para mantener la diversidad y presencia de arvenses. Sin embargo, los entrevistados señalan que, debido al uso excesivo de herbicidas, ha disminuido la presencia de la coliflor (*Brassica* sp) por lo que es necesario recolectar la semilla y esparcirla en los campos de cultivo. En este sentido, si es una parcela nueva o un *acahual* se esparcen las semillas recolectadas en el ciclo anterior. Las semillas recolectadas se deshi-

in the food culture, in which vegetables have been replaced by processed food such as cookies, snacks and canned products.

## Conclusions

Eight types of vegetables in *milpa* of Sombra Carrizal were found, from which, the most abundant ones are the purple blackberry nightshade, the mustard and two varieties of cauliflower. These vegetables are used for human and animal nutrition and in the case of surpluses, as a source of income.

The Simpson index closer to one, was the case of the *milpa* number nine, which has a greater abundance of *Brassica juncea* and *Solanum americanum* besides that, from the eight species reported for this work, that *milpa* only has six, that is the reason for its results.

Four forms of consumption were identified, they consist in the cooked, fried, grilled, and raw preparations. They are commonly eaten with other ingredients.

The use of synthetic inputs to control weeds in the production unit, as well as the loss of knowledge about their management, have caused a decrease in vegetable consumption.

From the eight vegetables identified, seven of them are naturally spread in *milpas* and one of them needed the intervention of peasants to spread it by using seeds. For this, it can be said that this latter is a semi-domesticated species.

*End of English version*

## References / Referencias

- Balcázar-Quiñones, A., White-Olascoaga, L. Chávez-Mejía C., y Zepeda-Gómez, C. (2020). Los quelites: riqueza de especies y conocimiento tradicional en la comunidad otomí de San Pedro Arriba, Temoaya, Estado de México. *Polibotánica*, 49, 219-242. DOI: 10.18387/polibotanica.49.14.
- Basurto, P. F. (2011). Los quelites de México: especies de uso actual. En: Mera, O. L. M., Castro, D., & Bye, R. (comp.). *Especies vegetales poco valoradas: una alternativa para la seguridad alimentaria* (pp. 32-41). México: Editorial UNAM-SNICS- SINAREFI.
- Basurto, P. F., Martínez M. A., y Villalobos, G. (1998). Los quelites de la Sierra Norte de Puebla, México: inventario y formas de preparación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 62, 49-62.
- Blanco, J. R. (2006). *Erosión de la agrobiodiversidad de la milpa de los zoques Popoluca de Sotepan: Xutuchincon y Aktevet* (Tesis de Doctorado). Universidad Iberoamericana. México.

dratan en manojos y posteriormente se almacenan en recipientes.

Se ha reportado la importancia nutricional de los quelites (Santiago-Saenz, et al., 2019), por lo que se hace necesario revalorizar estas especies para conservarlas como fuente de alimentación para las familias rurales. Sin embargo, es importante recuperar los conocimientos que se tienen sobre su manejo y conservación. No obstante, el 70 % de las familias entrevistadas reconocieron que se ha ido perdiendo este conocimiento y el interés por el establecimiento de la milpa. Lo anterior ha provocado un cambio en la cultura alimentaria, en el que se han cambiado las verduras por alimentos procesados como galletas, frituras y productos enlatados.

## Conclusiones

Se encontraron ocho tipos verduras en las milpas de Sombra Carrizal de las cuales las más abundantes son la hierbamora morada, la mostaza y las dos variedades de coliflor. Estas verduras se aprovechan para la alimentación humana y animal y como fuente de ingreso, en el caso de excedentes.

El índice de Simpson más cercano a uno fue en la milpa nueve la cual tiene una mayor abundancia de *Brassica juncea* y *Solanum americanum* además de que de las ocho especies reportadas para este trabajo esa milpa solo tiene seis, de allí lo bajo de sus resultados.

Se identificaron cuatro formas de consumo que consisten en el cocido, frito, asado y crudos. Por lo regular se acompañan con otros ingredientes.

El uso de insumos sintéticos para controlar las malezas en la unidad de producción y la pérdida del conocimiento para su manejo han provocado una reducción en el consumo de verduras.

De las ocho verduras identificadas, siete se propagan de manera natural en la milpa y una de ellas ha requerido la intervención de los campesinos para propagarse por semillas. Por lo que se puede decir que esta última es una especie semi-domesticada.

*Fin de la versión en español*



- Bye, R., y Linares, M. E. (2000). Los quelites, plantas comestibles de México: una reflexión sobre intercambio cultural. *Biodiversitas*, 31, 11-14. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv31art3.pdf>.
- Hammer, Ø. (2021). Past 4 - the Past of the Future (4.07) para Windows 10, Natural History Museum – University of Oslo, Norway.
- Grundy A. C., Mead, A., Bond, W., Clark, G., y Burston, S. (2011). The impact of herbicide management on long-term changes in the diversity and species composition of weed populations. *Weed Research*, 51, 187-200.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2020). Censo de población y vivienda 2020.
- Linares M. E., y Bye, R. (2011). ¡La milpa no es solo maíz! En: Álvarez-Buylla, E., Carreón A., & San Vicente A (ed.). *Haciendo milpa* (pp: 9-12). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Linares, M. E., y Bye, R. (2015). Las especies subutilizadas de la milpa. *Revista Digital Universitaria*, 16(5), 1-22.
- Linares, E., Bye, R., Ortega, N., y Arce A. E. (2017). Quelites: sabores y saberes del sureste del Estado de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México. DOI: 10.22201/ib.9786073016667e.2019.
- Mariaca-Méndez, R., Cano-Contreras, E. J., Morales-Valenzuela, G., y Hernández Sánchez, M. (2014). La milpa en la región serrana Chiapas-Tabasco de Huitiupán-Tacotalpa. In González-Espinosa, M., & Brunel-Manse, C. (coords.), *Montañas, pueblos y agua. Dimensiones y realidades de la Cuenca Grijalva* (Volumen 1, pp. 323-359). México: Juan Pablos Editor y El Colegio de la Frontera Sur.
- Mariaca-Méndez, R., Pérez-Pérez, J., López-Meza, A. y León-Martínez, N. S. (2007). *La milpa Tsotsil de los Altos de Chiapas y sus recursos genéticos*. México: El Colegio de La Frontera Sur y Universidad Intercultural de Chiapas.
- McClung-de Tapia, E., Martínez-Yrizar, D., Ibarra-Morales, E., y Adriano Morán, C. C. (2013). Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la cuenca de México. *Anales de Antropología*, 48(1), 97-121.
- Mera Ovando, L. M., Alvarado Flores, R., Basurto Peña, F., Bye Boettler, R., Castro Lara, D., Evangelista, V., Mapes Sancyhez, C., Martínez Alfaro, M. A., Molina, N., y Saldivar, J. (2005). Dequelites me como un taco. *Ciencias*, 77, 36-38.
- Morales-Valenzuela, G., Mariaca-Méndez, R., y Padilla-Vega, J. (2015). Tecnología campesina en la milpa de ladera en Tacotalpa, Tabasco. En: Villanueva-Jimenez, J. A. & Jarquin-Galvez, R. (coords.). *Agricultura sostenible: Armonía entre el hombre y la naturaleza*. (pp. 382-390). México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- POWO (2021). "Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponible en; <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
- Ramírez-Salinas C., y Castro-Ramírez A. E. (2011) Los montes, conocimiento tradicional campesino sobre las arvenses de la milpa en Teopisca y Amatenango del Valle, Chiapas. En: Ávila E. L. (ed.). *Desarrollo sustentable, interculturalidad y vinculación comunitaria Chiapas* (pp: 95-117). México: Universidad Intercultural de Chiapas. Chiapas.
- Rojas, S., y Vibrans, H. (s/f). *Catálogo de Malezas de México: Familia Brassicaceae*. México: SENASICA y Colegio de Postgraduados.
- Sánchez Hernández, D. (2013). *Abundancia y valor proteico de chayas presentes en áreas de cultivo de maíz (Zea mays) en la comunidad de Pomoquita, Tacotalpa, Tabasco* (Tesis de Licenciatura). Universidad Intercultural del Estado de Tabasco, México.
- Santiago-Saenz, Y. O., Hernández-Fuentes, A. D, López-Palestina, C. U, Garrido-Cauich, J. H, Alatorre-Cruz, J. M., y Monroy-Torres, R. (2019). Importancia nutricional y actividad biológica de los compuestos bioactivos de quelites consumidos en México. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(5), 593-605. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000500593>.
- Solís-Becerra, C. G., y Estrada-Lugo, E. I. J. (2014). Prácticas culinarias y (re)conocimiento de la diversidad local de verduras silvestres en el Colectivo Mujeres y Maíz de Teopisca, Chiapas, México. *LiminaR*, 12(2), 148-162. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-80272014000200010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-80272014000200010&lng=es&tlng=es).
- Vieyra-Odilón, L. y Vibrans, H. (2001). Weeds as crops: the value of maize field weeds in the Valley of Toluca, México, *Economic Botany*, 55(3), 426-443.
- Vigouroux, Y., Barnaud, A., Scarcelli, N., y Thuillet, A. C. (2011) Biodiversity, evolution, and adaptation of cultivated crops. *Comptes Rendus - Biologies* 334, 450-457.

EN

## Agro-ecological zoning for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) in Soconusco, Chiapas, Mexico

ES

## Zonificación agroecológica para palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en el Soconusco, Chiapas, México

Victorino Gómez Valenzuela<sup>\*</sup>; Teodoro Pérez Castillo<sup>†</sup>; Rigoberto Jiménez Ramírez; Deysi Yadira Marcial Bautista; Francisco Javier Méndez Álvarez; Darwin Josman Méndez Cifuentes; Jorge Alberto Pérez Blas; Cesar Reymundo Santiz López; José Germán Tzopitl Cuicahua; Amilenne Zavaleta Grijalva

<sup>†</sup>Unidad Regional Universitaria SurSureste, Universidad Autónoma Chapingo. Teapa, Tabasco, México.

\*Corresponding author:  
vgomez62@hotmail.com

Received: September 16, 2021 /  
Accepted: February 14, 2022

DOI:  
10.5154/r.rchsat.2022.03.02

### Abstract

The Soconusco region, located in the state of Chiapas, is important because it is the most productive agricultural zone in the state, more than twenty plant species are grown there, including some short-cycle and other perennial species. The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) has been introduced recently and its potential distribution is unknown, regarding the natural characteristics of the area. Therefore, it was proposed to study and analyze this region from a soil-climate perspective, using existing information and the agroecological zoning tool proposed by FAO, adapted for Mexico and implemented in the region to determine the predominant environmental attributes in the area. As a result, it was found that there are 38 000 hectares without any restriction for cultivation and 115 500 hectares with some level of restriction. This latter portion of land could be used to produce a greater amount and quality of fruit, concluding that the area cultivated with this palm could still be expanded.

**Key words:** Agroecological zoning, oil palm, productive optimization, Soconusco, Chiapas.

### Resumen

La región del Soconusco ubicada en el estado de Chiapas es de gran importancia por ser la zona agrícola más productiva de ese estado, allí se cultivan más de veinte especies vegetales entre las que se encuentran algunas de ciclo corto y otras perennes. La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) se ha introducido recientemente y se desconoce su distribución potencial, considerando las características naturales que hay en la zona. Por ello, se planteó estudiarla y analizarla desde la perspectiva edafo-climática, haciendo uso de la información existente y la herramienta de zonificación agroecológica propuesta por la FAO adaptada para México e implementada en la región, para conocer los atributos ambientales predominantes en la zona. Como resultado se encontró que existen 38 000 hectáreas sin restricción alguna para el cultivo y 115 500 hectáreas en donde se tiene cierto nivel de restricción. Esta última porción de territorio podría ser atendida



**Please cite this article as follows (APA 6):** Gómez Valenzuela, V., Pérez Castillo, T., Jiménez Ramírez, R., Marcial Bautista, D. Y., Méndez Álvarez, F. J., Méndez Cifuentes, D. J., Pérez Blas, J. A., Santiz López, C. R., Tzopitl Cuicahua, J. G. & Zavaleta Grijalva, A. (2022). Agro-ecological zoning for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) in Soconusco, Chiapas, Mexico. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 2(1), 17-32. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsat.2022.03.02>

para producir mayor cantidad y calidad de fruta, llegando a la conclusión de que aún puede ampliarse la superficie cultivada con esta palma en la zona.

**Palabras clave:** Zonificación agroecológica, palma de aceite, optimización productiva, Soconusco, Chiapas.

## Introduction

The Soconusco region in Chiapas has great agricultural importance, because it has been known for its high diversity of crops including red sapote, mango, cacao, rambutan and oil palm (Del Carpio, 2017), becoming the most important development pole in the state (Sandoval, 2011). Of the several crops grown in the area, oil palm has had a great boom, due to its constant technological innovation in production (Ordaz, 2013), processing and market development (Castellanos, 2018). There has also been a significant expansion of the area cultivated with this oilseed, from an area of 9 140 ha cultivated, as reported for 2003, to 12 400 ha in 2012 and currently there are 34 000 ha planted; while productive yields have increased from 8 to 30 t·ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2017). Yield variation depends on several factors, including availability of moisture in areas where the crop is planted, use of new planting materials, as well as improvements in crop management.

The oil palm is native to the Gulf of Guinea in West Africa. Due to the search for new production areas to meet the demand for oil, the crop was introduced to the Americas, and later taken to Asia. It is a late perennial crop with a long productive period, since its lifespan can be more than 50 years (Hernández, et al., 2006; Sandoval, 2011; Aguilar, et al., 2013).

In 1949, the first oil palm plantations were established in Mexico by smallholders on the Chiapas coast. A second stage began in 1982, when the first 287 hectares were formally established with seeds from Costa Rica, Ivory Coast and Indonesia (SAGARPA, 2011); reaching 2 800 cultivated hectares in the early 1990s. A third stage began in 1996, when the Mexican government established the plantation program for the southern and southeastern region of the country, in the states of Chiapas and Campeche, and then in Tabasco and Veracruz, where a total of 36 874 hectares were planted.

The state of Chiapas has 44.2 % of the surface area, followed by Tabasco with 20.2 %, Veracruz with 19.4 % and finally the state of Campeche with 16.2 % (Castro, 2009). The crop is established in the southeast of the country on approximately 82 150.60 hectares under rainfed conditions, producing 666 237.75 tons of fruit

## Introducción

La región del Soconusco en Chiapas es de gran importancia agrícola, pues se ha destacado por su alta diversidad de cultivos entre los que se encuentran zapote rojo, mango, cacao, rambután y palma de aceite (Del Carpio, 2017); convirtiéndose en el polo de desarrollo más importante del estado (Sandoval, 2011). De los diversos cultivos que se producen en la zona, la palma de aceite ha tenido un gran auge, por su constante innovación tecnológica en la producción (Ordaz, 2013), transformación y desarrollo de mercados (Castellanos, 2018). También se ha registrado una importante ampliación de la superficie cultivada con esta oleaginosa, pasando de una superficie de 9 140 ha cultivadas, según lo reportado para el año 2003, a 12 400 ha en el año 2012 y en la actualidad se cuenta con 34 000 ha sembradas; mientras que los rendimientos productivos han pasado de 8 a 30 t·ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2017). La variación en el rendimiento se debe a diversos factores entre los que se encuentran la disponibilidad de humedad en las áreas donde se tiene establecido el cultivo, la inclusión de nuevos materiales de plantación, así como mejoras en el manejo del cultivo.

La palma de aceite es originaria del Golfo de Guinea en el África occidental. Debido a la búsqueda de nuevas zonas de producción para satisfacer la demanda de aceite, el cultivo se introdujo a América, y después se llevó a Asia. Se trata de un cultivo perenne tardío con un largo periodo productivo, puesto que su vida útil puede ser de más de 50 años (Hernández, et al., 2006; Sandoval, 2011; Aguilar, et al., 2013).

En 1949 fueron establecidas las primeras plantaciones de palma de aceite en México por pequeños productores en la Costa de Chiapas. Una segunda etapa de impulso al cultivo ocurrió en 1982, cuando se establecieron formalmente las primeras 287 hectáreas con semillas originarias de Costa Rica, Costa de Marfil e Indonesia (SAGARPA, 2011); alcanzando a inicios de los años 90's las 2 800 hectáreas cultivadas. Una tercera etapa se dio a partir de 1996, cuando el gobierno mexicano estableció el programa de plantaciones para la región sur y sureste del país, en los estados de Chiapas y Campeche, y luego en Tabasco y Veracruz, donde se plantaron un total de 36 874 hectáreas.

on average per year, with an annual growth of 9.1 % in the area located in the states of Chiapas, Campeche, Tabasco and Veracruz (SIAP, 2015).

Oil palm cultivation, in many cases, was established without planning studies, as happens with other crops due to political reasons. Producers began to substitute their crops and started to establish oil palm without taking into account the conditions of the space destined for the crop, and eventually the consequences were seen through the poor development and production of the plants (Sandoval, 2011).

Being a tropical plant, the best conditions for oil palm cultivation are found in the intertropical belt, although it also adapts to regions of the sub-humid tropics, as long as irrigation is available. The favorable average monthly temperature is 25 to 28 °C, while yields decrease with values below 15 °C. Oil palm requires a large amount of water to achieve high production; accumulated rainfall values of about 1 800 millimeters during the year are adequate, with at least 150 millimeters each month. As the season of low rainfall is prolonged, production decreases and its monthly distribution becomes irregular. It would be desirable that the months of low rainfall (drought) do not exceed three months (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

Soils for oil palm should be flat or slightly undulating; slopes greater than 12 % contribute to erosion and increase production costs by requiring more roads, terraces or contour lines, as well as making it difficult to manage the plantation. The soil should be fertile, with a depth of 80 to 120 centimeters, loamy texture and a non-heavy clay subsoil that retains enough moisture. Soils with these characteristics can supply water and nutrients to the crop, while shallow, slightly deep or poorly drained soils reduce the production capacity of the palm. On the other hand, sandy soils (coarse textures) and extremely clayey soils are not recommended for this crop (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

The state of Chiapas has the highest oil palm production in the Soconusco region, growing approximately 34 000 hectares, with a yield of 20 tons of fruit per hectare. The municipalities with the largest area under oil palm cultivation in Soconusco are Acapetahua with 10 263 and Villa Comaltitlán with 6 668.5 hectares (SAGARPA, 2017).

Given the limited information available on oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq. ) in Mexico and being this a crop that in recent years has had a great development, it is important to study its current situation in

El estado de Chiapas cuenta con el 44.2 % de la superficie, seguido de Tabasco con el 20.2 %, Veracruz con 19.4 % y finalmente el estado de Campeche con el 16.2 % (Castro, 2009). El cultivo se encuentra establecido en el sureste del país en aproximadamente 82 150.60 hectáreas en condiciones de temporal, en las que se producen 666 237.75 toneladas de fruta promedio por año, con un crecimiento anual de 9.1 % en la superficie localizada en los estados de Chiapas, Campeche, Tabasco y Veracruz (SIAP, 2015).

El cultivo de palma de aceite, en muchos casos, se estableció sin estudios de planeación y tal como sucede con otros cultivos fue por cuestiones políticas. Los productores comenzaron a sustituir sus cultivos e iniciaron el establecimiento de la palma sin tomar en cuenta las condiciones del espacio destinado al cultivo, y con el tiempo se vieron las consecuencias a través del deficiente desarrollo y producción de las plantas (Sandoval, 2011).

Al ser la palma de aceite una planta de origen tropical, las mejores condiciones para su cultivo se encuentran en la franja intertropical, aunque también se adapta a regiones del trópico subhúmedo, siempre que se disponga de riego. La temperatura promedio mensual favorable es de 25 a 28 °C; mientras que con valores inferiores a 15 °C disminuye el rendimiento. La palma de aceite requiere una gran cantidad de agua para lograr alta producción; valores acumulados del orden de los 1 800 milímetros de lluvia durante el año son adecuados y con al menos 150 milímetros cada mes. Conforme la temporada de poca precipitación se prolonga, la producción disminuye y su distribución mensual se hace irregular. Es deseable que los meses de escasez de lluvias (sequía) no sean mayores a tres (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

Los suelos para el cultivo de la palma de aceite deben ser planos o ligeramente ondulados; las pendientes del terreno mayores al 12 % contribuyen con la erosión y los costos de producción se incrementan al requerirse de más caminos, terrazas o curvas de nivel, además de dificultar el manejo de la plantación. El suelo debe ser fértil, con una profundidad de 80 a 120 centímetros, de textura franca y un subsuelo arcilloso no pesado que retenga suficiente humedad. Los suelos con estas características pueden abastecer de agua y nutrimentos al cultivo; mientras que suelos someros, poco profundos o con drenaje deficiente, reducen la capacidad de producción de la palma. Por otra parte, los suelos arenosos (texturas gruesas) y los extremadamente arcillosos, no son recomendados para este cultivo (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

Soconusco, where there are favorable edaphoclimatic conditions for the development of many tropical agricultural species, including oil palm, For this reason, the present study aimed to analyze, discuss and define areas of agricultural aptitude for this crop, in addition to providing practical information for producers, technicians, public and state officials related to this crop, with the help of the Agroecological Zoning Methodology developed by the FAO (1997).

## Materials and methods

### Study area

The study area is in the southeastern part of the state of Chiapas on the border with the Republic of Guatemala between 14° 32' 9" and 15° 29' 6" North Latitude and 92° 55' 48" and 92° 03' 57" West Longitude, with altitudes ranging from 0 to 4 080 meters above sea level. It consists of 15 municipalities: Acacoyagua, Acapetahua, Cacahoatán, Escuintla, Frontera Hidalgo, Huehuetán, Huixtla, Mazatán, Metapa, Suchiate, Tapachula, Tuxtla Chico, Tuzantán, Unión Juárez and Villa Comaltitlán. It is bordered to the north by regions

Para el estado de Chiapas la zona con mayor producción de palma de aceite se encuentra en el Soconusco, donde se cultivan 34 000 hectáreas aproximadamente, con un rendimiento de 20 toneladas de fruta por hectárea. Los municipios con más superficie cultivada con palma de aceite en el Soconusco son: Acapetahua con 10 263 y Villa Comaltitlán con 6 668.5 hectáreas (SAGARPA, 2017).

Debido a la poca información disponible sobre la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en México y siendo este un cultivo que en los últimos años ha tenido un gran desarrollo, resulta importante estudiar su situación actual en el Soconusco, donde existen condiciones edafoclimáticas propicias para el desarrollo de muchas de las especies agrícolas tropicales y entre ellas la palma de aceite, por lo que en el presente estudio se buscó analizar, discutir y definir áreas de aptitud agrícola para el cultivo, además de aportar información de utilidad práctica para productores, técnicos, funcionarios públicos y estatales relacionados con el cultivo, con ayuda de la Metodología de Zonificación Agroecológica desarrollada por la FAO (1997).

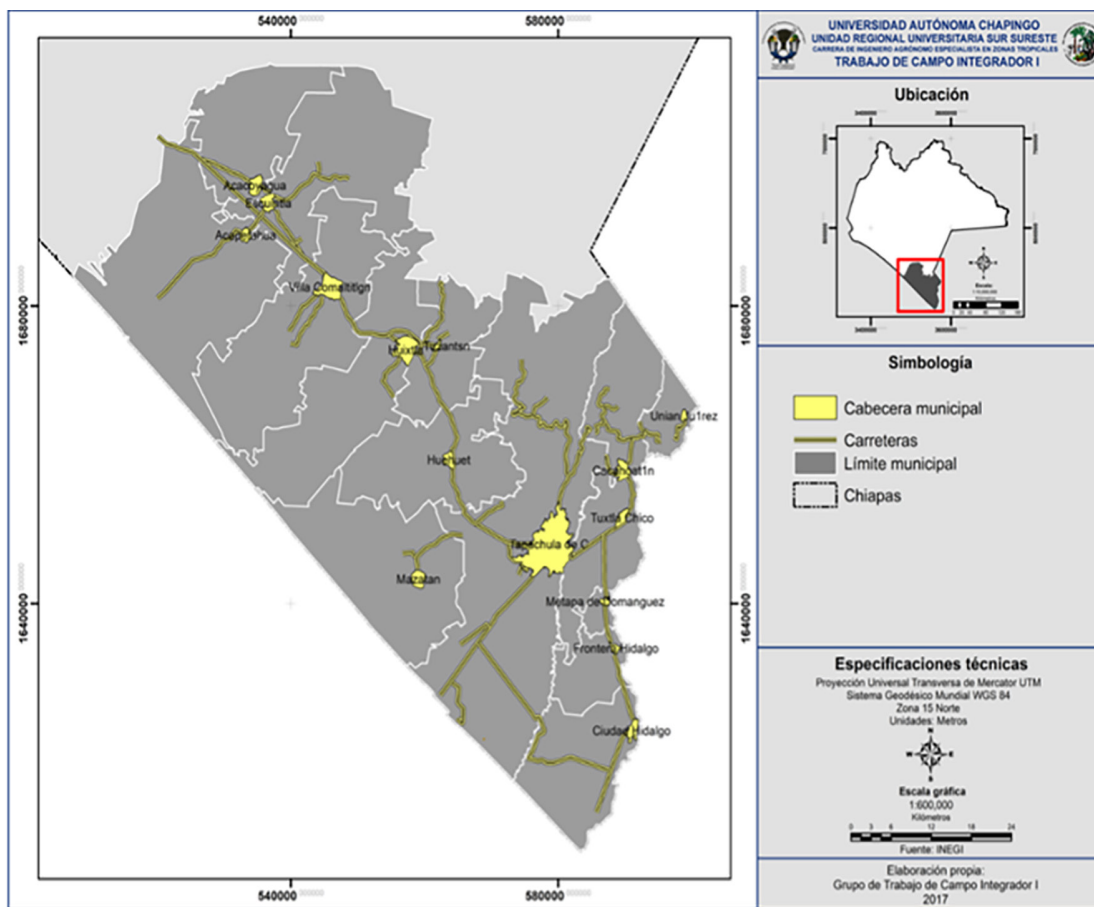


Figure 1. Study area.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



IX Istmo Costa and Sierra Mariscal, and to the east, south and west by the Pacific Ocean (Figure 1).

A review of statistical information on the crop (SAGARPA, 2011; SAGARPA (DDR TAPACHULA), 2017; SIAP, 2015) was carried out to provide an overview of the productive activity in Soconusco and deduce the influence of environmental conditions on oil palm production and its spatial distribution. With the documentary, statistical and cartographic information gathered and with the support of the Arc Map software, maps and graphs of climate, soils, hydrology, land use and vegetation were prepared to represent the study area. Physiographic reconnaissance was carried out by tracing different routes in the area to identify the magnitude of the palm crop, as well as the relief conditions where it is located.

Soil profiles were prepared along the routes and diversity of crops was observed to find the importance of oil palm among all of them. To locate the areas cultivated with oil palm, the geographic coordinates of the main farms with this crop were identified.

### Agroecological zoning

The FAO agroecological zoning methodology (FAO, 1997) was used, adapted to the conditions of the Mexican Republic (Pájaro and Ortiz, 1992) and adapted to the conditions of Soconusco, Chiapas (Figure 2). In the absence of digitalized information on the classification of terrain slope in Mexico, this variable

## Materiales y métodos

### Ubicación

El área de estudio se localiza en la porción sureste del estado de Chiapas en los límites con la República de Guatemala entre los 14° 32' 9" y 15° 29' 6" Latitud Norte y 92° 55' 48" y 92° 03' 57" Longitud Oeste, con altitudes que van de 0 hasta los 4 080 msnm. Está conformada por 15 municipios: Acacoyagua, Acapetahua, Cacaohatán, Escuintla, Frontera Hidalgo, Huehuetán, Huixtla, Mazatán, Metapa, Suchiate, Tapachula, Tuxtla Chico, Tuzantán, Unión Juárez y Villa Comaltitlán. Colinda al norte con las regiones IX Istmo Costa y Sierra Mariscal, al este, sur y oeste con el Océano Pacífico (Figura 1).

Se realizó una revisión de la información estadística del cultivo (SAGARPA, 2011; SAGARPA (DDR TAPACHULA), 2017; SIAP, 2015), para obtener un panorama general de la actividad productiva en el Soconusco y deducir la influencia de las condiciones del ambiente en la producción de la palma de aceite y su distribución espacial. Con la información obtenida (documental, estadística y cartográfica) y apoyándose del software Arc Map, se procedió a la elaboración de mapas y gráficos de clima, edafología, hidrología, uso de suelo y vegetación, con los cuales se representó la zona de estudio. El reconocimiento fisiográfico se realizó trazando diferentes trayectos en la zona para identificar la magnitud del cultivo de palma, así como las condiciones de relieve sobre las que se encuentra.

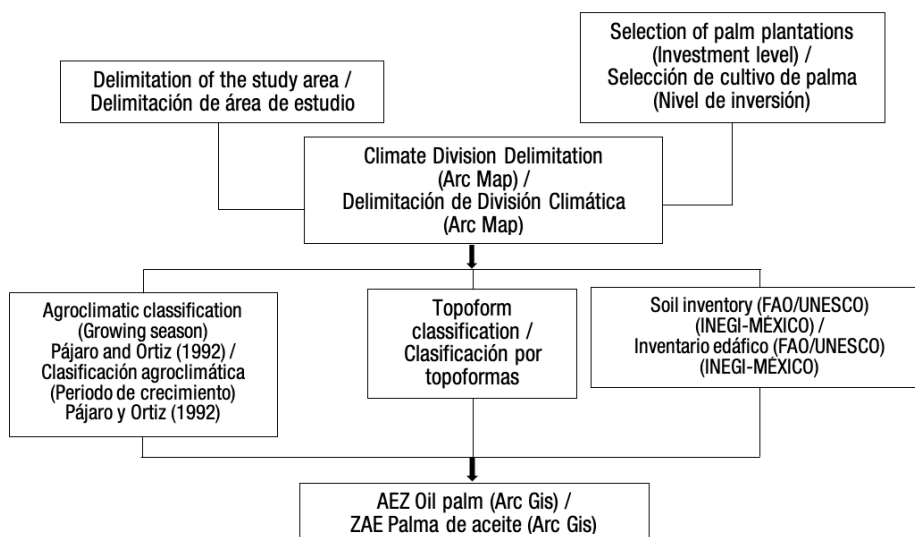


Figure 2. Basic methodology of agroecological zoning (FAO, 1997).

Figura 2. Metodología básica de la zonificación agroecológica (FAO, 1997).

was substituted in the methodology by topoform systems, which include a physiographic classification that allows substituting the values of the variable.

The methodology proposes this category within the soil inventory; however, because it is a determinant aspect for oil palm, it was decided to apply it after the agroclimatic classification, so that areas not suitable for oil palm would be discriminated from the beginning, since the establishment of the crop on slopes greater than 20 % is complicated.

## Results and Discussion

The study area is characterized by its flat topography, especially in areas near the coastal border, followed by undulating planes as it moves away from the coastal strip in a south-north direction, towards the Sierra; it covers 4 558 km<sup>2</sup>, which represents 6.2 % of the state's surface, making it the seventh largest region in the state.

The region has a warm climate with a rainy season marked by high summer precipitation. From 2 000 – 3 000 meters above sea level, it has a semi-cold humid climate, with abundant rainfall in summer, covering 2.44 % of the territory. At 1 500 meters above sea level, the climate becomes humid temperate with abundant rainfall in summer, covering 10.44 % of the territory. Going down from the highlands, there is a warm humid climate with abundant rainfall in summer, covering 33.6 %, and in the flat part of the territory with a coverage of 53.5 %, the sub-humid subtypes. The coastal plain is dominated by the warm sub-humid climatic subtypes with summer rains, average annual temperature higher than 22 °C and the coldest month higher than 18 °C. In the lower part of the plains there is a semi-warm humid climate with abundant rainfall in summer (Table 1).

Soconusco has three topoform systems that represent almost 99 % of the region (Llanura Costera de Chiapas and Guatemala, Sierra Sur de Chiapas and Volcanoes of Central America); the Coastal Plain occupies more than 50 %, which is why more attention was paid to it, because it is home to the greatest diversity of crops, including oil palm. This coastal plain has relatively young and deep soils of alluvial origin with high organic matter content; high rainfall causes soils from the mountains and volcanoes to be carried and accumulated in the lower part. In the flooded and lacustrine part of the coastal plain, soils are saline with a high accumulation of soluble calcium, sodium, magnesium and potassium salts (Solonchak), which makes them of little use for agricultural activities. The most predominant units are Acrisol, Cambisol and Feozem (INEGI, 2017).

A través de los trayectos se realizaron perfiles de suelo y se observó la diversidad de cultivos tratando de encontrar la importancia de la palma de aceite entre todos ellos. Para localizar posteriormente las áreas cultivadas con palma se obtuvieron las coordenadas geográficas de los principales predios con el cultivo.

## Zonificación agroecológica

Para el desarrollo del trabajo se utilizó la metodología de la zonificación agroecológica de la FAO (FAO, 1997) adaptada a las condiciones de la República mexicana (Pájaro y Ortiz, 1992) y adecuada a las condiciones del Soconusco, Chiapas (Figura 2). Al no contar con información digitalizada sobre la clasificación de la pendiente del terreno en México, se sustituyó en la metodología esta variable por los sistemas de topoformas, en la cual se encuentra inmersa una clasificación fisiográfica que permite sustituir los valores de la variable.

La metodología plantea esta categoría dentro del inventario edáfico, sin embargo, por ser un aspecto determinante en el caso del cultivo de palma de aceite se decidió aplicarlo después de la clasificación agroclimática, para que desde el principio se discriminaran áreas no aptas para la palma de aceite, ya que se complica el establecimiento del cultivo en pendientes mayores al 20 %.

## Resultados y discusión

El área de estudio se caracteriza por tener topografía plana en su mayor extensión, sobre todo, en zonas aledañas al bordo costero; seguida de planos ondulados conforme se aleja de la franja costera en dirección sur norte, hacia la Sierra; comprende 4 558 km<sup>2</sup>, lo que representa 6.2 % de la superficie estatal, siendo la séptima región de mayor extensión territorial en el estado.

La región tiene clima cálido con un régimen de lluvias marcado por alta precipitación en verano. A partir de los 2 000 – 3 000 msnm presenta un clima semifrío húmedo, con lluvias abundantes en verano cubriendo el 2.44 % del territorio. A los 1 500 msnm, el clima se vuelve templado húmedo con lluvias abundantes en verano, y cubre el 10.44 %. Descendiendo de la sierra, se encuentra un clima cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, cubriendo el 33.6 % y en la porción plana del territorio con una cobertura del 53.5 % los subtipos subhúmedos. En la llanura costera predominan los subtipos climáticos cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual mayor a 22 °C y mes más frío mayor a 18 °C. En la parte más baja de la llanura se tiene el

**Table 1. Climate types of the Soconusco Region, Chiapas.**  
**Cuadro 1. Tipos climáticos de la Región Soconusco, Chiapas.**

Climate type / Tipo Climático	Description / Descripción	Area (ha) / Superficie (ha)	Percentage(%) / Proporción (%)
C(m)	Semi-cold humid with abundant summer rainfall / Semifrío húmedo con lluvias abundantes de verano	11 195.10	2.44
(A)C(m)	Temperate humid with abundant summer rainfall / Templado húmedo con lluvias abundantes de verano	47 911.00	10.44
Am	Warm humid with abundant summer rainfall / Cálido húmedo con lluvias abundantes de verano	154 145.90	33.59
Aw2	Warm sub-humid with summer rains / Cálido sub húmedo con lluvias de verano	199 508.70	43.47
Aw1	Warm sub-humid with abundant summer rainfall / Calido subhúmedo con lluvias abundantes en verano	46 142.60	10.05
	Sum / Suma	458 903.3	100

Source: INEGI (2010).

Fuente: INEGI (2010).

Productive activities include rainfed agriculture, followed by irrigated agriculture and cultivated pasture. In the highlands, agriculture is more complex due to the steep slope conditions, which is why forest areas predominate. On the coastline there are protected areas of Mangroves and Popales that give rise to saline soils, making it difficult to practice agriculture (INEGI, 2017).

### Climate division

According to the data found, the average temperature regime for the crop groups established in the methodology made it possible to generate the Climate Division for this study area, in which it was determined that 93 % of the surface of the area meets the favorable temperature condition for oil palm and the rest (7 %) is classified as Not Suitable (Figure 3). This indicates that there is no thermal restriction for the establishment of the oil palm crop.

### Topoform System

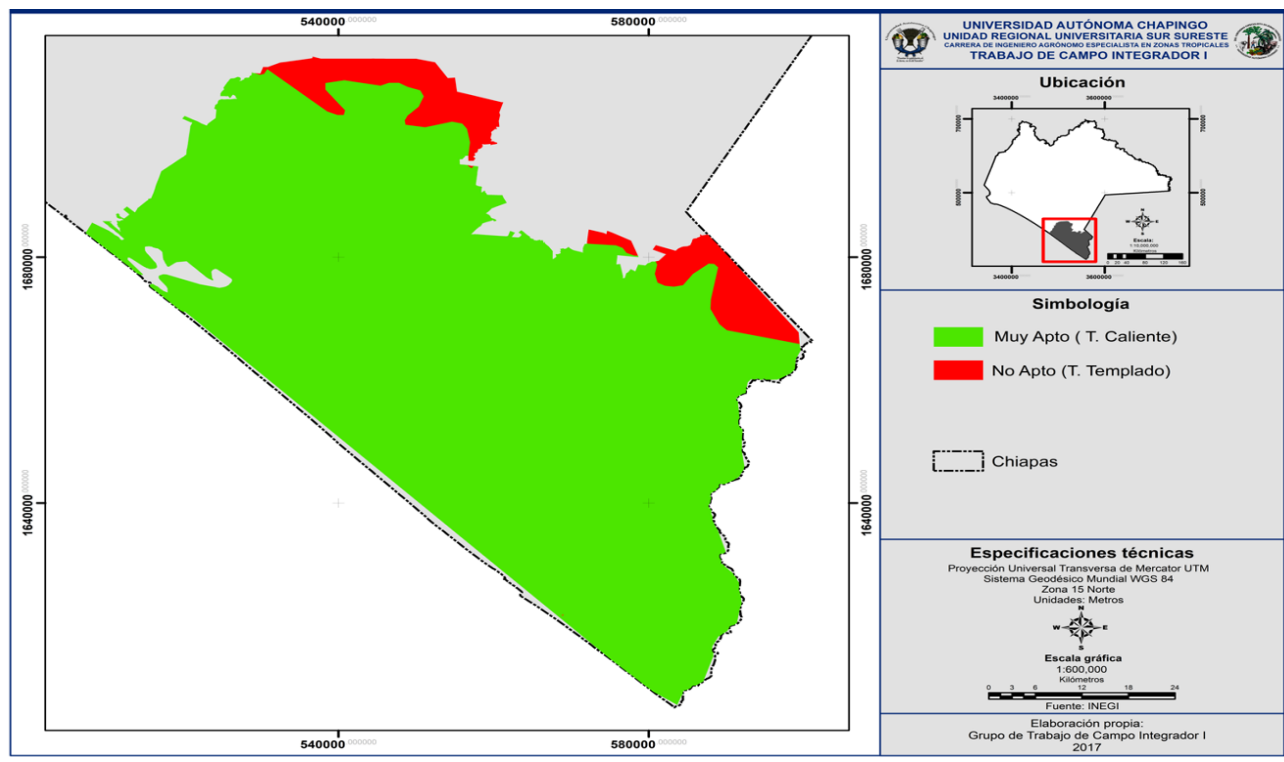
In a second stage of the methodology, it was decided to include the topoform systems as elements related to the inclination of the land (slope), which limits oil palm cultivation (it grows poorly on slopes greater than 20 %), even if there are adequate temperature

clima semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano (Cuadro 1).

En el Soconusco se encuentran tres sistemas de topoformas que representan casi el 99 % de la región (Llanura Costera de Chiapas y Guatemala, Sierras Sur de Chiapas y Volcanes de Centroamérica); la Llanura Costera ocupa más del 50 %, por lo que se le prestó más atención, ya que en ella se encuentra la mayor diversidad de cultivos, incluida la palma de aceite. En esta llanura costera se tienen suelos relativamente jóvenes y profundos de origen aluvial con altos contenidos de materia orgánica, las altas precipitaciones causan que los suelos de la sierra y volcanes sean acarreados y acumulados en la parte baja. En la porción inundable y lacustre de la llanura costera los suelos son salinos con una elevada acumulación de sales solubles de calcio, sodio, magnesio y potasio (Solonchak), que los hace poco aprovechables en actividades agropecuarias. Las unidades que tienen mayor predominio son Acrisol, Cambisol y Feozem (INEGI, 2017).

Entre las actividades productivas está la agricultura de temporal, seguida de la agricultura de riego y pastizal cultivado. En la parte alta, la agricultura se hace más compleja debido a las condiciones de pendiente pronunciada, por ello, predominan las áreas de





**Figure 3. Climate Division Classification of the Soconusco Region, Chiapas.**  
**Figura 3. Clasificación por División Climática de la Región Soconusco, Chiapas.**

**Table 2. Soconusco land classification according to the Topoform System**  
**Cuadro 2. Clasificación por Sistema de Topoformas de la superficie del Soconusco.**

Suitability / Aptitud	Area (ha) / Superficie (ha)	%
Very suitable / Muy apto	251 650.0	55.2
Not suitable / No apto	204 150.0	44.8
Total	455 797.0	100.0

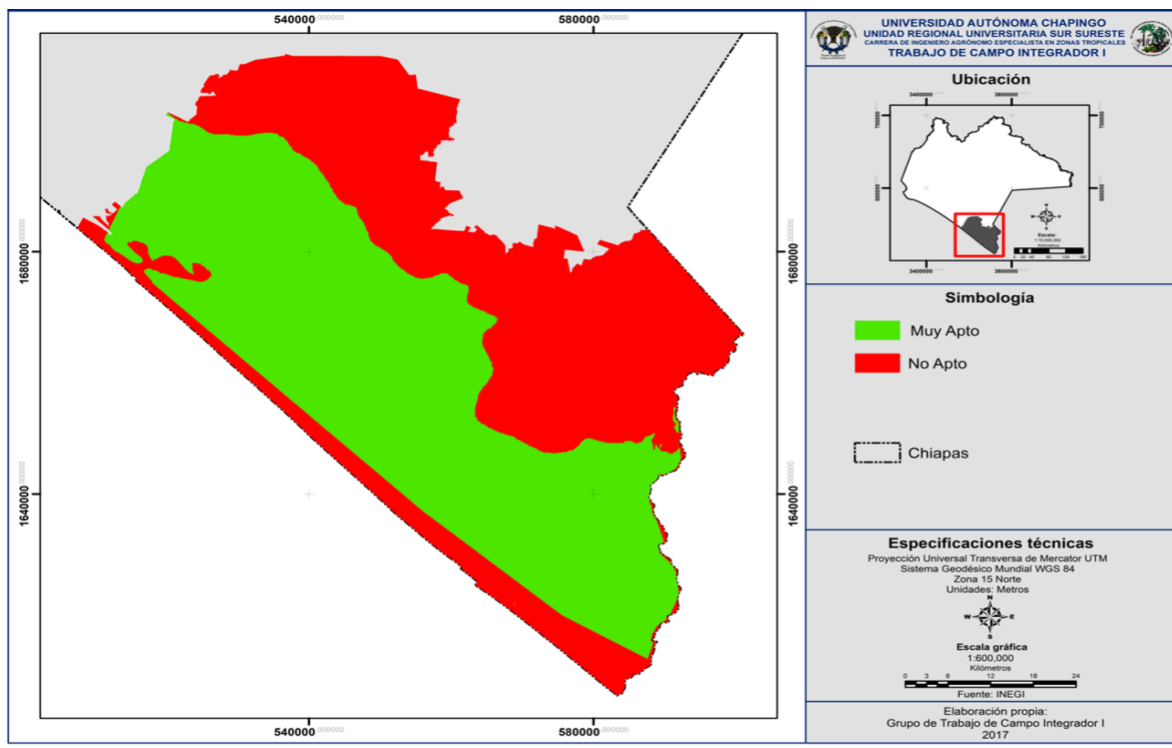
conditions; if the soil is very steep, the oil palm will grow unsuccessfully.

According to the topoform criteria, the suitable zone is reduced, leaving the highlands and coastline as Not suitable zones (44.8 %) (Table 2); the hilly zone for its steep slopes and the coastal soils for their salinity, which not suitable palm cultivation. Meanwhile, 55.2 % of the territory remains Very Suitable. In other words, this zone is suitable for palm cultivation, because there are no limitations caused by the slope.

bosques. En la línea costera se encuentran áreas protegidas de Manglares y Popales que dan origen a suelos salinos, por lo que resulta difícil practicar la agricultura (INEGI, 2017).

**División climática**

De acuerdo con los datos encontrados, el régimen de temperatura media para los grupos de cultivos establecida en la metodología permitió generar la División Climática para la zona de estudio, en la que



**Figure 4. Classification of the Soconusco Region, Chiapas according to the Topoform systems.**  
**Figura 4. Clasificación por Sistemas de Topoformas de la Región Soconusco, Chiapas.**

An important requirement for oil palm is deep soils; the rugged topography limits its establishment because it is made up of shallow soils. For this reason, the classification according to topoforms delimits the plains as an area suitable for crop establishment; this relief condition also facilitates crop management (Figure 4).

The distribution of rainfall is a very important factor for the development of this crop, because it will determine the number of days where temperature and humidity conditions necessary for the phenological development of the plant will come together. The lower and upper limits of the rainfall ranges were taken as a reference to define the ranges of growth periods. As a result, suitability levels were established according to the criteria of the ZAE methodology. Since oil palm is a perennial crop, it needs water all year round, which implies longer growing seasons. The growth periods observed helped to make it possible to define homogeneous areas in terms of the number of days with appropriate moisture and temperature for the crop (Table 3).

In the highlands there is a greater number of favorable days (345-360 days), however, these are not suitable areas, due to the steep slope conditions.

como resultado se determinó que el 93 % de la superficie del área reúne la condición de temperatura favorable para la palma de aceite y el resto (7 %) se clasifica como No Apta (Figura 3). Lo que indica que no existe restricción de tipo térmico para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite.

### **Sistema de topoformas**

En una segunda etapa de la metodología se decidió incluir los sistemas de topoformas como elementos relacionados con la inclinación del terrero (pendiente), ante lo cual tiene limitantes el cultivo de palma de aceite (no prospera adecuadamente en pendientes superiores a 20 %), aunque haya condiciones de temperatura adecuada, si el terreno es muy inclinado la palma como cultivo no prospera.

Aplicando el criterio de topoformas, la zona apta se reduce, dejando a las partes altas y línea costera como zonas No Aptas (44.8 %) (Cuadro 2); la zona cerril por su condición de pendientes fuertes y los suelos costeros por presentar salinidad, misma que no tolera el cultivo de palma. Mientras que el 55.2 % del territorio se mantiene en condición Muy Apta. Es decir, en esta zona si se puede establecer el cultivo, ya que no tiene limitaciones debidas a la pendiente.

**Table 3. Growth periods (days) of the region of Soconusco, Chiapas.**  
**Cuadro 3. Periodos de crecimiento (días) de la región Soconusco, Chiapas.**

Growth period range (days) / Rango de periodo de crecimiento (días)		Growth period (days) / Periodos de crecimiento (días)	Suitability level / Nivel aptitud	Beginning of growing season (days) / Inicio del periodo de crecimiento (días)	Beginning of growing season Julian days / Inicio del periodo de crecimiento Días julianos
210	240	225	NS / NA	121	01- May / 01-May
240	270	255	S / A	109	19-Apr / 19-Abr
270	300	285	S / A	97	07-Apr / 07-Abr
300	330	315	S / A	85	26-Mar / 26-Mar
330	360	345	VS / MA	73	14-Mar / 14-Mar
360	360	360	VS / MA	67	08-Mar / 08-Mar
360	330	345	VS / MA	73	14-Mar / 14-Mar
330	300	315	S / A	85	26-Mar / 26-Mar

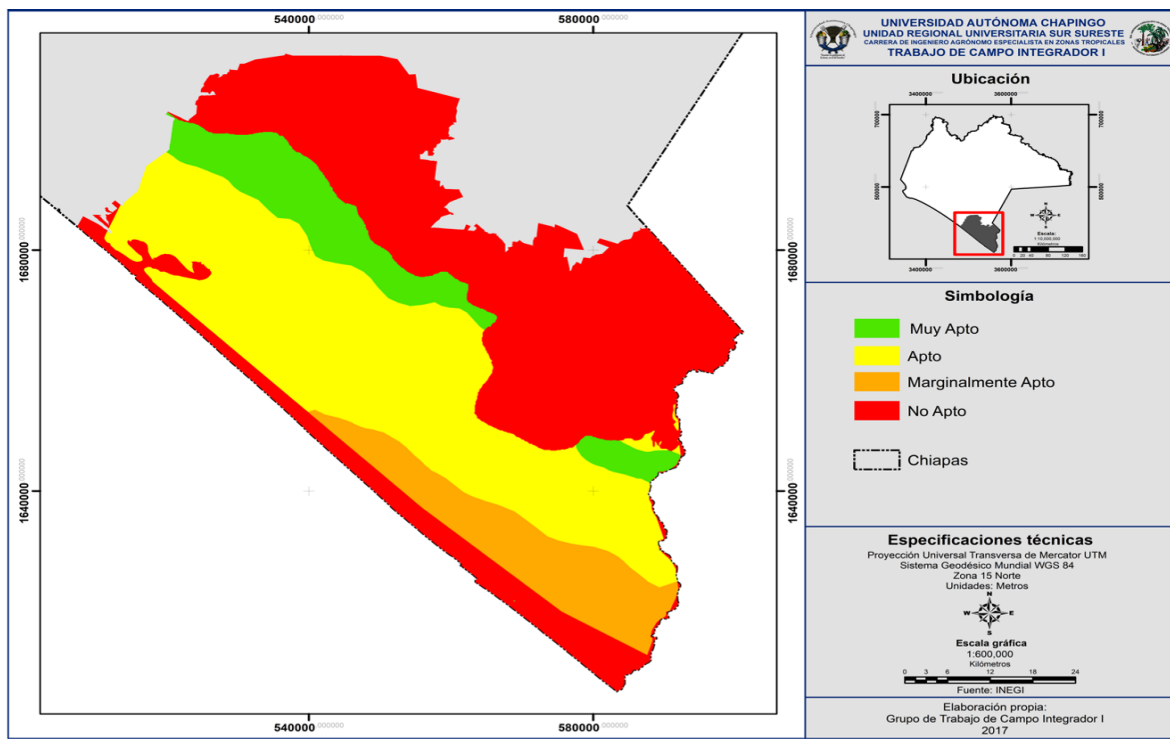
Source: Climate normals of the study area. NS: Not suitable. S: Suitable. VS: Very suitable.  
 Fuente: Normales climatológicas de la zona de estudio. NA: No apto. A: Apto. MA: Muy apto.

On the coastline, although there are favorable slope conditions, due to the scarcity of moisture and the presence of high temperatures, it is classified as a not suitable and marginally suitable zone. The middle part of the region is the one that meets the appropriate conditions, where the characteristics of slope, temperature and moisture necessary for cultivation meet, resulting in suitable and very suitable areas for this study (Figure 5).

Using the information obtained, we calculated the area occupied by each area per level of climatic suitability in the region. This showed that only a little more than 40% of the area is in the categories of highest climatic suitability for oil palm cultivation in Soconusco, Chiapas. From the review of soil units to produce specific crops, a classification was created in which the middle part of the region is classified as having favorable soils. Towards the coastal area there are saline soils (Solonchak) that present limitations for plant growth due to their salt content. As a result of the classification by soil characteristics, a little more than 35 % of the study area is classified as suitable soils for oil palm cultivation, while most

Un requerimiento importante para la palma son suelos profundos, la topografía accidentada limita su establecimiento por estar constituidos de suelos someros. Por ello, la clasificación por topoformas delimita con bastante precisión a la llanura como zona apta para el establecimiento del cultivo; esta condición de relieve facilita además el manejo del cultivo (Figura 4).

La distribución de las lluvias es un factor muy importante para el desarrollo del cultivo, pues de ello dependerá el número de días donde se reúnen las condiciones de temperatura y humedad necesarias para el desarrollo fenológico de la planta. De los rangos de precipitación se tomaron como referencia los límites inferiores y superiores, para definir los rangos de periodos de crecimiento. Como resultado, se establecieron los niveles de aptitud acordes con los criterios que maneja la metodología de la ZAE. Debido a que la palma de aceite es un cultivo perene, necesita de humedad todo el año, lo que implica contar con periodos de crecimiento más largos. Los periodos de crecimiento obtenidos permitieron definir áreas homogéneas en cuanto a número de



**Figure 5. Classification per growth period in the region of Soconusco, Chiapas.**  
**Figura 5. Clasificación por periodo de crecimiento en la región Soconusco, Chiapas.**

**Table 4. Distribution of suitability levels of growth.**  
**Cuadro 4. Distribución de los niveles de aptitud de los Periodos de Crecimiento.**

Classification per Growth Period / Clasificación por Periodo de Crecimiento		
Suitability / Aptitud	Area (ha) / Superficie (ha)	%
Very suitable / Muy apto	43 445.0	9.5
Suitable / Apto	163 536.0	35.9
Marginally suitable / Marginalmente apto	44 667.0	9.8
Not suitable / No apto	204 149.0	44.8
Total	455 797.0	100

of the territory fails to meet the requirement, as a result, the soil factor becomes a strongly limiting component for the establishment of this important crop (Table 4).

The moisture retention of a soil is determined by its texture. This will define the degree of moisture that

días con humedad y temperatura apropiados para el cultivo (Cuadro 3).

En la parte alta hay mayor número de días favorables (345-360 días), sin embargo, no son zonas aptas, debido a la condición de pendiente pronunciada. En la línea costera, aunque haya condiciones de

can be used. A coarse texture does not meet the necessary characteristics for oil palm to develop a good root system, which is essential for the absorption of nutrients and water. According to this criterion, about 33% of the territory under study has soils whose textures are appropriate for oil palm cultivation, in most cases, the soils do not have the soil textures in which it is recommended to grow oil palm.

The results from the interactions of climatic and soil categories show different areas of suitability for oil palm cultivation in Soconusco, Chiapas. Since oil palm is a purely industrial crop, like any other cultivated species, it requires special management and specific conditions for establishment. According to the categories of the AEZ methodology (Climate Division, Topoform System, Growth Period, Soil Units and Texture), the Agroecological Zoning Map for oil palm cultivation is obtained with a high level of investment with natural characteristics, that is, with the conditions provided by nature, generating four levels of aptitude. Very suitable: This zone has favorable climatic and soil conditions for oil palm development. It is distributed in a strip that passes through the municipalities of Acacoyagua, Huixtla and Villa Comaltitlán, covering an area of 38 019 ha (Figure 6). The area established for oil palm so far in the region is 34 000 ha, distributed in all the municipalities that comprise the coastal plain, so too much of the cultivated area is not well located in the areas marked as potentially productive.

Suitable: these areas do not meet any of the categories required by the classification, so they have been downgraded one class. The suitable areas cover an area of 115 501 ha, located in a strip in the middle part of the study area. Part of the area planted with oil palm is in this zone, so there is a difference in terms of crop development and yield, compared to those established in the Very suitable zone.

Marginally suitable: this zone has greater limitations, that is, it does not meet the requirements of the crop and the methodology is very demanding in this aspect, causing degradation in more than one category. It covers an area of 94 632 ha, located towards the southern part of the region. There are oil palm plantations in this area, the prevalence of the crop is because the plant is noble and resistant to severe moisture conditions and long periods of drought, the result will be seen in the behavior of the plant, as well as in fruit production.

Not suitable: these areas do not meet the necessary conditions for oil palm cultivation, meaning, these areas are not suitable for the establishment of this crop. The unsuitable areas occupy about 50 % of the

pendiente favorable, debido a la escasez de humedad y presencia de temperaturas elevadas, se ubica como zona no apta y marginalmente apta. La parte media de la región es la que cumple con las condiciones adecuadas, ahí se reúnen las características de pendiente, temperatura y humedad necesarias para el cultivo, resultando en zonas aptas y muy aptas en este estudio (Figura 5).

Con la información resultante se calculó la superficie que ocupa cada área por nivel de aptitud climática en la región. Así se obtuvo que, solo poco más del 40% del área se encuentra en las categorías de mayor aptitud climática para el cultivo de palma de aceite en el Soconusco, Chiapas. A partir de la revisión de las unidades de suelos para la producción de cultivos específicos se generó como resultado la respectiva clasificación en la que se ubica a la parte media de la región con suelos favorables. Hacia la parte costera se encuentran suelos salinos (Solonchak) que presentan limitaciones para el crecimiento de la planta debido al contenido de sales que poseen. Producto de la clasificación por características edafológicas se tiene que un poco más del 35 % del área de estudio se ubica en los suelos aptos para el cultivo de palma de aceite, mientras que la mayor proporción de territorio no cumple con el requerimiento, por lo que el factor suelo se convierte en un componente fuertemente limitante para el establecimiento de este importante cultivo (Cuadro 4).

La retención de humedad de un suelo está determinada por su textura. Esta definirá el grado de humedad que puede ser aprovechable. La textura gruesa no cumple con las características necesarias para que el cultivo de palma pueda desarrollar un buen sistema radical, lo cual es fundamental para la absorción de nutrientes y agua. Aplicando este criterio se obtiene que alrededor del 33 % del territorio en estudio tiene suelos cuyas texturas son apropiadas para el cultivo de palma de aceite, en la mayor proporción no existen condiciones de texturas en los suelos en los que se recomienda establecerlo.

El resultado obtenido en las interacciones de las categorías climáticas y edáficas muestra diferentes áreas de aptitud para el cultivo de la palma de aceite en el Soconusco, Chiapas. Al ser un cultivo netamente industrial, como cualquier especie cultivada requiere de un manejo especial y condiciones específicas para su establecimiento. Aplicando las categorías de la metodología de ZAE (División climática, Sistema de Topoformas, Periodo de crecimiento, Unidades de Suelo y Textura), se obtiene el Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de palma de aceite con un nivel de inversión alto con características naturales,

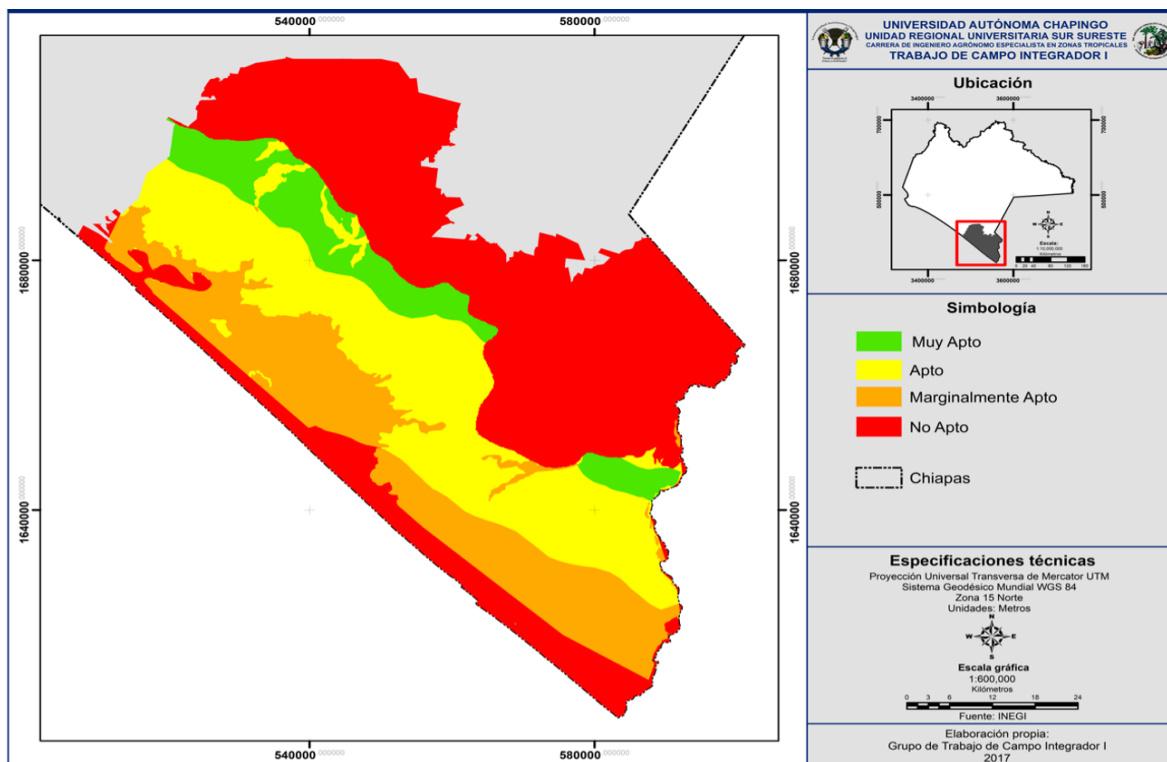


Figure 6. Agroecological zoning of oil palm in the Soconusco region, Chiapas.

Figura 6. Zonificación agroecológica de la palma de aceite en la región Soconusco, Chiapas.

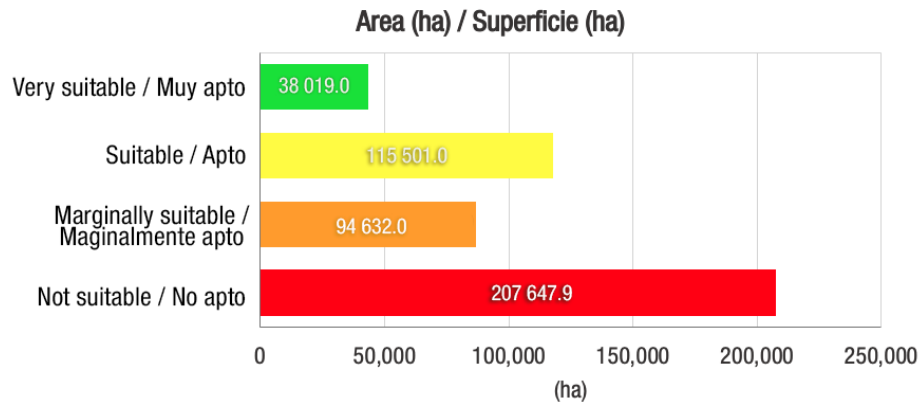


Figure 7. Suitability levels of agroecological zoning in Soconusco, Chiapas.

Figura 7. Niveles de aptitud de la zonificación agroecológica en el Soconusco, Chiapas.

study area, covering an area of 207 647.9 ha, located in the northern and southern parts of the region. The former because of its steep slopes and the latter because of its restrictive saline soils (Figure 7).

There are probably areas in the suitable, marginally suitable and unsuitable zones that meet the requirements of the plant (Very suitable) and have not been differentiated on the map, this is because the scale used was 1:250,000 and they are not identifiable by the minimum area that can be mapped.

es decir, con las condiciones que la naturaleza provee, generándose cuatro niveles de aptitud. Muy apta: en esta zona se reúnen las condiciones climáticas y edáficas favorables para el desarrollo de la palma de aceite. Se encuentra distribuida en una franja que pasa por los municipios de Acacoyagua, Huixtla y Villa Comaltitlán, cubriendo una superficie de 38 019 ha (Figura 6). La superficie establecida de palma de aceite hasta ahora en la región es de 34 000 ha, distribuidas en todos los municipios que comprende la llanura costera, por lo que demasiada superficie cultivada

**Table 5. Suitability levels for oil palm in Soconusco, Chiapas.**  
**Cuadro 5. Niveles de Aptitud para palma de aceite en el Soconusco, Chiapas.**

Suitability category / Categoría de Aptitud	Area (ha) / Superficie (ha)	Percentage (%) / Proporción (%)	Area (ha) / Superficie (ha)	Percentage (%) / Proporción (%)
NS / NA	207 647.9	45.55		
Ma / Ma	94 632.0	20.76	302 279.9	
S / A	115 501.0	25.34		
VS / MA	38 019.0	8.34	153 520.0	33.68
<b>Total</b>	<b>455 802.9</b>	<b>100</b>		

The very suitable and suitable categories are those that meet the soil conditions required by oil palm cultivation for adequate development, and those that naturally contain the possibility of supporting and maintaining acceptable oil palm production, for a total of 153 520 ha, while 302 279.9 ha are not suitable for oil palm (Table 5).

The best environmental conditions for oil palm plantations (33.68 %) are found in the middle part of the study area, describing a strip that runs along the Soconusco; while the zones with strong limitations (66.31 %) are mostly located in the northern part of the territory, especially in the hills and highlands, and in a smaller strip towards the south near the coastal border on saline and floodable soils.

**Conclusions**

The areas with the highest productive potential for oil palm production in Soconusco were spatially defined, as well as those that do not meet the ideal requirements based on their natural environmental characteristics.

The best soil and climatic conditions for oil palm plantations are found in 38 019 ha corresponding to the Very Suitable category and 115 501 ha corresponding to the Suitable category. These two categories together account for 153 520 ha (33.68 %), being the most suitable for oil palm cultivation in Soconusco.

The marginally suitable and not suitable categories cover a total of 302 279.9 ha (66.31 %), being the least recommendable for oil palm cultivation.

no está bien ubicada en las áreas marcadas como potencialmente productivas.

Apta: estas áreas no cumplen con alguna de las categorías que exige la clasificación por lo que han sido degradadas una clase. Las zonas aptas cubren una superficie de 115 501 ha, ubicadas en una franja de la parte media del área de estudio. Parte de la superficie sembrada con palma de aceite se encuentra en esta zona, por lo que se observa diferencia en cuanto a desarrollo y rendimiento productivo del cultivo, comparado con las establecidas en la zona Muy apta.

Marginalmente apta: esta zona presenta mayores limitaciones, es decir, no cumple con las exigencias del cultivo y la metodología es muy rigurosa en ese aspecto, causando degradación en más de una categoría. Ocupa una superficie de 94 632 ha, ubicada hacia la parte sur de la región. Existen plantaciones de palma de aceite en esta zona, la prevalencia del cultivo es debido a que la planta es noble y resistente a condiciones severas de humedad y a largos periodos de sequía, el resultado se verá en el comportamiento de la planta, así como en la producción de fruta.

No apta: estas áreas no reúnen las condiciones necesarias para cultivar palma de aceite, en definitiva, no son áreas adecuadas para el establecimiento del cultivo. Las zonas no aptas ocupan cerca del 50 % del área de estudio, cubriendo una superficie de 207 647.9 ha, ubicadas en la parte norte y sur de la región. La primera de ellas por presentar pendientes fuertes y, la segunda restrictiva respecto a condición de suelos salinos (Figura 7).



Among the physical components that condition the growing of oil palm in Soconusco we find the slope of the land, which reduces the possibility of its establishment by 44.8 %, followed by the soil factor, particularly depth and texture, since thin soils and coarse textures are not recommended for the establishment of oil palm as a crop.

In Soconusco there are currently 34 000 ha under oil palm, according to the agro-ecological zoning, most of this area is in the Very Suitable zone, while a smaller but no less important percentage is located between the Suitable and marginally Suitable zones.

Due to the limited digitalized information of the study area, a greater level of detail was not achieved, however, a first approach was achieved allowing a better planning of the use of productive spaces.

### Acknowledgements

The authors thank the institutions, production associations, producers and other people who contributed with their time, information and valuable opinions for the development of this study.

*End of English version*

### References / Referencias

- Aguilar, G. N., Arias N., A. A., y Santoyo C., V. H. (2013). La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.): avances y retos en la gestión de la innovación. CIESTAAM, UACH. Chapingo, México. 140 p.
- Arias, A. N. A. y González S., M. V. (2014). La palma de aceite. En: Mata, G. B. 2014. Palma de aceite en México. Política gubernamental e innovación tecnológica. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. México. 12-29 pp.
- Castellanos, N. A. (2018). Palma de aceite en tierras campesinas: la política de las transformaciones territoriales en Chiapas, México. *Revista Pueblos y fronteras digital*, 13.
- Castro, S. G. (2009). La palma africana en México. Los monocultivos desastrosos. Otros Mundos, AC/ Amigos de la Tierra México. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 10 p. [http://www.wrm.org.uy/paises/Mexico/Palma\\_Africana\\_II.pdf](http://www.wrm.org.uy/paises/Mexico/Palma_Africana_II.pdf). (consultado el 25 de mayo de 2017).
- Del Carpio, P. C. U. (2017). Soconusco, Chiapas. Transformaciones ambientales de origen antrópico. *DECUMANUS*, 2(2).
- FAO, (1997). Zonificación agroecológica. Guía general. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.

Seguramente en las zonas apta, marginalmente apta y no apta, existan áreas que cumplan con los requerimientos de la planta (Muy apta) y no se haya diferenciado en el mapa, esto es debido a que la escala utilizada fue de 1:250,000 y no son identificables por el área mínima cartografiable.

Las categorías muy apta y apta son las que reúnen las condiciones edafoclimáticas que requiere el cultivo de palma de aceite para su desarrollo adecuado, y las que de manera natural contienen la posibilidad de soportar y mantener productivamente aceptable a la palma de aceite, en un total de 153 520 hectáreas; mientras que 302 279.9 hectáreas no son aptas para el cultivo de esta oleaginosa (Cuadro 5).

Las mejores condiciones medioambientales para el cultivo de palma de aceite (33.68 %) se localizan en la porción media del área de estudio, describiendo una franja que corre a lo largo del Soconusco; mientras que las zonas con fuertes limitaciones (66.31 %) están localizadas en su mayor proporción en la parte norte del territorio, particularmente en condiciones de lomeríos y sierra, y en una franja más pequeña hacia el sur cerca del bordo costero sobre suelos salinos e inundables.

### Conclusiones

Se definieron espacialmente las zonas con mayor potencial productivo para el establecimiento de la palma de aceite en el Soconusco, así como aquellas que no cumplen con los requerimientos idóneos con base en las características ambientales naturales que poseen.

Las mejores condiciones edafoclimáticas para el cultivo de palma de aceite se encuentran en 38 019 hectáreas correspondientes a la categoría Muy Apta y 115 501 ha que corresponden a la categoría Apta. Ambas categorías reúnen 153 520 ha (33.68 %), siendo estas las más adecuadas para establecer el cultivo en el Soconusco.

Las categorías marginalmente aptas y no aptas cubren un total de 302 279.9 ha (66.31 %), siendo estas las menos recomendables para el cultivo de esta oleaginosa.

Entre los componentes físicos que condicionan el cultivo de palma de aceite en el Soconusco se encuentran la pendiente del terreno que reduce en 44.8 % la posibilidad de su establecimiento; seguida del factor suelo, particularmente la profundidad y



- Hernández, C. J. M., Olivera, de los S. A., Palacios, P. A., Sandoval, E. A., Grajales, S. M., Estrada, V. J. D., Domínguez, C. E., Alonso, B. M., Ortiz, C. E., Ávila, A. L. N., Alejo, J. A., Coutiño, F. M. A., y González, L. V. W. (2006). Tecnología para la producción de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. en México. 2ª ed. INIFAP. Libro técnico Núm. 14. 149 p.
- INEGI. (2010). Guía para la interpretación de cartografía edafología. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf>. (consultado el 28 de mayo de 2017).
- INEGI. (2017). Anuario estadístico y geográfico de Chiapas 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de <http://www.datatur.sectur.gob.mx>. (consultado el 30 de mayo de 2017).
- Ordaz, H. J. C. (2013). Uso potencial de la palma de aceite en la producción de biodiesel en México. Tesis Doctoral. Centro de investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 84 p.
- Pájaro, H. D. y Ortiz, S. C. A. (1992). Estimación del periodo de crecimiento por disponibilidad de agua y libre de heladas para la república mexicana. Centro de edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Sandoval, E. A. (2011). Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur sureste de México: Trópico húmedo 2011. Paquete tecnológico palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Establecimiento y mantenimiento. Centro Regional de Investigación Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México.
- SAGARPA. (2011). Palma de Aceite. México: Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios.
- SAGARPA (DDR TAPACHULA). (2017). Estadísticas sobre producción agrícola del Soconusco, Chiapas.
- SIAP (2015). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (consultado el 2 de junio de 2017).

la textura, ya que los suelos delgados y las texturas gruesas no son recomendables para establecer como cultivo la palma de aceite.

En el Soconusco actualmente existen 34 000 ha cultivadas con palma de aceite, según la zonificación agroecológica realizada, la distribución de esta superficie se ubica en gran parte en la zona Muy Apta, mientras que un porcentaje menor, pero no menos importante, se encuentra entre las zonas Apta y marginalmente Apta.

Debido a la limitante en cuanto a información digitalizada de la zona de estudio, no se alcanzó un nivel de detalle mayor, sin embargo, se logró un primer acercamiento que permite hacer una mejor planeación sobre el uso de los espacios productivos.

### Agradecimientos

A las instituciones, asociaciones de producción, productores y demás personas que brindaron su disponibilidad en tiempo, información y opinión de suma valía para la realización de este trabajo.

*Fin de la versión en español*

EN

# Cooling capacity and condensation of atmospheric humidity of shade trees in coffee plantations from the Pluma Hidalgo region, Oaxaca

ES

## Capacidad de enfriamiento y condensación de humedad atmosférica de los árboles de sombra en cafetales de la región Pluma Hidalgo, Oaxaca

Mario Castelán Lorenzo

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Preparatoria Agrícola. Área de Agronomía. Academia de Meteorología. km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

\*Corresponding author:  
mcastelanl@chapingo.mx.  
ORCID: 0000-0002-9587-7192

Received: December 6, 2021 /  
Accepted: March 28, 2022

DOI:  
10.5154/r.rchsat.2022.02.03

### Abstract

The cooling capacity of the vegetation is usually faster than the environment in a forest ecosystem, building up dew on the leaves of the trees that are in the tree canopy; depending on the species, they usually register different temperatures in the stem, in the leaves and branches. In this way, the temperatures of the main shade trees in coffee plantations of Pluma Hidalgo, Oaxaca, were compared in order to obtain which ones cool the fastest and, therefore, condense more atmospheric humidity. The temperatures of the environment, the dew point and stems and leaves of some main tree species were recorded for 24 hours to find the relationship between the cooling of the trees and the ambient temperature. To perform the data analysis, the Generalized Linear Model (GLM) was used with a gamma distribution, by using the Tidyverse, Broom and MuMIn packages, and the Software R version 4.1.2 and RStudio version 2021.09.2+382. As a result, it was found that the palo mujer (*Alchornea latifolia* Sw.) is the tree that reaches the lowest temperatures at the time the ambient temperature was lowest, which indicates that this tree has the greatest cooling capacity, therefore, in a reforestation project, its use is recommended to develop the function of condensing atmospheric humidity.

**Keywords:** Ambient temperature, *Alchornea latifolia* Sw., moisture condensation

### Resumen

La capacidad de enfriamiento de la vegetación suele ser más rápida que el ambiente en un ecosistema boscoso, formándose el rocío en las hojas de los árboles que se hayan en el dosel arbóreo; dependiendo de la especie, suelen ocurrir diferentes temperaturas tanto en el tallo, como en hojas y ramas. Se compararon las temperaturas de los principales árboles de sombra en cafetales de Pluma Hidalgo, Oaxaca, con el objetivo de registrar cuáles son los que enfrían más rápido y, por tanto, condensan mayor humedad atmosférica. Se registraron

**Please cite this article as follows (APA 6):** Castelán Lorenzo, M. (2022). Cooling capacity and condensation of atmospheric humidity of shade trees in coffee plantations from the Pluma Hidalgo region, Oaxaca. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 2(1), 33-43. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsat.2022.02.03>

las temperaturas, ambiental, punto de rocío y de tallos y hojas de algunas de las principales especies arbóreas durante 24 horas, con la finalidad de encontrar la relación entre el enfriamiento de los árboles con respecto a la temperatura ambiente. Para realizar el análisis de datos se empleó el modelo lineal generalizado (Generalized Linear Model, GLM) utilizando una distribución gamma, empleando los paquetes Tidyverse, Broom y MuMIn, y usando el programa informático R versión 4.1.2 y R Studio versión 2021.09.2+382. En los resultados, se encontró que el palo mujer (*Alchornea latifolia* Sw.) es el árbol que alcanzó las temperaturas más bajas en la hora en que la temperatura ambiente fue menor, lo cual indica que este árbol tiene la mayor capacidad de enfriamiento, por lo que, en un proyecto de reforestación, se recomienda emplear este árbol para que realice las funciones de condensación de humedad atmosférica.

**Palabras clave:** Temperatura ambiental, *Alchornea latifolia* Sw., condensación de humedad.

## Introduction

The horizontal precipitation occurs from the atmospheric humidity when it hits with objects below the ambient temperature (Rodríguez, et al., 2004). Generally, these objects are plant leaves in the landscape. This water produced through condensation is called dew, it appears in the early morning hours and if the temperature drops to 0 °C or lower, frost is formed (Barry y Chorley, 1999).

Each plant species responds differently to climatic factors and elements, due to their adaptability to the environmental requirements (Yepes and Silveira, 2011). Regarding the temperature, the thermoperiodicity is referred to the response of plants to the daily temperature fluctuation; Heuveldop, et al. (1986), say that the thermoperiodic behavior of the plants is an adaptation of species to the climate from which it originates.

On the other side, the vendose zone of the atmospheric water, which is the place where the horizontal precipitation occurs, plays a key role in the water cycle because it regulates the water services created in the ecosystem (Torres, 2013). From this vendose zone, water can be filtered to replenish the aquifers and, consequently, the permanence of this water service, mainly because the fog interception capability through the vegetation (Tobón and Girleza, 2007).

The vegetation tends to cool faster than the environment, thus, trees are able to condense water from the humidity in the environment, phenomenon known as horizontal precipitation, in such a way that, on the basis of each plant species cools in different forms, this study was carried out with the aim of identifying if the trees used as shade in coffee plantations are able

## Introducción

La precipitación horizontal ocurre a partir de la humedad atmosférica, cuando esta choca con objetos que están por debajo de la temperatura ambiente (Rodríguez, et al., 2004). Generalmente, estos objetos los constituyen las hojas de las plantas que se encuentran presentes en el entorno. Dicha agua producida por la condensación se denomina rocío, que ocurre en las primeras horas de la mañana y si la temperatura desciende a 0 °C o inferiores entonces se forma la helada blanca (Barry y Chorley, 1999).

Cada especie vegetal responde de manera distinta a los factores y elementos climáticos, dada la adaptabilidad propia de las mismas a los requerimientos ambientales (Yepes y Silveira, 2011). En lo que respecta a temperatura, la termoperiodicidad se refiere a la respuesta de las plantas a la fluctuación diaria de la temperatura; Heuveldop, et al. (1986), mencionan que el comportamiento termoperiódico de las plantas es una adaptación de las especies al clima del cual es originaria.

Por otra parte, la franja de condensación del agua atmosférica, que es el lugar donde ocurre la precipitación horizontal, juega un papel importante en el ciclo hidrológico en la regulación de los servicios hídricos que se generan en los ecosistemas (Torres, 2013). Es a partir de esta franja que puede infiltrarse el agua que ayuda a recargar los acuíferos y, por consecuencia, la permanencia de este servicio hídrico, principalmente por la capacidad de interceptación de niebla por la vegetación (Tobón y Girleza, 2007).

La vegetación tiende a enfriar más rápido que el ambiente, así, los árboles tienen la capacidad de condensar el agua a partir de la humedad existente en

to cool faster to condense water from the atmospheric humidity.

### Methodological approach

This study was conducted in the cloud forest of the municipality of Pluma Hidalgo, Oaxaca. With an average altitude of 1200 meters above sea level, it is located at the geographic coordinates: 15° 55" LN and 99° 25" LW. According to García (1981) the climate is humid semi-warm, with an average normal temperature of 20 °C and a rainfall of 2 692.3 mm, with abundant rain in summer.

A coffee plantation where a Portable Weather Station was installed with the following meteorological equipment: Laser Thermometer, Skywatch GEOS # 11 station and ratcheting Psychrometer, was selected. In addition to instruments and equipment necessary to the wooded characterization.

Meteorological parameters, atmospheric humidity, ambient temperature, dew point temperature, soil temperature and stem and leaf temperature of some of the main shade trees in coffee plantations were recorded, among them the inga (*Inga* spp. Mill.), mameyito (*Saurauia scabrida* Hemsl.), sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), palo mujer (*Alchornea latifolia* Sw.) and fruit species such as banana (*Musa* spp. L.) and coffee (*Coffea arabica*), for 24 hours with registration every half hour.

The generalized linear model (GLM) was employed by using a gamma distribution, which is characterized by showing a higher amount of events to the left of the mean than to the right and is used to represent a continuous, but only positive dependent variable of events to the left of the mean than to the right and is used to represent a continuous but only positive dependent variable. In this case, the response variable was the temperature.

The model used in the Gamma regression is represented with the following equation:

$$\frac{1}{y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$$

Where:

$\beta_0$  and  $\beta_1$  = are constant

X = is a variable that can be continuous or discrete

Note: the estimated parameters where the value of p-

el ambiente, fenómeno conocido como precipitación horizontal, de tal manera que, partiendo de que cada especie vegetal enfría de manera distinta, se realizó el presente estudio cuyo objetivo fue identificar cuales árboles usados como sombra en cafetales tienen la capacidad de enfriar más rápido para condensar agua a partir de la humedad atmosférica.

### Enfoque metodológico

El presente estudio se llevó a cabo en el bosque de niebla en el municipio de Pluma Hidalgo, Oaxaca. Con una altitud media de 1200 msnm, ubicado en las coordenadas geográficas: 15° 55" LN y 99° 25" LW. El clima de acuerdo con García (1981) es semicálido húmedo, con una temperatura media normal de 20 °C y una precipitación pluvial de 2 692.3 mm, con abundantes lluvias en verano.

Se seleccionó un cafetal en el cual se instaló una Estación Meteorológica Portátil con el siguiente equipo meteorológico: Termómetro Láser, Estación Skywatch GEOS # 11 y Psicrómetro de matraca. Además de instrumental y equipo necesario para la caracterización del arbolado.

Se registraron los parámetros meteorológicos, humedad atmosférica, temperatura ambiental, temperatura del punto de rocío, temperatura del suelo y la temperatura de tallos y hojas de algunos de los principales árboles de sombra en cafetales, entre ellos cuil (*Inga* spp. Mill.), mameyito (*Saurauia scabrida* Hemsl.), naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), palo mujer (*Alchornea latifolia* Sw.) y especies frutales como plátano (*Musa* spp. L.) y café (*Coffea arabica*), durante un período de 24 horas con registro cada media hora.

Se empleó el modelo lineal generalizado (Generalized Linear Model, GLM) utilizando una distribución gamma, la cual se caracteriza por presentar una mayor densidad de sucesos a la izquierda de la media que a la derecha y se usa para representar una variable dependiente continua, pero solo positiva. En este caso la variable respuesta fue la temperatura.

El modelo utilizado en la regresión *Gamma* es representado por la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$$

Donde:

$\beta_0$  y  $\beta_1$  = son constantes

X = es una variable que puede ser continua o discreta

value was less than a probability of 0.05 ( $P < 0.05$ ) were considered statistically significant.

In order to analyze the data, the Tidyverse (Wickham, 2019), Broom (Robinson and Hayes, 2020) and MuMIn (Bartón, 2019) packages were used, as well as the R version 4.1.2 (R Core Team, 2021) and RStudio version 2021.09.2+382 (RStudio Team, 2022).

## Results and discussion

The ambient temperature was related to the leaf temperature of shade trees and coffee. In the coffee plantations of Pluma Hidalgo, Oaxaca, the palo mujer (*Alchornea latifolia*) was the tree that reached lower temperatures, followed by the mameyito (*Saurauia scabrida*), identified as a bird friendly tree, and the coffee (*Coffea arabica*), which has the greater capacity to condense the atmospheric humidity (Figure 1).

Between 23:00 and 05:00 hours the condensation appears, when the ambient temperature reaches dew point, and the leaf temperature drops below the ambient and dew point temperatures. In this case, the results of the Gamma regression analysis through the GLM show a greater degree of association between the temperature with the time variable ( $P < 0.05$ ) by highlighting the palo mujer that cools faster than the other species (Figure 2).

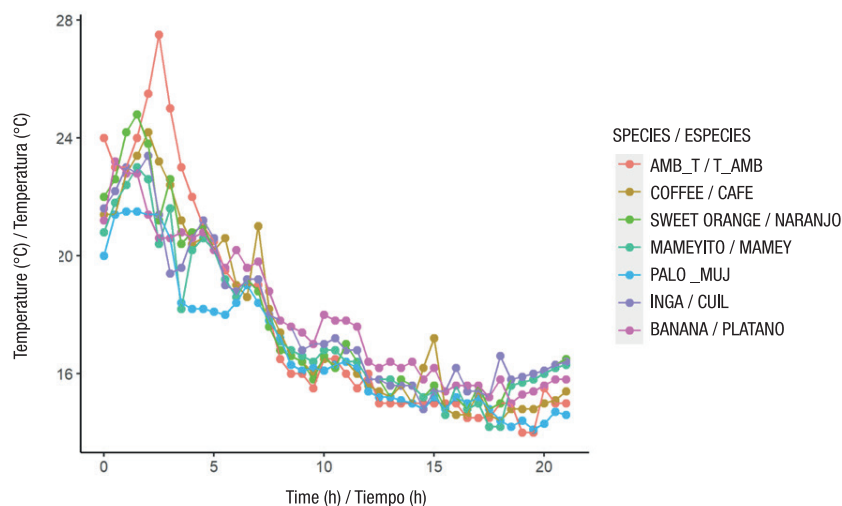
Nota: los parámetros estimados en los que el valor de  $p$ -value fue menor a una probabilidad de 0.05 ( $P < 0.05$ ) se consideraron estadísticamente significativos.

Para realizar el análisis de los datos se utilizaron los paquetes Tidyverse (Wickham, 2019), Broom (Robinson y Hayes, 2020) y MuMIn (Bartón, 2019), y se usó el programa informático R versión 4.1.2 (R Core Team, 2021) y RStudio versión 2021.09.2+382 (RStudio Team, 2022).

## Resultados y discusión

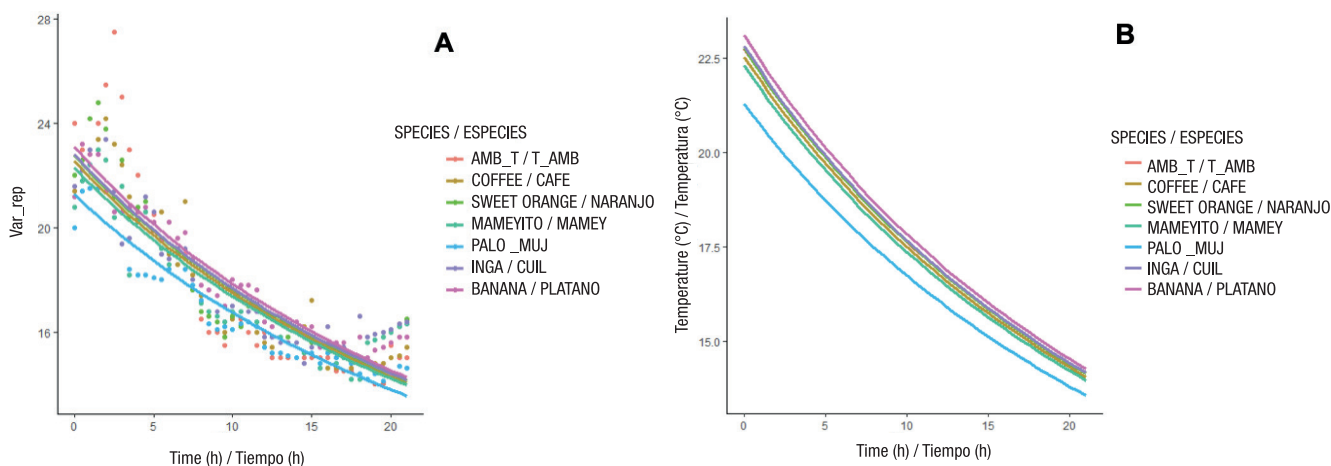
La temperatura ambiental estuvo relacionada con la temperatura de las hojas de los árboles de sombra y el café. En los cafetales de Pluma Hidalgo, Oaxaca, el palo mujer (*Alchornea latifolia*) fue el árbol que alcanzó las temperaturas más bajas, seguido del mameyito (*Saurauia scabrida*), identificados como árboles amigables con las aves, y café (*Coffea arabica*), teniendo la mayor capacidad para condensar la humedad atmosférica (Figura 1).

Entre las 23:00 y 05:00 horas se presenta la condensación, cuando la temperatura ambiental alcanza el punto de rocío y la temperatura de las hojas descienden por debajo de la ambiental y el punto de rocío. En este caso los resultados del análisis de regresión Gamma mediante el GLM muestran un mayor grado de asociación entre la temperatura con la variable



**Figure 1. General temperature behavior (°C) through the time (h) for the six tree species, in addition to the ambient temperature in Pluma Hidalgo, Oaxaca.**

**Figura 1. Comportamiento general de la temperatura (°C) a través del tiempo (h) para las seis especies de árboles, además de la temperatura ambiental en Pluma Hidalgo, Oaxaca.**



**Figure 2. Curves generated from the Gamma regression for the association between the variables of temperature (°C) and time (h) for the tree species (A and B). The points represent the observations for each tree species (A).**

**Figura 2. Curvas generadas de la regresión Gamma para la asociación entre la variable temperatura (°C) y el tiempo (h) para las especies de árboles (A y B). Los puntos representan las observaciones por cada especie de árbol (A).**

In terms of daily temperature variation, Candel (2001) says that the maximum one occurs between 14:00 and 16:00 hours, particularly in summer, otherwise, it occurs when the sun reaches greater height above the horizon. At the same time, the minimum temperature is reached around 6 am, shortly after sunrise.

The change in heat in a place depends on the temperature differences between the sun and the vegetation, being the soil temperature much lower than the ambient temperature, as it is shown in Figure 3 for the coffee plantations of Pluma Hidalgo, it is probably because the vegetation modifies the soil temperature, since it intercepts radiation and reduces evaporation by retaining greater humidity in the soil (Heuvel dop et al. 1986). These authors say that the difference in temperature from the outside to the inside of a vegetation cover is up to 5 % of the total that affects the upper part of the foliage.

In order to regulate the plant temperature, it is necessary to regulate the solar radiation that strikes it because this is the route of heat transmission to the environment (López, 2009).

The plant temperature depends on the air temperature and the physical characteristics of the leaf and its perspiration intensity (Steubing, et al., 2001). The ambient temperature variations create modifications in the plant temperature, which varies depending on the part of the plant (leaf, stem, flower, fruit) and on its physiological state, the perspiration is one of the factors that allows the temperature regulation; for this,

tiempo ( $P < 0.05$ ) destacando el palo mujer que enfría más rápido que el resto de las especies (Figura 2).

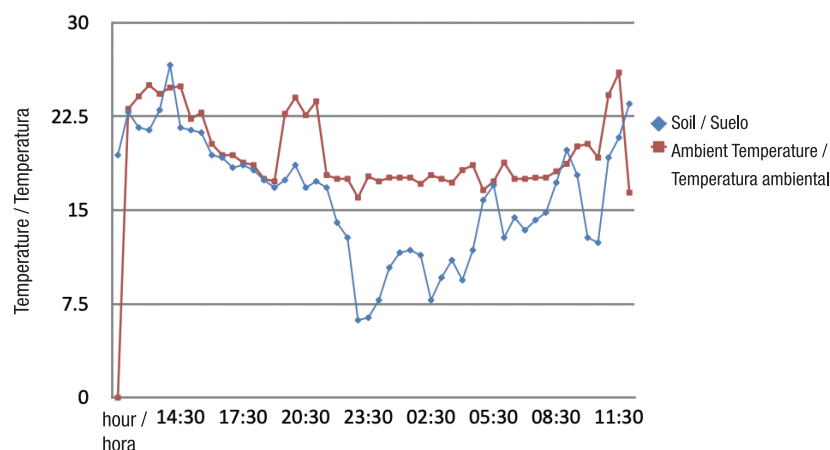
En la variación diaria de la temperatura, Candel (2001) menciona que la máxima se presenta entre las 14:00 y 16:00 horas, sucediendo particularmente en el verano, en caso contrario se presenta cuando el sol alcanza mayor altura sobre el horizonte. A su vez, la mínima se produce alrededor de las 6 de la mañana, poco después de la salida del sol.

El cambio que sufre el calor en un sitio depende de la diferencia de temperaturas entre el suelo y la cobertura vegetal, siendo la temperatura del suelo mucho menor que la ambiental, como se muestra en la Figura 3 para los cafetales de Pluma Hidalgo, esto se debe probablemente a que la cobertura vegetal modifica la temperatura del suelo, debido a que intercepta la radiación y reduce la evaporación manteniendo mayor humedad en el suelo (Heuvel dop et al. 1986). Estos autores mencionan que la diferencia de la temperatura del exterior al interior de una cubierta vegetal es hasta de 5 % del total que incide en la parte superior del follaje.

Para regular la temperatura de las plantas, es necesario regular la radiación solar que llega a la misma por ser esta la vía de transmisión de calor al ambiente (López, 2009).

La temperatura de las plantas depende de la temperatura del aire y de las características físicas de la hoja y su intensidad transpiratoria (Steubing, et al., 2001). Las





**Figure 3. Comparison between the soil temperature and the ambient temperature in Pluma Hidalgo, Oaxaca.**  
**Figura 3. Comparación entre la temperatura del suelo y la temperatura ambiental en Pluma Hidalgo, Oaxaca.**

the part of the plant with higher perspiration capacity is the one that can better maintain its thermal regulation, mainly the leaves.

On the other side, the vegetation cover is important for the temperature modification, thus, López (2009) points out that the effect produced by a forest is freshness and humidity, which is attributed to the reduction of ground heating due to the vegetation shades; also, the hatching soil is coolest that the soil from an open area, because the vegetation blocks the laminar air-flow, avoiding heat exchange by convection.

The solar radiation that strikes the soil is interrupted by the vegetation cover for its release, thus, the soil and forest air at night are warmer than in a nearby glade. From there, the ground absorbs the energy of the warmer air above it by cooling the forest air. With the forest perspiration, the microclimate is more humid than in adjacent glades, and the amount of energy needed to raise the temperature of the air is greater (Reed and Mroz, 1997; Ayllón, 2013).

The tree temperature as source of cooling and condensation of humidity.

The tree temperature results from the heat release produced from the metabolism and the absorption and loss of radiant energy, which at the same time, depends on the exposed surface area, on its contact with air and soil and the insulation of its tissues. López (2009), points out the following functions of the vegetation in this process:

1. Perpendicular leaves to the solar rays receive a greater amount of radiant energy.

variaciones de la temperatura ambiental originan modificaciones de la temperatura de la planta, variando según la parte de la planta (hoja, tallo, flor, fruto) y de su estado fisiológico, uno de los factores que permiten la regulación de la temperatura es la transpiración; por lo que, la parte de la planta que tiene la capacidad de transpirar es la que puede mantener mejor su regulación térmica, principalmente las hojas.

Por otra parte, la cubierta vegetal es significativa en la modificación de la temperatura, así, López (2009) señala que el efecto que produce un bosque es de frescura y humedad, atribuyéndoselo a la reducción del calentamiento del suelo debido a la sombra de la vegetación; además, el suelo sombreado es más frío que el de un área abierta, ya que la vegetación interrumpe el flujo laminar del aire, impidiendo el intercambio de calor por convección.

La radiación solar que llega al suelo se ve interrumpida por la cubierta vegetal para su liberación, entonces, el aire del bosque y el suelo durante la noche está más caliente que en un claro cercano. De aquí resulta que el suelo absorbe la energía del aire más caliente arriba de él, enfriando el aire del bosque. Con la transpiración del bosque, el microclima es más húmedo que en los claros adyacentes, y la cantidad de energía que se necesita para elevar la temperatura del aire es mayor (Reed y Mroz, 1997; Ayllón, 2013).

La temperatura del árbol como fuente de enfriamiento y condensación de humedad.

La temperatura del árbol resulta de la liberación de calor que se produce del metabolismo y de la absorción y pérdida de energía radiante, lo cual, a su vez,

2. Open leaves absorb more than the folded ones.
3. The reflection of solar rays on leaves is favored by the pubescence, scales, and thick cuticle.
4. The temperature absorption is higher on the smooth leaf surfaces with thick cuticle.
5. When there are low temperatures, the heat from the water prevents damage at cellular level.
6. The tree temperature ranges from  $-45^{\circ}\text{C}$  to  $40^{\circ}\text{C}$  during the day and through the seasons of the year.
7. In the afternoon, the temperature inside a tree can be higher than that of the environment, because during the day it absorbs a large amount of heat that has not had time to lose.
8. On a dry day, the inside of a tree tends to present a lower temperature than the environment, because the heat loss due to intense evapotranspiration.

Based on the above, all trees can condense water. However, due to their physical characteristics, some of them cool faster and, thus, condensate more humidity, in this way, the inhabitants of rural areas identify these trees as water producers, according to the people criteria, this knowledge has been acquired from the expertise in observing this phenomenon. Excepting the banana and inga, the other tree species are below ambient temperature, and they can be considered as good water producers, whose cooling is constant, the palo mujer highlights as the tree that cools faster and the banana as the one with the lower cooling (Figures 4 and 5).

On the other side, the dew on the plant leaves is present throughout the year, but on summer days in which the night temperature does not drop as much, it only appears on the plants that are not directly or excessively exposed to the sun or on the low height leaves. However, according to Steubing et al. (2001) the dew is never enough to exceed a measurable amount of 0.8 mm per night, which does not allow comparison with the levels of millimeters or effects that rain can have on the surface. The temperatures of the different trees behave more or less in the same way, and when developing their projection, the palo mujer and coffee highlight as the species that cool faster (Tables 1 and 2).

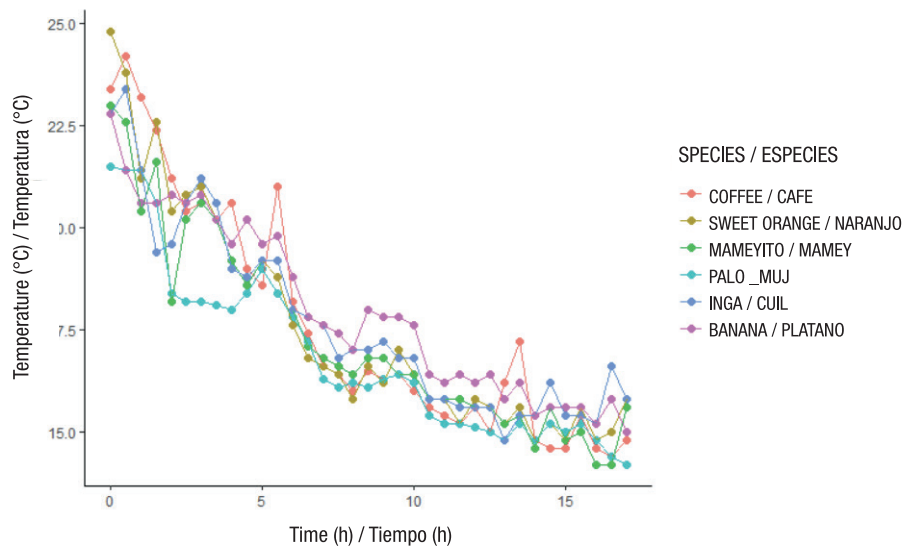
depende del área superficial expuesta, de su contacto con el aire y suelo y del aislamiento de sus tejidos. López (2009), señala las siguientes funciones de la vegetación en dicho proceso:

1. Las hojas perpendiculares a los rayos solares reciben una mayor cantidad de energía radiante.
2. Las hojas abiertas absorben más que las plegadas.
3. La reflexión de los rayos solares en las hojas se ve favorecida por la pubescencia, escamas y cutícula gruesa.
4. La absorción de temperatura es mayor en las superficies foliares lisas con cutícula delgada.
5. Cuando ocurren bajas temperaturas, el calor que contiene el agua previene daños a nivel celular.
6. La temperatura del árbol oscila entre  $-45^{\circ}\text{C}$  a  $40^{\circ}\text{C}$  durante el día y a través de las estaciones del año.
7. Por la tarde la temperatura interior de un árbol puede ser mayor que la del ambiente, debido a que durante el día absorbe una gran cantidad de calor que no ha tenido tiempo de perder.
8. En un día seco, el interior de un árbol suele tener una menor temperatura que el ambiente, por la pérdida de calor que ocasiona la intensa evapotranspiración.

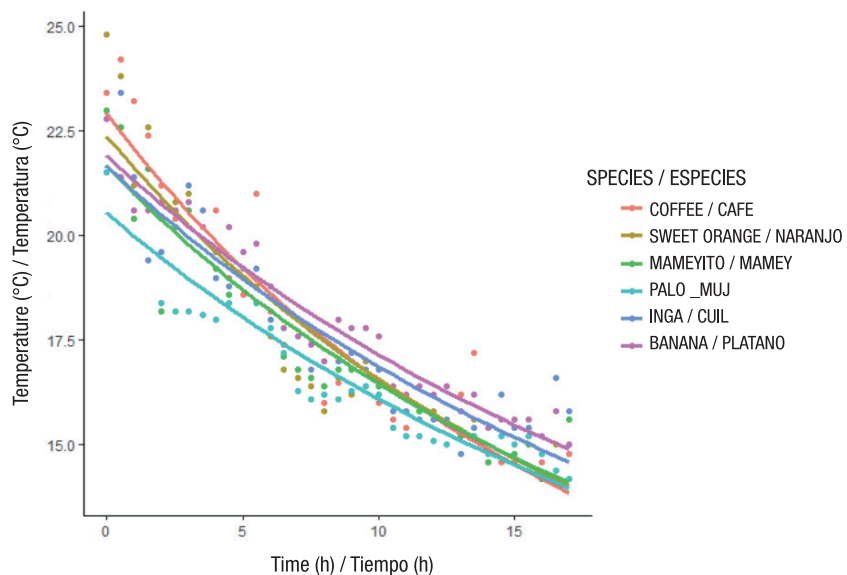
Partiendo de lo anterior, todos los árboles tienen la capacidad de condensar agua. Sin embargo, debido a sus características físicas, algunos enfrían más rápido y, por lo tanto, condensan más humedad, de esta manera, los habitantes de zonas rurales identifican a estos árboles como productores de agua, según criterios de las personas, estos conocimientos han sido adquiridos por su experiencia en la observación de este fenómeno. Exceptuando al plátano y al cuil, las demás especies de árboles se mantienen por debajo de la temperatura ambiental, pudiendo considerarse como buenas productoras de agua, cuyo enfriamiento se mantiene constante, destacando el palo mujer como el árbol que enfría más rápido y el plátano como el de menor enfriamiento (Figuras 4 y 5).

Por otra parte, el rocío en las hojas de las plantas se presenta durante todo el año, pero en los días de verano en los que la temperatura nocturna no baja tanto,





**Figure 4. General temperature behavior of the six species in Pluma Hidalgo, Oaxaca.**  
**Figura 4. Comportamiento general de la temperatura de las seis especies en Pluma Hidalgo, Oaxaca.**



**Figure 5. Curves generated from the Gamma regression for the association between the temperature (°C) and time (h) variables for the tree species. The points represent the observations for each tree species.**  
**Figura 5. Curvas generadas de la regresión Gamma para la asociación entre la variable temperatura (°C) y el tiempo (h) para las especies de árboles. Los puntos representan las observaciones por cada especie de árbol.**

**Table 1. Basic statistical data of temperatures (°C) recorded for the six tree species.****Cuadro 1. Estadísticos básicos de las temperaturas (°C) que se registraron para seis especies de árboles.**

Species / Especie	Average / Media	Standard deviation / Desviación estándar
Coffee / Café	17.6442	3.0023
Sweet orange / Naranja	17.7814	2.8987
Mameyito / Mamey	17.5000	2.5062
Palo mujer	16.8535	2.3528
Inga / Cuil	17.8209	2.4762
Banana / Plátano	17.9930	2.4339

**Table 2. Predicted values of the response variable obtained from the Gamma regression model.****Cuadro 2. Valores predichos de la variable respuesta obtenidos a partir del modelo de regresión Gamma.**

Tree species / Especies de árboles	Length of time (h) / Tiempo transcurrido (h)	Temperature predicted values (°C) / Valores predichos de temperatura (°C)	Temperature observed values (°C) / Valores observados de temperatura (°C)
Coffee / Café	17	13.86	14.4
Sweet orange / Naranja	17	14.02	15.8
Mameyito / Mamey	17	14.09	15.6
Palo mujer	17	13.97	14.2
Inga / Cuil	17	14.60	15.8
Banana / Plátano	17	14.89	15.0

Coffee plantations of Pluma Hidalgo are at a latitudinal range where the largest amount of water condensed by horizontal precipitation occurs, according to Tinoco et al. (2009) it ranges from 1 000 to 2 200 meters above sea level. These authors point out that the horizontal precipitation in the mountainous cloud forest from the state of Hidalgo, in this range, the water amount varies from 605 to 870 mm, showing the largest amount in the range 1 400-1 600 m. The ambient humidity presented at the time of temperature recording was about 80 %, considered as high humidity.

In general, the Pluma Hidalgo region is considered wet zone due to the effect of wet air from the Pacific, that when penetrating the mountainous system originates rains that occur during the summer and autumn; in this way, the water amount obtained from the use of fog depends on factors such as: topography of the site, exposure to prevailing winds, wind speed, vegetation cover, among others; the fog leaves water on the branches and the vegetation leaves, as well as on the rocks, with which the forest has abundant humidity, and it explains the physiognomic, ecological, cli-

solo se forma en las plantas que no están expuestas de manera directa o excesiva al calor del sol o en las hojas de baja altura. Sin embargo, según Steubing et al. (2001) el rocío nunca llega a ser suficiente como para sobrepasar una cantidad mensurable de 0.8 mm por noche, lo cual no permite compararse con los niveles de milímetros o efectos que la lluvia puede tener sobre la superficie. Las temperaturas de los diferentes árboles se comportan más o menos de la misma manera, y al realizar la proyección de éstas, destaca igualmente el palo mujer y el café como las especies que enfrían más rápido (Cuadros 1 y 2).

Los cafetales de Pluma Hidalgo se encuentran en el rango altitudinal donde se presenta la mayor cantidad de agua condensada por precipitación horizontal, que de acuerdo con Tinoco et al. (2009) es de los 1 000 a los 2 200 msnm. Estos autores señalan que la precipitación horizontal en el bosque mesófilo de montaña del estado de Hidalgo, en este mismo rango, la cantidad de agua varía de 605 a 870 mm, presentándose la mayor cantidad en el rango 1 400-1 600 m. La humedad ambiental que se presentó en

matic and floristic wealth of the coffee eco-system of Pluma Hidalgo and the entire Loxicha region; the agroecosystem maintains and preserves the plant architecture and biodiversity (Cárcamo and Noriega, 2019). This condition allows trees to be a barrier to regional air circulation, where stems, branches and leaves achieve a lower temperature regarding the ambient temperature of areas devoid of vegetation, which favors the condensation of numerous water droplets providing the hydrological environmental service.

Braojos and García (2009) point out that, in the island of Tenerife, in the type of vegetation consisting of the Canary Island pine (*Pinus canariensis*) between 800 and 2 000 meters above sea level, the water condensation capacity is  $46 \text{ L}\cdot\text{m}^2\cdot\text{year}^{-2}$ . From which:

$11 \text{ L}\cdot\text{m}^2\cdot\text{year}^{-1}$  evaporates from the treetops (interception).

$35 \text{ L}\cdot\text{m}^2\cdot\text{year}^{-2}$  is the water that reaches the soil (effective precipitation).

According to Álvarez (2001), in the Perote region, Veracruz, the forest of *Pinus montezumae* condenses 48 liters of water per hour from the fog, compared with the 57.9 liters per hour reported by Barradas (1983) also for the *P. montezumae* in Las Vigas, Veracruz.

Since the palo mujer cools faster than other shade trees, it can condense more water from the fog, which is especially important mainly during the dry season of the year where the horizontal precipitation is absent.

## Conclusions

It is suggested to develop a study about the water amount produced by the horizontal precipitation created by shade trees in the region, this is, to assess permanently the phenomenon of condensation, which would allow to calculate the water amount produced by the fog that is very important to recharge groundwater systems during the dry season and taking into account decision making about the natural resources management.

The palo mujer (*Alchornea latifolia*) cooled faster than the other shade trees in coffee plantations of Pluma Hidalgo, which can favor moisture condensation from the fog.

The meaning of the shade trees in coffee plantations is particularly important, therefore, from the data obtained, if reforestation is conducted in the region, it is suggested to use the palo mujer as the main tree.

*End of English version*

el momento del registro de las temperaturas fue alrededor del 80 %, considerada como humedad alta.

En general, la región Pluma Hidalgo se considera como región húmeda por el efecto del aire húmedo proveniente del pacífico, que al penetrar al sistema montañoso origina las lluvias que se presentan durante el verano y el otoño; de esta manera, la cantidad de agua obtenida por el aprovechamiento de la niebla depende de factores como: topografía del lugar, exposición a los vientos dominantes, velocidad del viento, cubierta vegetal, entre otros; la niebla deja agua en las ramas y hojas de la vegetación, así como en las rocas, con lo cual el bosque dispone de abundante humedad, explicando la riqueza fisonómica, ecológica, climática y florística del ecosistema cafetalero de Pluma Hidalgo y toda la región de Loxicha; el agroecosistema, mantiene y conserva la arquitectura vegetal y la biodiversidad (Cárcamo y Noriega, 2019). Esta condición permite que el arbolado sea una barrera para la circulación regional del aire, donde tallos, ramas y hojas presentan una menor temperatura respecto a la temperatura ambiental de áreas carentes de vegetación, lo que favorece que se condensen numerosas gotas de agua proveyendo el servicio ambiental hidrológico.

Braojos y García (2009) señala que, en la isla de Tenerife, en el tipo de vegetación compuesta por el pino canario (*Pinus canariensis*) entre los 800 y 2 000 msnm, la capacidad de condensación de agua es de  $46 \text{ L}\cdot\text{m}^2\cdot\text{año}^{-2}$ . De los cuales:

$11 \text{ L}\cdot\text{m}^2\cdot\text{año}^{-1}$  se evaporan desde las copas de los árboles (agua de interceptación).

$35 \text{ L}\cdot\text{m}^2\cdot\text{año}^{-2}$  es el agua que llega al suelo (lluvia neta).

Según Álvarez (2001), en la región de Perote, Veracruz, el bosque de *Pinus montezumae* condensa 48 litros de agua por hora a partir de la niebla, comparado con los 57.9 litros por hora reportados por Barradas (1983) igualmente para *P. montezumae* en Las Vigas, Veracruz.

El palo mujer al enfriar más rápido que los demás árboles de sombra puede condensar más agua a partir de la niebla, pudiendo ser de gran importancia principalmente en la temporada seca del año donde la lluvia vertical está ausente.

## Conclusiones

Se sugiere realizar un estudio sobre la cantidad de agua producida por precipitación horizontal de los árboles de sombra en la región, es decir, evaluar el fenómeno de la condensación en forma permanente, lo cual permitiría estimar la cantidad de agua producto

## Referencias / Referencias

- Álvarez, O. L. R. (2001). *Determinación de turnos para las principales especies de coníferas en la región del Cofre de Perote, Veracruz* (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. Recuperado de: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47291/AlvarezOsegueraLuisR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ayllón, T. (2013). *Elementos de meteorología y climatología*. México: Trillas.
- Barradas, V. L. (1983). Capacidad de captación de agua a partir de la niebla en *Pinus montezumae* Lambert, de la región de las grandes montañas del estado de Veracruz. *Biótica*, 8(4), 427-431.
- Barry, R. G., y Chorley, R. J. (1999). *Atmósfera, tiempo y clima*. Barcelona, España: Omega.
- Bartón, K. (2019). MuMIn: Multi-Model Inference. Recuperado de: <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
- Braojos, J. J., y García, S. E. (2009). *Aproximación al cálculo de la lluvia horizontal y a su incidencia en la recarga del Sistema Acuífero de Tenerife*. Canarias, Tenerife. ITOP-INCLAM. Recuperado de: <https://www.aguastenerife.org/images/pdf/ponenciasdocumentos/CalculoLLuviaHorizontal.pdf>
- Candel, V. R. (2001). *Meteorología*. Barcelona, España: Emegé, Industria gráfica.
- Cárcamo, R. B., y Noriega, A. G. (2019). Pago por servicios hidrológicos y biodiversidad al café de sombra para la conservación del bosque de niebla en la región Loxicha, Oaxaca. En: V. Hernández-Trejo, R. Valdivia-Alcalá, J. Hernández-Ortiz, P. R. Cruz-Chávez y Cruz-Chávez, G. R. (Eds.), *Estudios recientes sobre economía ambiental y agrícola en México* (pp. 107-130). México: Universidad Autónoma de Baja California Sur-Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Victor-Hernandez-Trejo/publication/337935379\\_Estudios\\_recientes\\_sobre\\_economia\\_EBOOK/links/5df54b5c92851c83647e76be/Estudios-recientes-sobre-economia-EBOOK.pdf#page=108](https://www.researchgate.net/profile/Victor-Hernandez-Trejo/publication/337935379_Estudios_recientes_sobre_economia_EBOOK/links/5df54b5c92851c83647e76be/Estudios-recientes-sobre-economia-EBOOK.pdf#page=108)
- García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México: UNAM.
- Heuveldop, J., Pardo, T. J., Quirós, C. S., y Espinoza, P. L. (1986). *Agroclimatología tropical*. San José, Costa Rica: EUNED.
- López, R. G. F. (2009). *Ecofisiología de árboles*. Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Reed, D. D., y Mroz, D. G. (1997). *Resource assessment in forested landscapes*. USA: John Wiley & Sons.
- Robinson, D., y Hayes, A. (2020). *Broom: Convert Statistical Analysis Objects into Tidy Tibbles*. Recuperado de <https://CRAN.R-project.org/package=broom>.
- Rodríguez, J. R. M., Benito, C. A., y Portela, L. A. (2004). *Meteorología y climatología*. España: Fundación Española para la Ciencia y Tecnología. Recuperado de: <https://hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r120586.PDF>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de: <https://www.R-project.org/>
- de la niebla, de suma relevancia para la recarga de los mantos freáticos durante la época de sequía y tomarla en cuenta en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos naturales.
- El palo mujer (*Alchornea latifolia*) enfrío más rápido que los demás árboles usados para sombra en cafetales de Pluma Hidalgo, lo cual puede favorecer la condensación de humedad a partir de la niebla.
- La importancia de los árboles de sombra en los cafetales es de gran relevancia, por lo que, a partir de lo obtenido, si se llegasen a realizar reforestaciones en la región, se sugiere emplear el palo mujer como árbol principal.

## Fin de la versión en español

RStudio Team. (2022). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio, PBC, Boston, MA. Recuperado de <http://www.rstudio.com/>.

Steubing, L., Godoy, R., y Alberdi, M. (2001). *Métodos de ecología vegetal*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria. Universidad Austral de Chile.

Tinoco, R. J. A., Toledo, M. M. L., Carrillo, N. I. J., y Monterroso, R. A. I. (2009). Clima y variabilidad climática en los municipios de Hidalgo con presencia de bosque mesófilo de montaña. En: A. I. Monterroso Rivas (Ed), *El bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo: perspectiva ecológica frente al cambio climático* (pp. 71-98). Texcoco, Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo.

Tobón, C., y Girleza, G. M. E. (2007). Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de los páramos andinos. *Avances en recursos hidráulicos*, (15), 35-46. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1450/145016897004.pdf>

Torres, B. R. A. (2013). *Características y funciones hidrológicas de los bosques nublados en la provincia de Zamora Chinchipe*. Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Recuperado de: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5217/1/CARACTER%20DSTICAS%20Y%20FUNCIONES%20HIDROL%20GICAS.pdf>

Wickham, H. (2019). *Tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'*. Recuperado de: <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>.

Yepes, A., y Silveira, B. M. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global (Revisión). *Colombia Forestal*, 14(2), 213-232. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939616005.pdf>





EN

## Topological arrangements in the intercropping of maize and bean in the state of Nayarit, Mexico

ES

## Arreglos topológicos en el cultivo intercalado de maíz y frijol en el estado de Nayarit, México

Marco Antonio Medina Covarrubias<sup>1</sup>; Beatriz Guillermina Arrieta Ramos<sup>2</sup>; Víctor Manuel Jiménez Meza<sup>2</sup>; Karina Pérez Robles<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Posgrado de Ciencias Biológicas Agropecuarias y Pesqueras. Carretera Tepic – Compostela, km 9, Xalisco, Nayarit. C. P. 63059.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nayarit (UAN). Unidad Académica de Agricultura (UAA), Carretera Tepic – Compostela, km 9. Xalisco, Nayarit.

<sup>3</sup>Catedrática del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Carretera Tepic – Compostela, km 9. Xalisco, Nayarit

\*Corresponding author:

karopr@hotmail.com

ORCID ID: 0000-0002-9046-3214.

Received: September 25, 2021 /

Accepted: March 29, 2022

DOI:

10.5154/r.rchsat.2022.02.04

### Abstract

Mexico has become the main importer of corn. The small farmers use production systems based on polycultures with low yields. This experiment was conducted in order to develop technologies for cropping maize and bean. Three topological arrangements were evaluated, simple culture of corn and bean, intercropping of corn and bean with one furrow and intercropping with two furrows. A completely random design with three repetitions per treatment was used. The evaluated variables were aerial biomass, grain yield, harvest index, the relative efficiency of the soil (RES), and the relative efficiency of the gain (REG). Under this system, the bean production was not possible. The treatments of intercropping in two furrows showed the best values for the variables, except for the harvest index. The variety V-526 had the highest index. In the second year, differences were not found among the topological arrangements probably due to a reduced rainfall. In this year, the harvest index was higher for the variety VETX-200 UAN. As in the first assessment, the relative efficiency of the soil, the net income and the relative efficiency of the gain were similar for both varieties. In order to conduct the intercropping of corn and bean, it is necessary to evaluate other bean varieties. It is possible to obtain good yields, relative efficiency of soil and gain with the double furrow maize intercropping systems.

**Keywords:** Polycultures, relative efficiency of the soil, relative efficiency of the gain, harvest index.

### Resumen

México se ha convertido en el principal importador de maíz; los pequeños productores utilizan sistemas de producción basados en policultivos con rendimientos bajos. Con el objetivo de desarrollar tecnologías para el cultivo de maíz y frijol se estableció el siguiente experimento. Se probaron tres arreglos topológicos, cultivo simple de maíz y frijol, intercalado de maíz y

frijol a una y dos hileras. Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron biomasa aérea, rendimiento de grano, índice de cosecha y eficiencia relativa de la tierra (ERT) y, eficiencia relativa de la ganancia (ERG). No fue posible la producción de frijol en este sistema. Los tratamientos de intercalado a dos hileras presentaron los mejores valores para las variables, excepto índice de cosecha. La variedad V-526 tuvo el mayor índice. En el segundo año no se encontraron diferencias entre arreglos topológicos, probablemente debido a la disminución en la precipitación. En ese año el índice de cosecha fue mayor en la variedad VETX-200 UAN. Al igual que en la primera evaluación, la eficiencia relativa de la tierra, el ingreso neto y la eficiencia relativa de la ganancia fue similar en ambas variedades. Para realizar el cultivo intercalado de maíz y frijol es necesario probar otras variedades de frijol. Es posible obtener buenos rendimientos, eficiencia relativa de la tierra y de la ganancia en sistemas intercalados de maíz a doble hilera.

**Palabras clave:** Policultivos, eficiencia relativa de la tierra, eficiencia relativa de la ganancia, índice de cosecha.

## Introduction

Maize was domesticated in Mexico about 9 000 years ago (Ortíz *et al.*, 2013), and is the most important and diverse species. However, Mexico is the world largest importer of this product, according to projections of the FAO, imports could reach 17.4 million tons in 2019/20, 400,000 tons more than estimated imports in 2018/19 (FAO, 2004).

The maize cultivation in Mesoamerica was traditionally developed in a polyculture system, the *milpa*, which is a system where maize (*Zea mays* L.), pumpkin (*Cucurbita* spp) and bean crops or some legumes that are known as the three sisters, are associated in a rowless arrangement (Ebel *et al.*, 2017).

The significance of polyculture systems is due to the farmer has a greater diversity of species and decreases the risk of crop failure due to the environment and problems with pests in the agroecosystem due to the increase of natural enemies that guarantee a biological balance (Ebel *et al.*, 2017).

The crop association can be conducted in three forms: 1) associated crops, where two or more species are established without an order; 2) strip cropping, where each species is established with certain independence; and 3) intercropping, where crops are established intercropped in different furrows (Guzmán y Mielgo, 2008).

In the intercropping, two or more crops are sown in the same area at the same time, with this, it is possible to increase the productivity per unit area (Hamd *et al.*, 2014). In addition, it has the benefit of improving soils and it is feasible to control pests or diseases (Torres *et*

## Introducción

El maíz fue domesticado en México hace aproximadamente 9 000 años (Ortíz *et al.*, 2013), y es la especie más importante y diversa. Sin embargo, México es el mayor importador mundial de ese producto, de acuerdo con proyecciones de la FAO, las importaciones podrían alcanzar en 2019/20 los 17.4 millones de toneladas, 400 000 toneladas más que las importaciones estimadas en 2018/19 (FAO, 2004).

El cultivo de maíz en Mesoamérica se realizó de forma tradicional en un sistema de policultivos, la milpa, que consiste en un sistema en donde se asocian en un arreglo sin surcos los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita* spp) y frijol o una leguminosa, conocidos como las tres hermanas (Ebel *et al.*, 2017).

La importancia de los sistemas de policultivos radica en que el productor dispone de mayor diversidad de especies y se disminuyen los riesgos en las pérdidas de las cosechas, debido al ambiente, y los problemas con plagas en el agroecosistema, a causa del aumento de los enemigos naturales que garantizan un equilibrio biológico (Ebel *et al.*, 2017).

La asociación de cultivos puede darse de tres formas: 1) cultivos asociados, donde dos o más especies se establecen sin un orden; 2) cultivo en franjas, donde cada especie se establece con cierta independencia; y, 3) cultivos intercalados, donde los cultivos se establecen intercalados en hileras diferentes (Guzmán y Mielgo, 2008).

En el cultivo intercalado se siembran dos o más cultivos en el mismo espacio, al mismo tiempo, con lo que

*al.*, 2018) and the weed control is optimized (Charani y Sharif, 2018).

Also, the ancient practice of tropical agriculture of intercropping cereals with legumes, combines two complementary species by establishing high and low structure plants, adventitious and deep radical systems, with the advantage of more efficient use of land. Additionally, legumes fix atmospheric nitrogen to the soil improving its fertility (Nasir *et al.*, 2019), while maize holds the bean plant (Aguilar *et al.*, 2003).

However, studies about intercropping of maize and bean have been conducted, studies where indeterminate-growing bean varieties with almost no ability to grow on maize plants have been used. Thus, Albino-Garduño *et al.* (2015) found that the bean Negro '8025' intercropped in two furrows, increased its biomass and grain yield compared with the simple culture; also, intercropped systems increased the maize grain yield compared with the simple culture (Albino-Garduño *et al.*, 2016).

Although in Mexico, from the fifties, the monoculture was promoted with the use of mechanization, variety improvement and development of agrochemicals (Ebel *et al.*, 2017), currently, a program aimed at supporting small farmers with less than 2.5 ha, was implemented in order to become them more self-sufficient. They obtain a monthly allowance if they use their land for multiple cropping. Because small farmers represent the 20 % of the maize areas harvested in Mexico, the program could reduce the increase of the corn import demand in the country (OECD and FAO, 2020).

Ebel *et al.* (2017) point out that the challenge faced by small farmers is the elevated level of demand for workforce and lower yield per area compared to high-input maize, in addition to climate change, due to the dependence of rainfed farmers. For this, it is necessary to develop production systems based on traditional agriculture but adapted to the conditions of the 21st century.

Consequently, and in order to support the technology development for small farmers that use polycultures, this research was raised.

### Methodological approach

The experiment was carried out on the trial fields of the Unidad Académica de Agricultura of the UAN, located in Xalisco, Nayarit, during spring-summer 2019-2020. Its geographic location is 21° 25' 44.84" north latitude and 104° 53' 24.53" west longitude with altitude of

permite incrementar la productividad por unidad de área (Hamd *et al.*, 2014). Además, se tiene la ventaja de mejorar los suelos y es posible controlar plagas o enfermedades (Torres *et al.*, 2018) y se optimiza el control de malezas (Charani y Sharif, 2018).

Además, la práctica antigua de la agricultura tropical de intercalar cereales con legumbres mezcla dos especies complementarias, al establecer plantas de estructura alta y baja, sistemas radicales adventicio y profundo, con la ventaja de utilizar más eficientemente el suelo. Además, las legumbres fijan nitrógeno atmosférico al suelo, mejorando su fertilidad (Nasir *et al.*, 2019), mientras que el maíz brinda el sostén a la planta de frijol (Aguilar *et al.*, 2003).

Sin embargo, se han realizado trabajos de intercalado de maíz y frijol en donde se han utilizado variedades de frijol de crecimiento indeterminado con capacidad casi nula de trepar sobre las plantas de maíz. Así, Albino-Garduño *et al.* (2015) encontraron que el frijol variedad Negro '8025', intercalado a dos hileras incrementó su biomasa y el rendimiento de grano en comparación con el cultivo simple; además, los sistemas intercalados incrementaron el rendimiento de grano de maíz en comparación con el cultivo simple (Albino-Garduño *et al.*, 2016).

Aunque en México, a partir de los años 50's, se promovió el monocultivo con el uso de mecanización, mejoramiento de variedades y el desarrollo de agroquímicos (Ebel *et al.*, 2017), actualmente, se implementó un programa con la finalidad de apoyar a pequeños productores, con menos de 2.5 ha, con el fin de hacerlos autosuficientes. Estos reciben un subsidio mensual si utilizan su tierra para cultivos múltiples. Debido a que los pequeños productores de maíz representan el 20 % de las superficies de maíz cosechadas en México, el programa podría reducir el crecimiento de la demanda de importaciones del país (OECD y FAO, 2020).

Ebel *et al.* (2017) indican que el reto que enfrentan los pequeños productores es, alta demanda de mano de obra y menor rendimiento por área en comparación con el maíz de altos insumos sumados al cambio climático, debido a la dependencia, que tienen los productores de temporal. Por lo que es necesario el desarrollo de sistemas de producción basados en agricultura tradicional pero adaptados a las condiciones del siglo XXI.

Debido a lo anterior, y con el objetivo de apoyar el desarrollo de tecnología para pequeños productores que utilizan policultivos, se planteó la siguiente investigación.

973 m. The semi-warm sub-humid climate (A)C(w2) with summer rains has an average annual temperature of 21.8 °C and precipitation of 1 327 mm (García, 2004).

### Treatments

Originally, a factorial treatment design with two factors was used: the first factor consisted in two maize varieties and two bean varieties. The assessed maize varieties were two white varieties, Tuxpeño tardío (V-526) and VETX-200 UAN; regarding the bean, the varieties Pinto and Negro Nayarit were assessed. The second factor was about three topological arrangements that consisted in: a) simple culture of maize and bean, which involves splitting the experimental unit in half in order to establish each crop, six furrows for corn and six for beans; b) two furrows of maize intercropped with two of bean; and c) one furrow of maize intercropped with one of bean.

However, because bean did not develop under the experimental conditions, during the statistical analysis the number of treatments analyzed was reduced by half, without considering the bean crop as study factor. The treatments were: three topological arrangements and two maize varieties.

### Experimental design

A completely random design with three repetitions per treatment, was used. The experimental unit consisted of 6 furrows of 0.8 m wide and 2.2 m long and total area of 10.56 m<sup>2</sup>. The useful plot was of two center furrows with area of 3.52 m<sup>2</sup>.

### Assessed variables

**Aerial biomass.** The plants were cut from the neck at the time of harvesting, the samples were dehydrated in an oven at 70 °C to constant weight. The result was extrapolated to one hectare.

**Grain yield.** After harvesting, the grain was taken from the corncob, the samples were dehydrated in an oven at 70 °C to constant weight. The result was extrapolated to one hectare.

**Harvest index.** It was obtained by dividing the weight of the grain by the aerial biomass of the plant.

**Relative efficiency of the soil (RES).** It was determined with the following formula (Vandermeer, 1989; Malézieux *et al.*, 2009).

**Production value.** It was obtained by multiplying the yield by the rural average price and it was extrapolated

### Enfoque metodológico

El experimento se llevó a cabo en el campo experimental de la Unidad Académica de Agricultura de la UAN, ubicada en Xalisco, Nayarit, durante los ciclos primavera-verano 2019-2020. La ubicación geográfica del sitio es 21° 25' 44.84" latitud norte y 104° 53' 24.53" longitud oeste con una altitud de 973 m. El clima semicálido subhúmedo (A)C(w2) con lluvias en verano tiene una temperatura media anual de 21.8 °C y una precipitación de 1 327 mm (García, 2004).

### Tratamientos

Originalmente se utilizó un diseño de tratamientos factorial, con dos factores: El primer factor consistió en dos variedades de maíz y dos de frijol. Las variedades de maíz evaluadas fueron dos blancas, Tuxpeño tardío (V-526) y VETX-200 UAN; en frijol se evaluaron las variedades Pinto y Negro Nayarit. El segundo factor fueron tres arreglos topológicos, que consistieron en: a) cultivo simple de maíz y frijol, que consistió en la división de la unidad experimental a la mitad para establecer cada uno de los cultivos, seis surcos para maíz y seis para frijol; b) dos surcos de maíz intercalado con dos de frijol; y, c) un surco de maíz intercalado con uno de frijol.

Sin embargo, debido a que el frijol no se desarrolló en las condiciones experimentales, durante el análisis estadístico, el número de tratamientos analizados se redujo a la mitad, sin considerar el cultivo de frijol como factor de estudio. Los tratamientos fueron: tres arreglos topológicos y dos variedades de maíz.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento. La unidad experimental consistió en 6 surcos de 0.8 m de ancho por 2.2 m de largo y área total de 10.56 m<sup>2</sup>. La parcela útil fue, los dos surcos centrales con área de 3.52 m<sup>2</sup>.

### Variables evaluadas

**Biomasa aérea.** Las plantas se cortaron del cuello en el momento de la cosecha, las muestras se deshidrataron en una estufa a 70 °C hasta peso constante. El resultado se extrapoló a una hectárea.

**Rendimiento de grano.** Después de la cosecha, se separó el grano del olote, las muestras se deshidrataron en una estufa a 70 °C hasta peso constante. El resultado se extrapoló a una hectárea.

**Índice de cosecha.** Se obtuvo dividiendo el peso del grano entre la biomasa aérea de la planta.

to one hectare. The guaranteed price established by the federal government at 5.6 pesos for 2019/20, was considered.

**Net income.** It was determined by subtracting the cost of production from the production value.

**Relative efficiency of the gain (REG).** The formula proposed by Vandermeer (1989) was applied.

### Statistical analysis

An analysis of variance and Tukey's range test ( $\alpha \leq 0.05$ ) were applied to the data obtained through the statistical program SAS® 9.2 (Statistical Analysis System).

## Results and discussion

### Bean crop

The effect of the treatments in the bean crop was not analyzed because plants did not develop, and it was not possible to obtain the harvest. This problem occurred in the two assessment years. The problem seen is probably due to the dates of establishment. For the experiment, both crops were planted at the same time before the rainy season, although in the state, bean is planted after the rainy season, with residual moisture. This situation caused the faster development of conditions of excess humidity and shade for beans at the bottom of the maize crop. The increase in the relative humidity has been considered a disadvantage of the intercropping of high and short plants because it can develop greater presence of pathogenic fungi (Ebel *et al.*, 2017). But not only the relative humidity of the canopy increases, the intensity of sunlight and air temperature also decrease, which probably affects the growth of short plants. For this, it is recommended to try a different scheme to make possible the intercropping of these two species in the state includes sowing on different dates (Liebman, 1999). Another aspect to consider is that the distances between furrows and plants of associated crops must be considered to favor the interception of the light that is the main problem for the intercropping.

### Maize crop

#### First assessment year

In the first assessment year, the analysis of variance showed interaction between factors, topological arrangement, and variety. In all the variables assessed, there were differences, except for the harvest index for the topological arrangement factor and, in the case of

**Eficiencia relativa de la tierra (ERT).** Se determinó a través de la siguiente fórmula (Vandermeer, 1989; Malézieux *et al.*, 2009).

**Valor de la producción.** Se obtuvo multiplicando el rendimiento por el precio medio rural y se extrapoló a una hectárea. Se tomó en cuenta el precio de garantía establecido por el gobierno federal en 5.6 pesos para el año 2019/20.

**Ingreso neto.** Se determinó restando el costo de producción al valor de la producción.

**Eficiencia relativa de ganancia (ERG).** Se aplicó la fórmula propuesta por Vandermeer (1989).

### Análisis estadístico

A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza y prueba de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) mediante el programa estadístico SAS® 9.2 (Statistical Analysis System).

## Resultados y discusión

### Cultivo de frijol

No se analizó el efecto de los tratamientos en el cultivo de frijol debido a que las plantas no se desarrollaron y no fue posible obtener la cosecha. Este problema se presentó en los dos años de evaluación. El problema observado probablemente está relacionado con las fechas de establecimiento. Para el experimento se establecieron ambos cultivos al mismo tiempo, antes de las lluvias, aunque en el Estado, el frijol se establece después de la temporada de lluvias, en humedad residual. Esta situación creó, en la parte baja del cultivo de maíz, que se desarrollara rápidamente condiciones de exceso de humedad y sombreado para el frijol. Se ha considerado como una desventaja del cultivo intercalado de plantas altas y bajas que puede incrementarse la humedad relativa, la cual puede fomentar mayor presencia de hongos patógenos (Ebel *et al.*, 2017). Pero no solo se incrementa la humedad relativa del dosel, también se reduce la intensidad de la luz solar y la temperatura del aire, lo que puede afectar el crecimiento de las plantas bajas. Por lo que se recomienda probar un esquema diferente, para hacer que el cultivo intercalado de estas dos especies en el Estado incluya la siembra en fechas diferentes (Liebman, 1999). Otro aspecto por considerar es que se debe tomar en cuenta las distancias entre surcos y plantas de los cultivos asociados para favorecer la intercepción de luz que es el principal problema en cultivos intercalados.



varieties, there were differences only for the harvest index variable.

### Effect of the topological arrangement

#### Biomass

The growth is highly dependent on the radiation intercepted by the foliage and on its conversion efficiency into dry matter that at the same time, depends on the available resources and on the genotype. In the two-furrow topological arrangement, the amount of biomass produced was greater, which indicates that the distance allowed to capture a greater amount of energy independently of the variety.

Most of the biomass production depends on the genetic characteristics of varieties, combined with the environmental factors, in this case, the distance between plants affects the amount of light energy incident on the foliage. Thus, Hernández and Soto (2013), explain that the production of dry matter is the result of the efficiency of crop foliage in the interception and utilization of available solar radia-

### Cultivo de maíz

#### Primer año de evaluación

En el primer año de evaluación, el análisis de varianza mostró interacción entre factores, arreglo topológico y variedad (Cuadro 1). Se encontraron diferencias en todas las variables evaluadas, exceptuando el índice de cosecha para el factor arreglo topológico y, en el caso de variedades, únicamente se encontraron diferencias en la variable índice de cosecha.

#### Efecto del arreglo topológico

##### Biomasa

El crecimiento es altamente dependiente de la radiación que el follaje pueda interceptar y de la eficiencia de conversión de esta, en materia seca, que a su vez depende de los recursos disponibles y del genotipo. En el arreglo topológico a doble hilera, la cantidad de biomasa producida fue mayor, lo que indica que ese distanciamiento permitió captar mayor cantidad de energía independientemente de la variedad.

**Table 1. Result of the range test for the variables assessed in maize established into three topological arrangements (Xalisco, Nayarit, 2019).**

**Cuadro 1. Resultado de la prueba de medias de las variables evaluadas en maíz establecida en tres arreglos topológicos (Xalisco, Nayarit, 2019).**

Treatment / Tratamiento	Biomass (t·ha <sup>-1</sup> ) / Biomasa (t·ha <sup>-1</sup> )	Yield (t·ha <sup>-1</sup> ) / Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> )	Harvest index / Índice de cosecha	Relative efficiency of the soil / Eficiencia relativa de la tierra	Net income (MNX) / Ingreso neto (MNX)	Relative efficiency of the gain / Eficiencia relativa de la ganancia
Simple culture / Cultivo simple	13,249 b	3,488.7 b	0.2660 a	1.0000 b	21,902 b	12,245 b
Simple furrow / Hilera sencilla	15,854 ab	4,397.1 a	0.2778 a	1.2683 a	27,605 a	17,494 a
Double furrow / Doble hilera	17,469 a	4,472.7 a	0.2581 a	1.2833 a	28,079 a	17,931 a
HSD	2,779.4	649.7	0.0296	0.2119	4,078.8	3,754
C.V.	11,624	10 239	7.194	11.619	10 239	15 338

Means with equal letters in the same column are not statistically different ( $Pr \leq 0.05$ ). HSD: Honest Significant Difference. C.V.: coefficient of variation.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $Pr \leq 0.05$ ). HDS: diferencia significativamente honesta. C.V.: coeficiente de variación.

tion during the growth cycle. However, this efficiency can be influenced by the amount of solar radiation, the ability of leaves to photosynthesize, the leaf area index, the plant architecture and respiration, among others, which is summarized in internal growth factors related to the genotype and external factors related to the environment and management practices used during the cycle.

### **Yield**

Regarding the yield, the double furrow arrangement increased its grain production in 28.35 % and the one furrow arrangement in 26.03 % regarding the simple culture.

The greater yields and production of dry biomass produced in the two-furrow arrangement, with respect to the simple culture, could be due to the greater uptake of photosynthetic radiation throughout the plant canopy. Because, when water and nutrients are not limiting factors for the growth of a crop, the solar radiation is the main resource that determines its productivity (Hamdollah, 2012).

Albino *et al.* (2015) and Morales *et al.* (2006) find that the better biomass production and yields appeared when it was intercropped in a double furrow and they attributed it to the highest radiation. The double furrow arrangement promotes an advantage in terms of gaps between plants, so it represents a better interception of the solar radiation in the plant canopy which is reflected in higher biomass and grain yield.

### **Harvest index**

The topological arrangement did not affect the harvest index that express the economic yield in percentage of biological yield. The values obtained in both varieties are under 0.3. It is considered that, harvest indexes under 0.3 are presented in plants of good freightage, but they showed small spikes due to the adverse conditions from flowering stage up to fully developed grains (Arias *et al.*, 2012).

### **Relative efficiency of the soil**

In terms of the relative efficiency of the soil (RES), the intercropped topological arrangements were superior to the monoculture. Being more efficient the two-furrow intercropping. When the RES is less or equal to 1, there are no advantages of intercropping over planting in monoculture. However, when the RES is higher to 1, a larger area of land will be required by monocultures to achieve the same yield as when combined planting is carried out. Values for the relative efficiency of the

La mayor producción de biomasa depende de las características genéticas de las variedades, combinadas con los factores ambientales, en ese caso la distancia entre plantas afecta la cantidad de energía luminosa incidente en el follaje. Así, Hernández y Soto (2013), explican que la producción de materia seca es el resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. Sin embargo, esta eficiencia puede ser influenciada por la cantidad de radiación solar, la habilidad de las hojas para fotosintetizar, el índice de área foliar, la arquitectura de la planta y la respiración, entre otros, lo que se resume en factores internos de crecimiento relacionados con el genotipo y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo utilizadas durante el ciclo.

### **Rendimiento**

En cuanto al rendimiento, el arreglo a doble hilera incrementó la producción de grano en 28.35 % y a una hilera en 26.03 % con respecto al cultivo simple.

Los mayores rendimientos y producción de biomasa seca producida en el arreglo a dos hileras, respecto al cultivo simple, se pudo deber a la mayor captación de la radiación fotosintética en todo el dosel de la planta. Ya que, cuando el agua y los nutrimentos no son factores limitantes en el crecimiento de un cultivo, la radiación solar es el recurso principal que determina su productividad (Hamdollah, 2012).

Albino *et al.* (2015) y Morales *et al.* (2006) encontraron que los mejores rendimientos y producción de biomasa se presentaron cuando estaba intercalado a doble hilera y lo atribuyeron a la mayor captación de radiación. El arreglo a doble hilera propicia una ventaja a nivel de espacio entre plantas, por lo que representa una mejor intercepción de la radiación solar en el dosel de las plantas que se ve reflejado en mayor biomasa y rendimiento de grano.

### **Índice de cosecha**

El arreglo topológico no afectó el índice de cosecha que expresa el rendimiento económico en porcentaje del rendimiento biológico. Los valores obtenidos en ambas variedades se encuentran por debajo del 0.3. Se considera que, índices de cosecha por debajo de 0.3 ocurre en plantas con buen porte, pero que presentaron espigas chicas por malas condiciones durante la floración y el llenado de grano (Arias *et al.*, 2012).

### **Eficiencia relativa de la tierra**

En cuanto a eficiencia relativa de la tierra (ERT), los arreglos topológicos intercalados fueron superiores

land in maize crops of two furrows of 1.12 (Albino *et al.*, 2015), 1.29 (Albino, 2016), 1.38 (González, 2001) have been reported. In this case, the value of 1.28 is within this range. Charani *et al.* (2018) point out that, although maize in simple culture got a higher yield, the relative efficiency of the land was greater (1.24) when it was found in the two-furrow intercropping.

### Variety effect

The variety effect in the variables assessed is shown in Table 2.

The maize plant is very efficient in the biomass production. This high production capacity is due, among other factors, to a low energy value of the dry matter produced and, to a proper crop structure. As in most of the crops, in maize, there is a close relationship between yield and biomass production, which depends on the amount of the intercepted photosynthetic active radiation. Due to its photosynthesis system (C4) the maize is very efficient to transform radiation into biomass (Andrade, 1995).

### Harvest index

The variety VETX-200-UAN showed a biomass production like the variety Tuxpeño (V-526), and both varieties presented similar yields, however, there were differences in the harvest index (Table 2). These values are above what was observed in the local maize varieties Jarocho, Campeón, Negro and Macho, assessed in Chiapas, which had a harvest index of 0.11,

al monocultivo. Siendo más eficiente el intercalado a dos hileras. Cuando la ERT es menor que o igual a 1, no existen ventajas de la asociación de cultivos sobre la siembra en monocultivo. Sin embargo, cuando la ERT es superior a 1, entonces se requerirá una mayor área de terreno por parte de los monocultivos para lograr el mismo rendimiento que cuando se realiza la siembra combinada. Se han reportado valores para la eficiencia relativa de la tierra en cultivos de maíz a doble hilera de 1.12 (Albino *et al.*, 2015), 1.29 (Albino, 2016), 1.38 (González, 2001) En este caso, el valor de 1.28 se encuentra dentro de ese rango. Charani *et al.* (2018) indican que, aunque el maíz en cultivo simple obtuvo mayor rendimiento, la eficiencia relativa de la tierra fue mayor (1.24) cuando se encontraba en cultivo intercalado a dos hileras.

### Efecto de la variedad

El efecto de la variedad en las variables evaluadas se presenta en el Cuadro 2.

La planta de maíz es muy eficiente en la producción de biomasa. Esta alta capacidad de producción se debe, entre otros factores, a una elevada tasa fotosintética, a un valor energético bajo de la materia seca producida y, a una adecuada estructura de cultivo. Al igual que en la mayoría de los cultivos, en el maíz existe una estrecha relación entre rendimiento y producción de biomasa, la cual depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada. El maíz por su sistema fotosintético (C4) es muy eficiente para convertir radiación en biomasa (Andrade, 1995).

**Table 2. Result of the range test for the variables assessed in two maize varieties (Xalisco, Nayarit, 2019).**

**Cuadro 2. Resultado de la prueba de medias de las variables evaluadas en dos variedades de maíz (Xalisco, Nayarit, 2019).**

Treatment / Tratamiento	Biomass (t·ha <sup>-1</sup> ) / Biomasa (t·ha <sup>-1</sup> )	Yield (t·ha <sup>-1</sup> ) / Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> )	Harvest index / Índice de cosecha	Relative efficiency of the soil / Eficiencia relativa de la tierra	Net income (MNX) / Ingreso neto (MNX)	Relative efficiency of the gain / Eficiencia relativa de la ganancia
V-526	14,684 a	4,115.6 a	0.2814 a	1.1822 a	25,838 a	15,867 a
VETX-200 UAN	16,364 a	4,123.4 a	0.2531 b	1.1856 a	25,887 a	15,913 a
HSD	1,853.3	433.22	0.0197	0.1413	2,719.8	2,503.2
C.V.	11,624	10.239	7.194	11.619	10.239	15.338

Means with equal letters in the same column are not statistically different ( $Pr \leq 0.05$ ). HSD: Honest Significant Difference. C.V.: coefficient of variation.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $Pr \leq 0.05$ ). HDS: diferencia significativamente honesta. C.V.: coeficiente de variación.

0.17, 0.18 and 0.23 respectively (Rodríguez-Larramendi et al., 2016). This is because the biomass distribution is a characteristic of each genotype (Elizondo, 2011). López (2011) says that the grain yield is positively associated to the biomass production (this is, the higher the biomass production, the higher the grain yield); by finding in his research results that genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) produced a greater amount of biomass and thus, a higher grain yield. In this case, the greater production of dry biomass can be used to feed cattle; because, in the characteristics for a forage maize there are the high production of dry biomass and harvest index (Tóala, 2008).

### Second assessment year

In the second assessment year, there were not differences in the variables assessed due to the topological arrangement, but there were differences among the varieties for the biomass and harvest index variables. The results of the range test per topological arrangement are in Table 3. If we compare the results with those of the previous year, the biomass yield is the third part of the last year, although the grain yield only decreased approximately 25 %. These results are probably related to the environmental conditions during the two assessment years. In the first year, there were phenomena that caused heavy rains and the crop had sufficient humidity for its development, while, in the second assessment year there were not rains and the crop was exposed to conditions of stress

### Índice de cosecha

La variedad VETX-200-UAN presentó una producción de biomasa similar a la variedad Tuxpeño (V-526), y ambas variedades presentaron rendimientos similares, sin embargo, sí se observaron diferencias en el índice de cosecha (Cuadro 2). Estos valores están por encima de lo observado en variedades de maíz locales Jarocho, Campeón, Negro y Macho, evaluadas en Chiapas, que tuvieron un índice de cosecha de 0.11, 0.17, 0.18 y 0.23 respectivamente (Rodríguez-Larramendi et al., 2016). Esto se debe a que la distribución de biomasa es característica de cada genotipo (Elizondo, 2011). López (2011) explica que el rendimiento de grano esta positivamente asociado a la producción de biomasa (esto es, a mayor producción de biomasa mayor rendimiento de grano); al encontrar en sus resultados de investigación que genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) produjeron mayor cantidad de biomasa y por consiguiente tuvieron mayor rendimiento de grano. En este caso, la mayor producción de biomasa seca puede ser utilizada en la alimentación del ganado; ya que, dentro de las características para un maíz forrajero está la alta producción de biomasa seca e índice de cosecha (Tóala, 2008).

### Segundo año de evaluación

En el segundo año de evaluación, no se encontraron diferencias en las variables evaluadas debidas al arreglo topológico, pero sí entre variedades para las variables biomasa e índice de cosecha.

**Table 3. Result of the range test of the variables assessed in maize established in three topological arrangements (Xalisco, Nayarit, 2020).**

**Cuadro 3. Resultado de la prueba de medias de las variables evaluadas en maíz establecida en tres arreglos topológicos (Xalisco, Nayarit, 2020).**

Treatment / Tratamiento	Biomass (t·ha <sup>-1</sup> ) / Biomasa (t·ha <sup>-1</sup> )	Yield (t·ha <sup>-1</sup> ) / Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> )	Harvest index / Índice de cosecha	Relative efficiency of the soil / Eficiencia relativa de la tierra	Net income (MNX) / Ingreso neto (MNX)	Relative efficiency of the gain / Eficiencia relativa de la ganancia
Simple culture / Cultivo simple	4,938.3 a	3,128.7 a	0.3894 a	1.0000 a	9,476.83 a	19,641.7 a
Simple furrow / Hilera sencilla	5,512.5 a	3,092.6 a	0.3598 a	0.9883 a	9,458.78 a	19,415.0 a
Double furrow / Doble hilera	5,304.7 a	3,158.3 a	0.3761 a	1.0083 a	9,491.66 a	19,828.0 a
HSD	670.6	404.6	0.0439	0.1374	202.32	2,540.3
C.V.	8.2900	8.4024	7.6008	8.9324	1.3862	8.4025

Means with equal letters in the same column are not statistically different ( $Pr \leq 0.05$ ). HSD: Honest Significant Difference. C.V.: coefficient of variation.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $Pr \leq 0.05$ ). HDS: diferencia significativamente honesta. C.V.: coeficiente de variación.

because the lack of water. This effect of environmental conditions in the decrease of yields, has been already observed. Medhi *et al.* (2015) point out that the higher-than-average temperatures in the second assessment year in a study about maize intercropped with bean in two, three and four alternated furrows, caused a decrease in the yield of both crops.

Regarding yields, it is considered that in Nayarit, the maize production in rainfed conditions is 2 900 kg·ha<sup>-1</sup>; while, in irrigation and residual moisture conditions, yields are of 4.0 t·ha<sup>-1</sup> (INIFAP, 2020).

It is considered that, in Mexico, less than one fifth of the cultivated land aimed at maize is proper to improved hybrid varieties. Therefore, the maize yield is from 2 to 4 t·ha<sup>-1</sup> slightly more than a quarter of the average yield in the United States of America (FAO, 2004). This has not changed, in 2019, the 84 % of the cultivated area showed an average yield less than 5 t·ha<sup>-1</sup> of grain maize, because the 60 % of the maize comes from small-scale farmers (SADER, 2021).

### **Impact of the varieties**

The result of the range test for the variables assessed is shown in Table 4.

Regarding the biomass produced, differences were found among varieties. However, unlike the first year, the variety V-526 produced a greater amount of biomass. This can be due to the differences in the humidity conditions presented in the second year. In terms of the biomass produced compared with the last year, the variety V-526 produced 20.37 % more than the VETX-200 UAN one. And, although the grain yield was similar, this difference was reflected on the harvest index, where the variety V-526 showed a lower index.

In respect of yield, there were not differences among the varieties, but there were differences in the harvest index. In this case, the higher harvest index was found in the variety VETX-200 UAN. This variety was better adapted to those seeding conditions.

This type of yield variation due to agroecological differences, cannot be reduced. The variety V-526 was generated by the INIFAP and was produced to be sown in warm climates, it is used with rainfalls of over 650 mm, it has a high scope for adaptation and is very resistant to grain rots (INEGI, 1997).

As in the first assessment, the relative efficiency of the soil, the net income and the relative efficiency of the gain were similar for both varieties.

Los resultados de las pruebas de medias por arreglo topológico se observan en el Cuadro 3. Si se comparan los resultados con el año anterior, el rendimiento de biomasa es la tercera parte del año anterior, aunque el rendimiento de grano solo disminuyó en 25 % aproximadamente. Estos resultados probablemente están relacionados a las condiciones ambientales presentadas en los dos años de evaluación. En el primer año, se presentaron fenómenos que ocasionaron fuertes lluvias y el cultivo se encontró con suficiente humedad para su desarrollo, mientras que en el segundo año de evaluación no se presentaron lluvias y el cultivo estuvo expuesto a condiciones de estrés por falta de agua. Este efecto de las condiciones ambientales en la disminución de los rendimientos ya ha sido observado. Medhi *et al.* (2015) indican que las temperaturas mayores al promedio en el segundo año de la evaluación en un trabajo de maíz intercalado con frijol en bandas de dos, tres y cuatro surcos alternados, provocaron un descenso en el rendimiento de ambos cultivos.

En cuanto a los rendimientos, se considera que en Nayarit la producción de maíz en condiciones de temporal es de 2 900 kg·ha<sup>-1</sup>; mientras que, en condiciones de humedad residual o riego, los rendimientos son de 4.0 t·ha<sup>-1</sup> (INIFAP, 2020).

Se considera que, en México, menos de una quinta parte de la tierra cultivada destinada al maíz es adecuada para variedades híbridas mejoradas. Como consecuencia de esto, el rendimiento del maíz es de 2 a 4 t·ha<sup>-1</sup> poco más que la cuarta parte del rendimiento promedio de los Estados Unidos de América (FAO, 2004). Esto no ha cambiado, en el 2019, el 84 % de la superficie cultivada presentó rendimiento promedio menor a 5 t·ha<sup>-1</sup> de maíz grano, ya que el 60 % del maíz proviene de productores a pequeña escala (SADER, 2021).

### **Efecto de las variedades**

El resultado de la prueba de medias para las variables evaluadas se muestra en el Cuadro 4.

En cuanto a la biomasa producida se encontraron diferencias entre variedades. Sin embargo, a diferencia del primer año, la variedad V-526 produjo mayor cantidad de biomasa. Esto puede ser debido a las diferencias en las condiciones de humedad presentadas en el segundo año. En cuanto a la biomasa producida a diferencia del año anterior, la variedad V-526 produjo 20.37 % más que VETX-200 UAN. Y, a pesar de que el rendimiento de grano fue similar, esta diferencia se reflejó en el índice de cosecha, donde la variedad V-526 presentó menor índice.



**Table 4. Result of the range test of the variables assessed in two maize varieties (Xalisco, Nayarit, 2020).**  
**Cuadro 4. Resultado de la prueba de medias de las variables evaluadas en dos variedades de maíz (Xalisco, Nayarit, 2020).**

Treatment / Tratamiento	Biomass (t·ha <sup>-1</sup> ) / Biomasa (t·ha <sup>-1</sup> )	Yield (t·ha <sup>-1</sup> ) / Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> )	Harvest index / Índice de cosecha	Relative efficiency of the soil / Eficiencia relativa de la tierra	Net income (MXN) / Ingreso neto (MXN)	Relative efficiency of the gain / Eficiencia relativa de la ganancia
V-526	5,736.1 a	3,124.8 a	0.3532 b	0.9978 a	9,474.90 a	19,617.6 a
VETX-200 UAN	4,767.5 b	3,128.2 a	0.3970 a	1.0000 a	9,476.61 a	19,638.9 a
HSD	447.16	269.81	0.0293	0.0916	134.91	1,693.9
C.V.	8.2900	8.4024	7.6008	8.9324	1.3862	8.402.5

Means with equal letters in the same column are not statistically different ( $Pr \leq 0.05$ ). HSD: Honest Significant Difference. C.V.: coefficient of variation.

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente ( $Pr \leq 0.05$ ). HDS: diferencia significativamente honesta. C.V.: coeficiente de variación.

## Conclusions

It is necessary to evaluate other bean varieties or use different dates for sowing to carry out the intercropping of maize and bean. It is possible to obtain good yields, relative efficiency of the soil and gain in double furrow maize intercropping systems.

En cuanto al rendimiento, no se observaron diferencias entre variedades. Pero sí en el índice de cosecha. En este caso, el índice de cosecha mayor se encontró en la variedad VETX-200 UAN. Esta variedad se adaptó mejor a esas condiciones de siembra.

La diversidad de rendimiento de este tipo, debidas a diferencias agroecológicas, no se pueden reducir. La variedad V-526 fue generada por el INIFAP y fue producida para sembrarse en climas cálidos, se utiliza con precipitaciones mayores de 650 mm, tiene un alto margen de adaptación y es muy resistente a pudriciones del grano (INEGI, 1997).

Al igual que en la primera evaluación, la eficiencia relativa de la tierra, el ingreso neto y la eficiencia relativa de la ganancia fue similar en ambas variedades.

## Conclusiones

Es necesario probar otras variedades de frijol o utilizar diferentes fechas de siembra al realizar el cultivo intercalado de maíz y frijol. Es posible obtener buenos rendimientos, eficiencia relativa de la tierra y de la ganancia en sistemas intercalados de maíz a doble hilera.

*End of English version*

## References / Referencias

- Aguilar, J., Illsley, C., y Marielle, C. (2003). Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. pp. 83-122. En: G. Esteva y C. Marielle (eds.). Sin maíz no hay país. CONACULTA. Ciudad de México.
- Albino G., R., Turrent F., A., Cortés F., J., González E., A., Mendoza C., M., Volke V., H., y Santiago M., H. (2016). Optimización económica de N, P, K y densidades de plantación en maíz y frijol intercalados. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 993-1004.
- Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Cortés-Flores, J. I., Livera-Muñoz, M., y Mendoza-Castillo, M. C. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados. *Agrociencia*, 49(5), 513-531. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952015000500004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000500004&lng=es&tlng=es).
- Andrade F., H. (1995). Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, 41(1), 1-12. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)00107-N](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)00107-N).
- Arias U., Luis M., Figueroa E., y Bendersky, D. (2012). Silo de maíz: híbridos y análisis de costos. Nº 488 Ediciones del

*Fin de la versión en español*

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Argentina. ISSN Nº 0327-3059. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_silo\\_de\\_maz\\_\\_hbridos\\_y\\_analisis\\_de\\_costos\\_\\_notici.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_silo_de_maz__hbridos_y_analisis_de_costos__notici.pdf)
- Charani, E., Peyman, S., y Aminpanah, H. (2018). The competitive ability of maize (*Zea mays* L.)- common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercrops against weeds. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 35: 40-62. [https://www.researchgate.net/publication/323276049\\_The\\_competitive\\_ability\\_of\\_maize\\_Zea\\_mays\\_L\\_-\\_common\\_bean\\_Phaseolus\\_vulgaris\\_L\\_intercrops\\_against\\_weeds](https://www.researchgate.net/publication/323276049_The_competitive_ability_of_maize_Zea_mays_L_-_common_bean_Phaseolus_vulgaris_L_intercrops_against_weeds).
- Ebel, R., Pozas C., J. G., Soria M., Florencio, y Cruz G., J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 149-160. Recuperado en 12 de marzo de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792017000200149&lng=es&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792017000200149&lng=es&lng=es).
- Elizondo S., J. (2011). Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 105-111. [fecha de Consulta 28 de mayo de 2020]. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=436/43622356009>
- FAO (Agriculture Organization of the United Nations). (2004). Perspectivas por sectores principales. Producción de cultivos. En: Informe World Agriculture: Towards 2015/2030, Disponible en: <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s08.htm>
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. <https://www.igg.unam.mx/geoigg/biblioteca/archivos/memoria/20190917100949.pdf>.
- González T, L. J. (2001). Efecto de diferentes arreglos topológicos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y el uso equivalente de la tierra. Universidad Nacional Agraria, Managua (Nicaragua). Facultad de Agronomía. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNA1921>
- Guzmán C., G. I., y Mielgo A., A. M. (2008). Buenas prácticas en producción ecológica: Asociaciones y Rotaciones. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España. 24 pp. [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/Asociaciones%20y%20Rotaciones\\_tcm30-101334.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/Asociaciones%20y%20Rotaciones_tcm30-101334.pdf).
- Hamd-Alla W., Shalaby El-Salled, Zohry, y Abd El-Hafeez. (2014). Effect of cowpea (*Vigna sinensis* L.) with maize (*Zea mays* L.) intercropping on yield and its components. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Veterinary, Agricultural and Food Engineering*, 8(11), 1170-1176. [https://www.researchgate.net/publication/331559862\\_Effect\\_of\\_cowpea\\_Vigna\\_sinensis\\_L\\_with\\_maize\\_Zea\\_mays\\_L\\_intercropping\\_on\\_yield\\_and\\_its\\_components](https://www.researchgate.net/publication/331559862_Effect_of_cowpea_Vigna_sinensis_L_with_maize_Zea_mays_L_intercropping_on_yield_and_its_components).
- Hamdollah, E. (2012). Intercropping of maize (*Zea mays* L.) with cowpea (*Vigna sinensis*) and mungbean (*Vigna radiata* L.): effect of intercrop components on resource consumption, dry matter production and legumes forage quality. *Journal of Basic & Applied Sciences*, 2, 355-360. [https://www.textroad.com/pdf/JBASR/J.%20Basic.%20Appl.%20Sci.%20Res.,%202\(1\)355-360,%202012.pdf](https://www.textroad.com/pdf/JBASR/J.%20Basic.%20Appl.%20Sci.%20Res.,%202(1)355-360,%202012.pdf).
- Hernández, C. N., y Soto, C. F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 24-29. Recuperado el día 23 de mayo de 2020, de en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S058-59258-59262013000200004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S058-59258-59262013000200004)
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). (1997). El maíz en el estado de Chiapas. ISBN 970-13-1818-8. [https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/380/702825118532/702825118532\\_1.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/380/702825118532/702825118532_1.pdf).
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). (2020). Maíz. En: Guía para la Asistencia Agrícola de Nayarit. Disponible en: <http://www.cesix.inifap.gob.mx/guias/MAIZ.pdf>
- Liebman M. (1999). Capítulo 9. Sistemas de policultivos. Pp. 191-202. En: Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. <http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/IOPolicultivos.pdf>
- López C, C. (2011). Variación en rendimiento de grano, biomasa y número de granos en cebada bajo tres condiciones de humedad del suelo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(3), 907-918. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000300017&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300017&lng=es)
- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Lawrans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tourdonnet, S., y Valantin, M. (2009). Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 43-62. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886426/document>.
- Mehdi Nassiri Mahallati, Alireza Koocheki, Farzad Mondani, Hassan Feizi, Shahram Amirmoradi (2015). kDetermination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran, *Journal of Cleaner Production*, 106:343-350. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.099>.
- Morales E, J., A., Escalante E., L., Tijerina C., V., Volke, H., y Sosa M. E. (2006). Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra latinoamericana*, 24(1), 55-64. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311494007.pdf>.
- Nasir I., Sajad H., Zeeshan A., Feng Y., Xiaochun W., Weiguo L., Taiwan Y., Junbo D., Kai S., Wenyu Y., y Jiang L. (2019). Comparative analysis of maize-soybean strip intercropping systems: a review. *Plant Production Science*, 22(2), 131-142. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2018.1541137>.
- OECD y FAO (Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2020). Perspectivas Agrícolas 2020-2029. 352 pp. Disponible en: <https://www.oecd-ilibrary.org>.

- org/sites/ecf42a00-es/index.html?itemId=/content/component/ecf42a00-es.
- Ortiz-Torres, E., López, P. A., Gil-Muñoz, A., Guerrero-Rodríguez, J. de D., López-Sánchez, H., Taboada-Gaytán, O. R., y Hernández-Guzmán, J. A. (2013). Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(2), 225-238. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.02.006>.
- Rodríguez Larramendi, L., Guevara H., F., Ovando C., J., Marto G., J. R., y Ortiz P., R. (2016). Crecimiento e índice de cosecha de variedades Locales de maíz (*Zea mays* L.) en comunidades de la región Frailesca de Chiapas, México. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 137-145 <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1404.6967>.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2021). Maíz, el cultivo de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-el-cultivo-de-mexico>
- Tóala M, E. (2008). Dinámica de la distribución de la biomasa de híbridos comerciales de maíz. Tesis de licenciatura, Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2092>.
- Torres C., S., Huaraca F., J., Laura P., D., y Crisóstomo C., R. (2018). Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(1), 15 – 22. [https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri\\_ctd/article/view/1068](https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/1068).
- Vandermeer, J. H. (1989). *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press. Australia. 237 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511623523>.



EN

## Community interventions in the socioenvironmental context: good practices in the preservation of southern Mexico

ES

## Intervenciones comunitarias en el contexto socioambiental: buenas prácticas en la conservación desde el sur de México

Julio César Chávez Luis<sup>1</sup>; Erasmo Velázquez Cigarroa<sup>2\*</sup>; Andrea Venegas Sandoval<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Centro de Gestión del Desarrollo de México. Acapulco, Guerrero. México.

<sup>3</sup>Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático de México. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

\*Corresponding author:  
erasmo.vcigarroa@gmail.com

Received: February 16, 2022 /  
Accepted: April 20, 2022

DOI:  
10.5154/r.rchsat.2022.03.05

ORCID: 0000-0002-4283-0083

### Abstract

The community interventions currently play a key role and open new opportunity areas for the socioenvironmental progress. This study investigates the good practices of the Participatory Action Research (PAR) in different groups in the southeast of Mexico, such as the group of coffee farmers in the state of Chiapas, the communities in territorial conflict with an archaeological zone in Oaxaca and the sustainable management of organic waste on the part of the Development Management Centre of the Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro); focused on the socioenvironmental implications of the different groups involved. Because this study is developed into different contexts of southern Mexico, its aim is to analyze and describe the main methods that assure a proper community intervention in the socioenvironmental context as well as an analysis of good practices. In order to include this consideration, the research team reflected and applied different methodologies related to the PAR, taking into account methods of community intervention. Finally, the reflections show that, when the theoretical-methodological processes are properly developed, it is possible to correctly intervene and contribute with the development of Mexican communities.

**Keywords:** Community action, community development, sustainability, coffee farmers, territorial conflict.

### Resumen

Las intervenciones comunitarias cumplen un papel fundamental en los tiempos actuales y abren un nuevo campo de oportunidad al progreso socioambiental. El presente trabajo explora las buenas prácticas de la Investigación Acción Participativa (IAP) en diferentes grupos del sureste mexicano, como lo son el grupo de caficultores en el estado de Chiapas, las comunidades en conflicto territorial con una zona arqueológica en Oaxaca y el manejo sustentable de residuos orgánicos por parte del Centro de Gestión del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro); enfocándose en las implicaciones socioambientales de los diferentes grupos intervenidos. Dado que el trabajo se desarrolla en diferentes contextos del sur de



**Please cite this article as follows (APA 6):** Chávez Luis, J. C., Velázquez Cigarroa, E., & Venegas Sandoval, A., (2022). Community interventions in the socioenvironmental context: good practices in the preservation of southern Mexico. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 2(1), 59-76. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsat.2022.03.05>



México, su objetivo es analizar y describir los principales métodos que aseguren una buena intervención comunitaria en el contexto socioambiental y un análisis de buenas prácticas. Para incluir dicha consideración, el equipo de investigación reflexionó y aplicó diferentes metodologías en relación con la IAP, contemplando diferentes métodos de la intervención comunitaria. Finalmente, las reflexiones muestran que, al desarrollar adecuadamente los procesos teóricos-metodológicos, se puede intervenir y contribuir correctamente al desarrollo de las comunidades mexicanas.

**Palabras clave:** Acción comunitaria, desarrollo comunitario, sustentabilidad, caficultores, conflicto territorial.

## Introduction

The community intervention opens a new field of action on issues related to natural resources, conflicts, environmental education and most important, it procures a good community development where those topics are intervened, it also addresses one of the main problems faced by the current society, which is the lack of environmental responsibility (Carrera-Robles, 2014). It being understood as the totality of techniques, methods and tools that added to a multidisciplinary group pretends to promote the socio-environmental development, this through active collaborative arrangements in the communities involved for these to promote a correct transformation of their reality (Mori-Sánchez, 2008).

The developed actions pretend to train and strengthen the society by favoring the self-management for its own transformation and that of the environment; it is not an unique process, nor descriptive because its resource and format considerably depends on the context and level to be intervened, as well as the strategies used and objectives pursued, giving to the community the decision-making capacity, collaborative work and favoring as a preventive space, aimed at developing and accessing actions from the social group itself (Carrera-Robles, 2014; Mori-Sánchez, 2008).

During the community intervention, the guidance of a facilitator is essential to promote the mobilization of the group members from a community, through the different techniques, dynamics, and methodologies that he must be able to diagnose, assess, describe, and exemplify as well as the current needs and issues. The participant can and must get involved into the discussion processes about the established aims. On the other side, the controller must be good at managing topics and activities that will be addressed with the community, this to prevent distrust on the part of the participants or clear effects such as the social fear and the collective fear (Carrera-Robles, 2014).

## Introducción

La intervención comunitaria abre un nuevo campo de acción en temas de recursos naturales, conflictos, educación ambiental y lo más importante, procura un buen desarrollo de las comunidades donde se interviene esto, además de que aborda uno de los principales problemas a los cuales se enfrenta la sociedad actual, que es la falta de responsabilidad ambiental (Carrera-Robles, 2014). Entendiéndose, así como la totalidad de técnicas, métodos y herramientas que sumado a un grupo multidisciplinario pretende fomentar el desarrollo socio ambiental, esto a través de medios de colaboración activa en las comunidades involucradas para que estas fomenten una correcta transformación de su propia realidad (Mori-Sánchez, 2008).

Las acciones desarrolladas pretenden la capacitación y el fortalecimiento de la sociedad, favoreciendo la autogestión para su propia transformación y la del ambiente; no es un proceso único, ni prescriptivo, dado que el curso y formato de esta depende considerablemente del ámbito y nivel a intervenir, así como de las estrategias usadas y objetivos perseguidos, dando a la comunidad capacidad de decisión, trabajo colaborativo y favorecer como un espacio preventivo, orientado a desarrollar y evaluar acciones desde el propio grupo social (Carrera-Robles, 2014; Mori-Sánchez, 2008).

Durante la intervención comunitaria, el acompañamiento del facilitador es primordial para promover la movilización de los grupos miembros de una comunidad, a través de las diferentes técnicas, dinámicas y metodologías que debe ser capaz de diagnosticar, evaluar, describir y ejemplificar, así como las necesidades y problemas actuales. El participante puede y debe involucrarse en los procesos de discusión y debate sobre los objetivos establecidos. Por otra parte, el interventor debe ser hábil en el manejo de los temas y actividades a trabajar con la comunidad, esto para evitar desconfianza en los participantes o

Nowadays, these processes require greater specialization based on the characteristics of the communities where they are intended to conduct. Thus, it is necessary to design specific strategies to meet the requirements and concrete reality of each of them. From this perspective, the community intervention is conceived as a collective action process focused on the improvement of the quality of life of people who integrate it, through the promotion of the active participation and the empowerment of communities (Carrera-Robles, 2014; Mori-Sánchez, 2008; Sirvent, 2018).

Authors like García-Barríos and González-Espinosa (2017) recognize the relevance of the community participation in the ecological-forestry and agroforestry areas, with the aim of strengthening the link between science and society, promoting dialogue and cooperation with social actors. The participatory action research on environmental issues is based on the respect for diversity and culture, as well as on the valuation of traditional knowledge, in order to contribute to the ecosystem and societies sustainability, focused on generating knowledge for the decision-making through dialogues and consensus.

To understand these premises and doubts regarding the intervention, one question mainly emerges: How to describe and analyze the main methods that ensure a community intervention in the socio-environmental context? from this questioning, the need to systematize and analyze different approaches to the community intervention, emerges, a total of three experiences developed in different contexts of southern Mexico, but under a single research method that is very recurrent in Socio-Environmental Sciences<sup>1</sup>. One procedure to carry out the community intervention and participation is through the participatory action research (PAR), it emerges as a response to the need of building a new relationship between theory and practice, between academy and society (Sirvent and Rigal, 2014).

Another author, Sirvent (2018), proposes the PAR as a research and education approach that seeks to involve people in the search for solutions to their own problems, from the definition of community intervention,

efectos evidentes como el miedo social y la angustia colectiva (Carrera-Robles, 2014).

En la actualidad, estos procesos requieren de una mayor especialización en función de las características en las comunidades donde se pretenden llevar a cabo. Por tanto, es necesario el diseño de estrategias específicas que respondan a las necesidades y a la realidad concreta de cada una de ellas. Desde esta perspectiva, la intervención comunitaria se concibe como un proceso de acción colectiva orientado a la mejora de la calidad de vida de las personas que la integran mediante la promoción de la participación activa y el empoderamiento de las comunidades (Carrera-Robles, 2014; Mori-Sánchez, 2008; Sirvent, 2018).

Autores como García-Barríos y González-Espinosa (2017) reconocen la importancia de la participación comunitaria en los ámbitos ecológico-forestal y agroforestal, buscando fortalecer el vínculo entre la ciencia y la sociedad, promover el diálogo y la colaboración con actores sociales. La investigación acción participativa en temas ambientales se fundamenta en el respeto a la diversidad y la cultura, así como en la valoración de los conocimientos tradicionales, con la finalidad de contribuir en la sostenibilidad de los ecosistemas y de las sociedades, orientándose a generar conocimiento para la toma de decisiones, a través del diálogo y el consenso.

Para comprender estas premisas y las dudas que hay en cuanto a la intervención, surge principalmente una pregunta: ¿cómo poder describir y analizar los principales métodos que aseguren una intervención comunitaria en el contexto socioambiental?, a partir de este cuestionamiento emerge la necesidad de sistematizar y analizar distintas aproximaciones a la intervención comunitaria, tres experiencias en total, desarrolladas en diferentes contextos del sur de México, pero bajo un mismo método de investigación muy recurrente en las Ciencias Socio-Ambientales<sup>1</sup>. Un procedimiento para realizar la intervención y participación comunitaria es a través de la investigación acción participativa (IAP), esta emana como una respuesta a la necesidad de construir una nueva relación entre la teoría y la práctica, entre la academia y la sociedad (Sirvent y Rigal, 2014).

<sup>1</sup>Socio-Environmental Sciences or Socioenvironmental is a set of studies with an interdisciplinary approach between social Sciences and environmental, focused on understanding the several relationships between the human being and the nature, through political, social, economic, environmental, educational and cultural factors. It is aimed at understanding the contemporary environmental problems into a historical context, forming an environmental thought, studying social and environmental movements and creating livelihoods (Floriani, 2014; Martínez-Alier, 2019; Morales-Jasso, 2017).

<sup>1</sup>Ciencias Socio-Ambientales o Socioambientales es un conjunto de estudios con un enfoque interdisciplinario entre las ciencias sociales y ambientales, enfocado en comprender las diversas relaciones que existen entre el ser humano y la naturaleza, a través de factores políticos, sociales, económicos, ambientales, educativos y culturales. Tiene como objetivo comprender los problemas ambientales contemporáneos en contextos históricos, la formación del pensamiento ambiental, el estudio de los movimientos sociales y ambientales y la creación de medios de vida (Floriani, 2014; Martínez-Alier, 2019; Morales-Jasso, 2017).

and to analyze different studies related to the topic; as in the case of Cruz-Morales (2018), in which a dialogue between different families was established, it allowed to know and recognize a wealth of ancestral experiences and knowledge.

On the other side, Balcázar (2003) says that there are three core activities for the participatory action research, which begin with the research as first item; second, the education and lastly, the action where participants implement solutions. Therefore, this study investigates the good practices of the PAR in three groups from the southeast of Mexico, emphasizing the socioenvironmental implications of the diverse groups involved.

Given this situation, the aim of this study was to describe and analyze the main methods that assure a community intervention within the socioenvironmental context of communities from the Mexican southeast, through an analysis in practices focused on boosting the participatory action research that will be used as reference point for authentic and dynamic participation processes.

### **Methodological approach**

In order to meet the proposed objective, the project managers analyzed different approaches to the community intervention, developed in different contexts of the southeast of Mexico. This reflective study, focused on the community intervention practices, is aimed at creating advances in the resolution of socioenvironmental conflicts and promoting the training of change agents.

Given this situation, the first community experience was developed in the Monte Albán archeological site (ZAMA by its acronym in Spanish), located in the vicinity of the Oaxacan capital, belonging to the Central Valleys of Oaxaca, it is the biggest archeological site of the state and one of the most important (Ordóñez and Rodríguez, 2008). This intervention generated a space for dialogue among the community, also, the reconnaissance of the territory by the inhabitants was facilitated when considering the social actors in the planning of future actions for the collective work and collaboration with institutions.

The second experience was developed in a community and territory with a quite different context to the ZAMA. In this case, it was about the cooperation process among one group of coffee farmers representatives of a Federation of Chiapas (second-tier organization that groups cooperatives of producers) which is linked to researchers from the Colegio de la Frontera Sur

Otro autor como Sirvent (2018) propone a la IAP como un enfoque de investigación y educación que busca involucrar a las personas en la búsqueda de soluciones a sus propios problemas, a partir de la definición de intervención comunitaria, y analizar diferentes estudios relacionados al tema; como en el caso de Cruz-Morales (2018), en el cual se estableció un diálogo entre diferentes familias campesinas, lo que permitió conocer y reconocer un cúmulo de conocimientos y experiencias ancestrales.

Por otra parte, Balcázar (2003) menciona que hay tres actividades centrales para la investigación acción participativa, la cual parte como primer punto con la investigación; segundo, la educación y por último la acción donde los participantes implementan las soluciones. Por consiguiente, el presente trabajo explora las buenas prácticas de la IAP en tres grupos del sureste de México; con especial énfasis en las implicaciones socioambientales de los diferentes grupos intervenidos.

Ante esto, el objetivo de este trabajo consistió en describir y analizar los principales métodos que aseguren una intervención comunitaria en el contexto socioambiental de comunidades del sureste mexicano, a través de un análisis en prácticas orientadas a impulsar la investigación acción participativa en, la cual, servirá como punto de referencia en procesos de participación auténticos y dinámicos.

### **Enfoque metodológico**

Con el fin de cumplir con el objetivo propuesto, los responsables del proyecto analizaron distintas aproximaciones a la intervención comunitaria, desarrolladas en diversos contextos del sureste mexicano. Este trabajo de corte reflexivo, orientado a prácticas de intervención comunitaria dirigidas a generar avances en la resolución de conflictos socioambientales y en el impulso de la formación de agentes de cambio.

Ante ello, la primera experiencia comunitaria se desarrolló en la Zona Arqueológica de Monte Albán (ZAMA), ubicada en las cercanías de la capital Oaxaqueña, perteneciente a los Valles Centrales del estado de Oaxaca, este es el sitio arqueológico más grande de este estado y uno de los más importantes (Ordóñez y Rodríguez, 2008). Esta intervención generó un espacio de diálogo entre la comunidad, además se facilitó un reconocimiento del territorio de los habitantes, tomando siempre en cuenta a los actores sociales en la planeación de acciones futuras para el trabajo colectivo y de colaboración con instituciones.

La segunda experiencia se desarrolló en una comunidad y territorio con un contexto muy diferente a

members of the Grupo de Investigación en Zonas Cafetaleras (GIEZCA), to jointly search for strategies, and in this way, to face a particular issue existent at that moment.

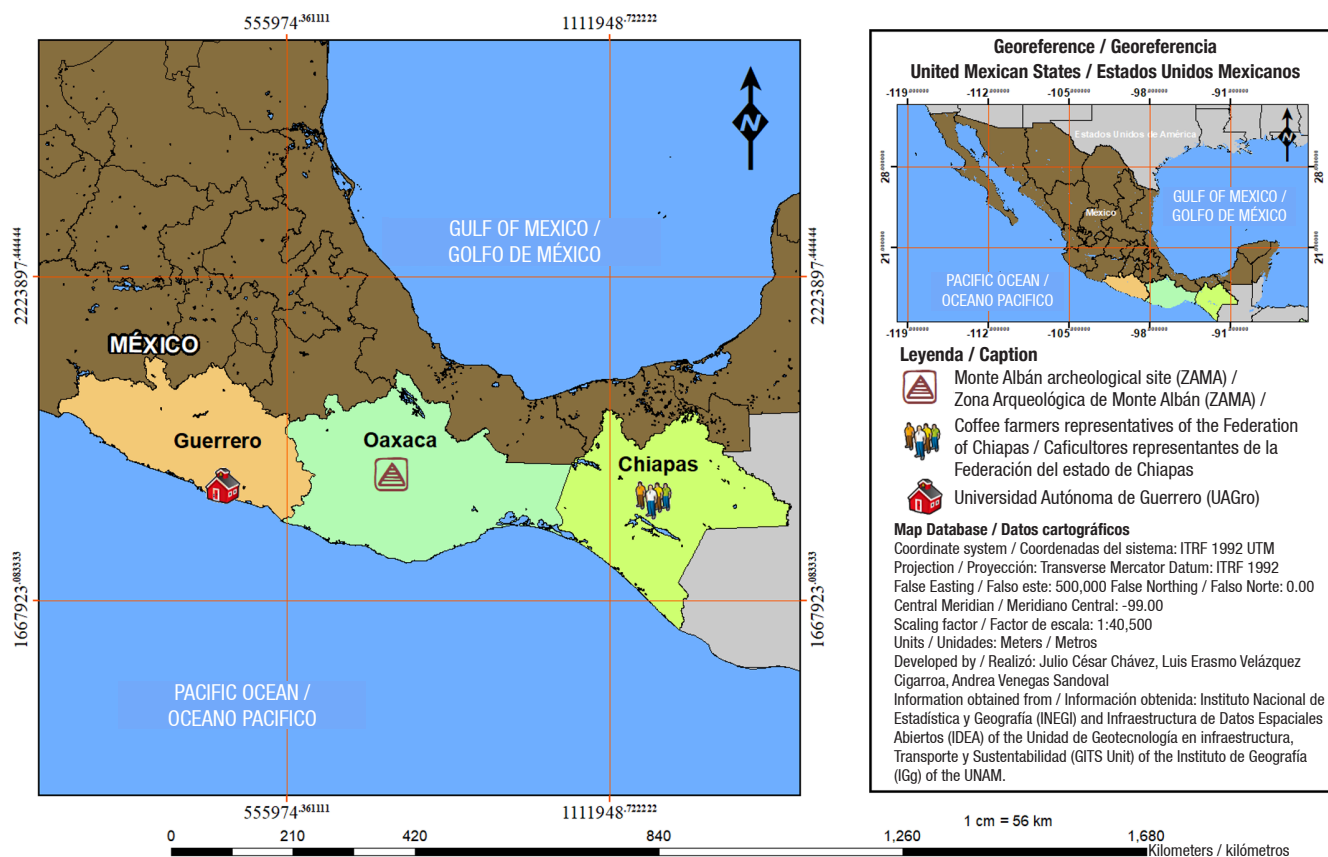
The third experience was developed in the sustainable management of organic waste, this as part of a post-doctoral stay project in the Development Management Center of the Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). The technique used for this purpose is called “biodigester bales” or “Silva digester bales,” which consists in a microecosystem that is constituted by hand, it works outdoors and mimics the soil ecosystem, where the biodegradable waste is accumulated and transformed into organic fertilizer, a stable and mature solid product like the humus (Figure 1). It is a method for the biological digestion of all types of organic waste (Velázquez-Cigarroa, et al., 2017).

In order to analyze the good practices within different contexts of the community intervention, it was decided that the experiences should meet certain methodological aspects of research, to be used as reference

la ZAMA. En este caso se trató sobre el proceso de colaboración entre un grupo de caficultores representantes de una Federación del estado de Chiapas (organización de segundo nivel, que agrupa a cooperativas de productores) la cual se vinculó a investigadores del Colegio de la Frontera Sur integrantes del Grupo de Investigación en Zonas Cafetaleras (GIEZCA), para buscar de forma conjunta estrategias, y así enfrentar una problemática particular que en ese momento se presentaba.

La tercera experiencia se desarrolló en el manejo sustentable de residuos orgánicos, esto como parte de un proyecto de estancia postdoctoral en el Centro de Gestión de Desarrollo de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro). La técnica empleada para tal propósito lleva por nombre “pacas biodigestoras” o “pacas digestoras Silva”, la cual consiste en un microecosistema que se construye de manera artesanal, funciona a la intemperie e imita el ecosistema de los suelos, donde se acumula y transforma la materia biodegradable en abono orgánico, un producto sólido estable y maduro similar al humus (Figura 1). Es un método

**Community interventions in southern Mexico / Intervenciones comunitarias en el sur de México**



**Figure 1.** Location of the community interventions in Mexico.

**Figura 1.** Localización de las intervenciones comunitarias en México.



point of authentic and dynamic interventions. For this, the analysis was developed from the PAR proposed by Sirvent and Rigal (2014), which considers three main objectives for the real involvement of the subjects to be intervened; the first one contemplates to collectively generate critical knowledge about their collective reality; the second one pretends to strengthen the capacity for participation and social organization of the community; and the third one promotes the modification of negative conditions that affect their everydayness, this from the collective work.

The three experiences of intervention were analyzed by considering the PAR, which is based on the idea that the knowledge is constituted from the constant participation of the people in the research process. Thus, the PAR seeks that the subjects to be intervened are protagonists of the research process, and not only objects of study, which can be implemented in diverse ways; this is a flexible methodological approach that allows adapting to the needs of each community (Sirvent and Rigal, 2012). However, the PAR would be implemented from two methodological approaches: the participatory approach and the action-reflection-action approach (Sirvent, 2018).

Each approach to the intervention was analyzed and systematized by taking into account the three objectives of the PAR proposed by Sirvent and Rigal (2014). Specifically, each praxis should be analyzed and establish categories to identify key patterns of the community intervention, then, they are theoretically justified with the information obtained and according to the context where the community intervention was developed. In the first category, the needs of research were identified according to the information, because the information is needed to plan, organize, coordinate, and develop the activities. For this, the information must be timely, reliable and of quality. The second category involved identifying the main objectives according to the information. The PAR seeks to strengthen the institutional or the community collective management and to promote the transparency and accountability. In the third category, the key patterns were identified in relation to the needs of the PAR according to the information.

## Results and discussion

### Community intervention 1: Archeology, Society and Environment

In 1995, due to diverse circumstances, the public attention to the preservation of the Monte Albán archeological site (ZAMA) was taken up. On one side, due to the new findings made during the megaproject of

para la digestión biológica de todo tipo de residuos orgánicos (Velázquez-Cigarroa, et al., 2017).

Para analizar las buenas prácticas en los diferentes contextos de la intervención comunitaria, se decidió que, las experiencias deberían cumplir con ciertos aspectos metodológicos de investigación, para que puedan servir como puntos de referencia de auténticas y dinámicas intervenciones. Por ello, el análisis fue desarrollado a partir de la IAP propuesto por Sirvent y Rigal (2014), el cual contempla tres grandes objetivos en el involucramiento real de los sujetos a intervenir: el primero, contempla el generar de manera colectiva un conocimiento crítico sobre su realidad colectiva; el segundo, pretende fortalecer la capacidad de participación y la organización social de la comunidad; y el tercero, promover la modificación de condiciones negativas que afecten su cotidianidad, esto a partir del trabajo colectivo.

Las tres experiencias de intervención se analizaron considerando la IAP, la cual se fundamenta en la idea de que el conocimiento se construye a partir de la participación constante de las personas en el proceso de investigación. Por lo tanto, la IAP busca que los sujetos a intervenir sean protagonistas del proceso de investigación, y no simples objetos de estudio, misma que puede ser implementada de diferentes maneras; esto de tratarse de un enfoque metodológico flexible que permite adaptarse a las necesidades de cada comunidad (Sirvent y Rigal, 2012). Sin embargo, la IAP se implementa a partir de dos enfoques metodológicos: el enfoque participativo y el enfoque acción-reflexión-acción (Sirvent, 2018).

Cada acercamiento a la intervención fue analizado y sistemático, tomando en cuenta los tres objetivos de la IAP propuestos por Sirvent y Rigal (2014). Específicamente, cada praxis debe analizarse y establecer categorías para identificar patrones importantes de intervención comunitaria, luego se justifican teóricamente con la información obtenida y de acuerdo con el contexto en donde se desarrolla la intervención comunitaria. En la primera categoría, se identificaron las necesidades de la investigación con relación a la información, ya que esta requiere información para planificar, organizar, coordinar y ejecutar sus actividades. Para esto, la información debe ser oportuna, confiable y de calidad. La segunda categoría consistió en la identificación de los objetivos fundamentales con respecto a la información. La IAP busca fortalecer la gestión institucional o del colectivo comunitario y promover la transparencia y la rendición de cuentas. En la tercera categoría, fueron identificados los patrones significativos en relación con las necesidades de la IAP en función de la información.



1992-1994 and, on the other side, because the growth of the urban footprint of the Oaxaca city on the monumental area (Machorro-Flores, 2004). The ZAMA is one of the most important sites in Mexico, it is in the state of Oaxaca that is one of the regions with greater biological and cultural diversity of the country (Ordóñez and Rodríguez, 2008). From that moment and thanks to the archaeological, cultural, and environmental importance of the place, the authorities took on the task of fixing a greater attention towards the search of the response to the problematic that nowadays characterizes Monte Albán (Martínez and Ojeda, 2004).

In light of the foregoing, Machorro-Flores (2004) says that the main problems faced by the archaeological site, in addition to the obvious destruction and invasion of the area, should be mentioned by saying that the challenge of the ZAMA is not a simple issue, and it is not feasible to solve it only from the official sector, as it has been said. The considerations to understand the complexity of Monte Albán are the following: 1) Official delimitation of the archaeological zone; 2) Land tenure (due to different historical facts); 3) Land use; 4) The social actors.

Given the obvious problems faced by the ZAMA, it is important to understand and identify each possible situation of collective exchange of ideas between the different actors (community, institutional and citizens), included the scientific committee in charge of the intervention project. This means the need to establish minimum parameters to guide the community intervention. One of the strategies that facilitated the social participation in the ZAMA, was the participatory action research and the social mapping. Those who have studied these topics, attribute the failure of some projects to the lack of the community participation (Ceccon, 2013).

In order to create real and viable solutions to complex problems, different community interventions were proposed with colonies closest to the archaeological site, one important point considered in the intervention project was precisely the collective participation, where through the social mapping, some of the socioenvironmental issues were identified from the vision of the community (Reyes-Escutia, et al., 2014). Because of each group is different, it was decided to analyze a clear methodological framework for planning, managing, and measuring the community interventions with specific attention to the results with the competent authorities. For the adaptation of a pertinent management, a better performance and a clearer accountability for those who intervene, the methodological adaptation follows the steps proposed by the Federación Internacional de Sociedades

## Resultados y discusión

### Intervención comunitaria 1: Arqueología, Sociedad y Ambiente

Durante el año de 1995, por diversas circunstancias, se reinició la atención pública a la conservación de la Zona Arqueológica de Monte Albán (ZAMA). Por un lado, debido a los nuevos descubrimientos realizados durante el megaproyecto de 1992-1994 y, por otro lado, por el crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Oaxaca sobre la zona monumental (Machorro-Flores, 2004). La ZAMA es uno de los sitios más importantes en México, el cual se encuentra ubicado en el estado de Oaxaca, siendo una de las regiones con mayor diversidad biológica y cultural del país (Ordóñez y Rodríguez, 2008). Desde ese momento y gracias a la relevancia arqueológica, cultural y ambiental del lugar las autoridades se dieron a la tarea de fijar una mayor atención hacia la búsqueda de respuesta a la problemática que caracteriza hoy en día a Monte Albán (Martínez y Ojeda, 2004).

Con todo lo anterior, Machorro-Flores (2004) menciona los principales problemas que enfrenta la zona arqueológica, además de la evidente destrucción e invasión del área; cabe mencionar que los retos de la ZAMA no es un tema sencillo y tampoco es factible resolverlo solo desde el sector oficial, como se ha opinado. Las consideraciones para entender la complejidad de Monte Albán son las siguientes: 1) Delimitación oficial de la zona arqueológica; 2) Tenencia de la Tierra (por diferentes hechos históricos); 3) Uso del suelo; 4) Los actores sociales.

Ante los evidentes problemas que enfrenta la ZAMA, es importante comprender e identificar cada posible escenario de intercambio colectivo de las ideas entre los actores diversos (comunitarios, institucionales y ciudadanos), incluido el comité científico encargado del proyecto de intervención. Esto supone la necesidad de establecer parámetros mínimos para orientar la intervención comunitaria. Una de las estrategias que facilitaron la participación social en la ZAMA fue la investigación acción participativa y la cartografía social. Quienes han estudiado estos temas atribuyen el fracaso de algunos proyectos a la ausencia de la participación de la comunidad (Ceccon, 2013).

Para poder crear soluciones factibles y reales ante problemas complejos, se propusieron diferentes intervenciones comunitarias con las colonias más cercanas al sitio arqueológico, un punto importante que fue tomado en cuenta en el proyecto de intervención fue precisamente la participación colectiva, donde a través de la cartografía social se pudieron identificar algunos

de la Cruz Roja and the Media Luna Roja (2012) which are: 1) Know and investigate the competent authorities that intervene directly in the research area such as: Municipality, Non-Governmental Organizations (NGOs), Research Centers and Government Sectors; 2) Know and investigate the competent authorities that intervene indirectly in the research area such as: colonies, indigenous towns or nearby communities; 3) Carry out a first approach with the direct and indirect authorities and manage the documents needed such as permits or authorizations to be able to work legitimately; 4) Maintain constant communication with the authorities during the intervention.

With the methodological framework defined to intervene and consider a conceptual approach of the participatory action research, collective spaces of reflection and knowledge were created by all those involved in the process. It is important to say that the groups with which we worked are some colonies of the community of Santa Cruz Xoxocotlán and the secondary school Lic. Genaro V. Vázquez, where through different methodological tools, such as the learning-by-doing, social mapping and environmental education, the community engaged in the intervention process to know the community issues (Rodríguez-García y Ramírez-López, 2014; Soliz and Maldonado, 2012).

During the participatory dialogue process with social actors (Colonies Benito Juárez and Tenochtitlan, also, the parents of the secondary school), in the first meeting, 105 persons identified and validated the problems of their territory, both social and environmental, in this way, the environmental diagnosis was socialized, finalized, and validated from the everydayness of the colony. In the second meeting, the participants collectively intervened in the social mapping activities, in this way, it was possible to build a participatory diagnosis of the current situations of the territory and the identification of certain plants for the Monte Albán archeological site.

This allowed to reach a consensus for the development of the current map of the colonies, where young people presented in their projections, in a synthesized way, the information corresponding to the variables that they identified, which are social and environmental. The results were presented by members of both localities and then, the participants reflected on the activities developed.

Some of the problems identified include the illegal sale of land, lack of public services and insecurity. In order to reach the analysis of the sectors from the problems to the solutions, in addition to have the participation of the community, three fundamental aspects presented

problemas socioambientales desde la visión de la comunidad (Reyes-Escutia, et al., 2014). Puesto que cada grupo es diferente, se decidió utilizar un marco metodológico claro para la planificación, la gestión y la medición de las intervenciones comunitarias con particular atención en los resultados con las autoridades competentes. La adaptación de una gestión pertinente, un mejor rendimiento y una rendición de cuentas más claras para todos los que intervengan, la adaptación metodológica sigue los pasos propuestos por la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (2012) los cuales son : 1) Conocer e investigar a las autoridades competentes que intervengan de una manera directa en el área de investigación como: Municipio, Organizaciones No Gubernamentales (ONG), Centros de Investigación y Sectores Gubernamentales; 2) Conocer e investigar a las autoridades competentes que intervengan de una manera indirecta en el área de investigación como: colonias, pueblos indígenas o comunidades aledañas; 3) Realizar un primer acercamiento con las autoridades directas e indirectas y gestionar los documentos necesarios como permisos u autorizaciones para poder trabajar legítimamente; 4) Mantener constante comunicación con las autoridades durante la intervención.

Con el marco metodológico definido para intervenir y considerar un enfoque conceptual de la investigación acción participativa, se realizaron espacios de reflexión y conocimiento colectivo entre todos los involucrados en el proceso. Cabe mencionar que los grupos con los que se trabajó son algunas colonias de la comunidad de Santa Cruz Xoxocotlán y la Escuela Secundaria Lic. Genaro V. Vázquez, donde a través de diferentes herramientas metodológicas, como lo es el aprender haciendo, cartografía social y educación ambiental, se involucró a la comunidad en el proceso de intervención para conocer los problemas comunitarios (Rodríguez-García y Ramírez-López, 2014; Soliz y Maldonado, 2012).

Durante el proceso participativo de diálogo con los actores sociales (Colonias Benito Juárez y Tenochtitlan, además de los padres de familia de la escuela secundaria), en la primera reunión 105 personas identificaron y validaron los problemas de su territorio tanto sociales como ambientales, de esta forma se socializó, completó y validó el diagnóstico ambiental desde la cotidianidad de Colonia. En una segunda reunión, los participantes intervinieron colectivamente en las actividades de cartografía social, de esta manera, se logró construir participativamente un diagnóstico de las situaciones actuales del territorio y la identificación de ciertas plantas de la Zona Arqueológica de Monte Albán.

Esto permitió llegar a un consenso para la elaboración del mapa actual de sus colonias donde los jóvenes

by Vargas (2007), were taken into account: 1) Consider the local knowledge from the social mapping; 2) The dialogue among knowledge systems; 3) Practices where this group of people could actively participate in the project.

In consideration of the community intervention processes and tools that facilitate the participation among the states nearby Monte Albán, it is possible to guide the generation of spaces that promote dialogue between social, governmental and institutional actors to contribute to the conservation of sites of archaeological value and natural resources, this through projects and programs that generate and assure social and environmental welfare (Cecon, 2013; Machorro Flores, 2004; Reyes et al., 2014; Soliz and Maldonado, 2012).

### **Community intervention 2: Coffee farmers from the state of Chiapas**

As a result of the recent crisis in the coffee growing of Chiapas, caused by the rust epidemics (*Hemileia vastatrix*) occurred mainly in the 2012-2013 production cycle (Venegas-Sandoval, et al., 2020), in 2014 a group of coffee farmers representatives of a Federation (second-tier organization that groups producer cooperatives) approached investigators of the Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) members of the Grupo de Investigación en Zonas Cafetaleras (GIEZCA) to jointly look for strategies and face the main problematic that at that time they faced. This situation is like the origin of this research group, which twenty years ago emerged as a platform for the dialogue of knowledge, socio-environmental innovation, capacity strengthening, in addition to promoting the welfare of coffee-growing families and the sustainability of coffee-growing areas in Mexico (Barrera, et al., 2016).

Particularly, in this space we reflect about the cooperation process between the GIEZCA and the Federation of coffee farmers, which was materialized in different joint activities and products in the context of the PAR. The main actors involved were coffee farmers and their families, technicians from the cooperatives, staff from the Federation of coffee farmers, most of whom also produced coffee, postgraduate students, and researchers from the ECOSUR. The experience began with a series of meetings where the interests of the actors involved were exposed, which established agreements to implement actions. Some exercises consisted of different field trips that were based on visits to the wineries of the first-tier cooperatives, to the coffee plantations and interviews with the coffee farmers and their families.

Specifically, the experience of three spaces developed during the 2016 of the PAR, is analyzed. The first one

plantearon en sus proyecciones, de manera sintetizada, la información correspondiente a las variables que ellos identificaron, las cuales son de carácter social y ambiental. Los resultados fueron presentados por integrantes de estas dos localidades y posteriormente, los participantes, reflexionaron sobre las actividades realizadas.

Entre algunos de los problemas identificados se encuentran: La venta ilegal de terrenos, la falta de servicios públicos y la inseguridad. Para poder llegar al análisis de los sectores, desde los problemas a las soluciones, además de lograr la participación de la comunidad se consideraron tres aspectos fundamentales, presentados por Vargas (2007): 1) Tomar en cuenta el conocimiento local esto a través de la cartografía social; 2) El diálogo entre saberes; 3) Prácticas donde este colectivo de personas pudo participar de manera activa en el proyecto.

Teniendo en cuenta los procesos de intervención comunitaria y las herramientas que facilitan la participación en las entidades aledañas a Monte Albán, se puede orientar a la generación de espacios que impulsen el diálogo entre los actores sociales, gubernamentales e institucionales, para contribuir a la conservación de sitios de valor arqueológico y de los recursos naturales, esto a través de proyectos y programas que generen y aseguren bienestar social y ambiental (Cecon, 2013; Machorro Flores, 2004; Reyes et al., 2014; Soliz y Maldonado, 2012).

### **Intervención comunitaria 2: Caficultores en el estado de Chiapas**

A raíz de la reciente crisis en la caficultura chiapaneca, ocasionada por la epidemia de la roya (*Hemileia vastatrix*) acaecida principalmente en el ciclo productivo de 2012-2013 (Venegas-Sandoval, et al., 2020), en el 2014 un grupo de caficultores representantes de una Federación (organización de segundo nivel, que agrupa a cooperativas de productores) se acercó a investigadores de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) integrantes del Grupo de Investigación en Zonas Cafetaleras (GIEZCA) para buscar de forma conjunta estrategias y enfrentar la problemática principal que en ese momento enfrentaban. Esta situación, se asemeja al origen de este grupo de investigación, que hace veinte años surgió como una plataforma para el diálogo de saberes, la innovación socioambiental, fortalecimiento de capacidades, además de la promoción del bienestar de familias caficultoras y la sustentabilidad de las zonas cafetaleras de México (Barrera, et al., 2016).

Particularmente, en este espacio se reflexiona sobre el proceso de colaboración entre el GIEZCA y la Fede-

consisted of a workshop on lifestyles of families in the Manacal community of the municipality of Tuzantán, Chiapas. 24 people participated in the workshop, from which the 50 % were Federation members. Different participatory dynamics were developed, the first one consisted of characterizing the territory with satellite images. Then, the trees of hope were made, these were used to identify the results people want to have in their coffee plantation, community, and organization, as well as the actions needed to reap the expected results. The main results of the workshop were that all the participants identified the need to promote a greater unit and organization in their community to reach common goals, as well, they emphasized the meaning of the environmental care, community clean up, maintenance and investment of more time in the management of the coffee plantation in order to have better harvests. Likewise, after the workshop, soil collections were conducted to be analyzed in the laboratory and know the soil conditions in the community.

The second space of participatory action research (PAR) consisted of the Forum “Hacia la Renovación de la Cafecultura” carried out in the Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas. In it, the participants were representatives of producer organizations, coffee growers, members of the INCAFECH, representatives of civil society organizations focused on the preservation and different academic institutions. The central questions were related to the perspectives for the future of the Mexican coffee growing, it consisted of a wide platform for the constructive dialogue that represented a collective and revealing learning opportunity about the current reality and visions of different actors about the coffee growing. This resulted in different collaborations of the key actors in the strengthening of human capital and the creation of the book: “Caminar el cafetal: perspectivas socioambientales del café y su gente” (Barrera, et al., 2019).

The third space of the PAR consisted of a workshop about the planning of joint actions for the research group and the Federation of coffee farmers. Several dynamics were conducted in which the main problems faced by the organization were identified through a brainstorm, then those were classified and identified as causes and effects in a problem tree. Among the most mentioned are the aging of coffee plantations and producers, variability in weather conditions, weakening of first-tier organizations, fiscal crisis, diseases such as rust and lack of profitability of coffee. The rationale of the workshop lied on the importance of identifying the problems to distinguish the possibilities and use the crisis for the transformation. The workshop was about having a diagnosis of the

ración de Caficultores, que se materializó en múltiples actividades conjuntas y productos en el contexto de IAP. Los principales actores involucrados fueron caficultores y sus familias, técnicos de las cooperativas, personal de la federación de caficultores, los cuales en su mayoría también producían café, estudiantes de posgrado e investigadores de ECOSUR. La experiencia inició con una serie de reuniones donde se expusieron los intereses de los actores involucrados, lo que concretó acuerdos para la implementación de acciones. Algunos ejercicios consistían en diversas salidas a campo que radicaban en visitas a las bodegas de las cooperativas de primer nivel, a los cafetales y entrevistas a los caficultores y a sus familias.

En específico, se analiza la experiencia de tres espacios de IAP que fueron realizados durante el 2016. El primero, consistió en un taller sobre los modos de vida de familias de la comunidad Manacal del municipio de Tuzantán, Chiapas. En el taller participaron 24 personas, de las cuales el 50 % eran socios de la Federación. Se realizaron distintas dinámicas participativas, la primera consistió en caracterizar su territorio a través de imágenes satelitales. Posteriormente, se construyeron los árboles de esperanza; los que consistían en identificar los frutos que anhelan tener en su cafetal, comunidad y organización, así como las acciones que necesitan realizar para cosechar los frutos esperados. Los principales resultados del taller consistieron en que los participantes identificaron la necesidad de promover mayor unidad y organización en su comunidad para lograr metas comunes, asimismo, hicieron énfasis en la importancia del cuidado del ambiente, de la limpieza y mantenimiento de la comunidad y de la inversión de más tiempo en el manejo del cafetal para poder tener mejores cosechas. Asimismo, posterior al taller se hicieron colectas de suelo para poder analizar en laboratorio y conocer las condiciones de los suelos de la comunidad.

El segundo espacio de investigación acción participativa (IAP), consistió en el Foro “Hacia la Renovación de la Cafecultura” realizado en El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas. En él, participaron: representantes de organizaciones de productores, caficultores, integrantes del INCAFECH, representantes de organizaciones de la sociedad civil con enfoque de conservación y distintas instituciones académicas. Las preguntas rectoras versaron en torno a las perspectivas de la caficultura mexicana en el futuro, consistió en una amplia plataforma para el diálogo constructivo que representó una oportunidad de aprendizaje colectivo y revelador de la realidad actual y de las visiones que tienen distintos actores sobre la caficultura. Esto resultó en distintas colaboraciones de los actores participantes, en fortalecimiento del



problematic of the coffee growing perceived by the key actors, which allowed to guide the joint actions and direct the collaborative efforts.

The road constructed from the spaces of participatory action research mentioned above, and others do not mentioned here, led to the organization of a graduate diploma in which, topics of interest for coffee farmers were addressed, this contributed to the strengthening of capacities looking forward the coffee growing sustainability; as well as to the elaboration of several Master and doctoral thesis that give information about the Mexican coffee areas, particularly in Chiapas. It is important to point out that the PAR not only consists of research activities, but it also considers aspects of education and action by allowing the community members to be the change agents of their own reality (Balcazar, 2003). In the examples exposed here, it is identified that the PAR allowed to develop research while represented a space for the strengthening of the human capital of coffee farmers, students, and technicians from the cooperatives, it also promoted the action through the analysis of reality and development and implementation of socioenvironmental innovations.

It should be said that to influence through the community intervention process under the model of PAR in coffee areas, to strengthen the resilience and sustainability of the peasant coffee growing, contributes to the preservation of the biodiversity due to the importance of the environmental services given by the shade-grown organic coffee plantations (Manson et al., 2018).

### **Community intervention 3: Education, research, and sustainable management of organic waste**

As part of an alternative method to boost the environmental education and the PAR, through the sustainable recycling of organic waste in the Development Management Centre of the UAGro, the use of biodigester bales or Silva digester bales was promoted. This eco-technique was developed by the Colombian environmental technologist Guillermo Silva Pérez over 40 years ago, who found several benefits in its application, which are emphasized by Ardila-Delgado et al., (2015) when they say that: the bale technique acts as a purely biological aerobic process that favors the interactions between microorganisms and arthropods with the organic matter to degrade the organic waste that ends up in compost production, through a clean and healthy management of the waste, without consequences related to the presence of health risks documented in other techniques used in the degradation of organic waste. (p. 51)

capital humano y en la elaboración del libro: “Caminar el cafetal: perspectivas socioambientales del café y su gente” (Barrera, et al., 2019).

El tercer espacio de IAP consistió en un taller de planeación de las acciones conjuntas del grupo de investigación y de la federación de caficultores. Se realizaron varias dinámicas en las cuales a través de una lluvia de ideas fueron identificados los principales problemas que se enfrentan en la organización, posteriormente se clasificaron e identificaron aquellos como causas y efectos, en un árbol de problemas. Entre los más señalados fueron: envejecimiento de cafetales y de productores, variabilidad en las condiciones del clima, debilitamiento de las organizaciones de primer nivel, crisis financiera, enfermedades como la roya y falta de rentabilidad del café. La lógica del taller radicaba en la importancia de identificar los problemas para vislumbrar las oportunidades y aprovechar las crisis para la transformación. El taller consintió en tener un diagnóstico de la problemática de la caficultura percibida por los actores clave, lo que permitió orientar las acciones conjuntas y encaminar los esfuerzos colaborativos.

El camino construido a partir de los espacios de investigación acción participativa mencionados anteriormente y de otros no señalados aquí, llevó a la organización de un diplomado en el cual se abordaron temas de interés para los caficultores, el cual contribuyó en el fortalecimiento de capacidades en miras a la sustentabilidad de la caficultura; así como a la elaboración de múltiples tesis de maestría y doctorado que brindan información sobre las zonas cafetaleras mexicanas, en particular, las chiapanecas. Es importante señalar que la IAP no solo consiste en actividades de investigación, también considera aspectos de educación y acción, al permitir que los integrantes de la comunidad sean los agentes de cambio de su propia realidad (Balcazar, 2003). En los ejemplos aquí expuestos se identifica que la IAP permitió desarrollar investigación, mientras que representó un espacio para el fortalecimiento del capital humano de caficultores, estudiantes y técnicos de las cooperativas, además promovió la acción a través del análisis de la realidad y del desarrollo e implementación de innovaciones socioambientales.

Cabe señalar que el incidir mediante procesos de intervención comunitaria bajo el modelo de IAP en zonas cafetaleras para el fortalecimiento de la resiliencia y sustentabilidad de la caficultura campesina, contribuye a la conservación de la biodiversidad debido a la importancia de los servicios ambientales que brindan los cafetales orgánicos producidos bajo sombra (Manson et al., 2018).

The biodigester bale allows to process large volume of organic waste in small spaces. When the waste is compacted by using a mold (of wood, plastic, or metal), with dimensions of approximately one cubic meter, it can process about half a ton. In this bale, a core composed of various varieties of organic waste (from the kitchen, manure, coffee pulp or grinds, among others) is generated and the pruning material or litterfall help to compress these materials located in the center of the mold. When this process is carried out, a fermentation process occurs, in contrast to the composting technique where the decomposition is present.

The barriers generated in the bale core by the compacted litterfall and pruning material, allow the lack of oxygen within it, which neutralizes unpleasant odors, generates pests, reduces to the minimum the gases and leachate, as well as prevents diseases derived from the management of organic waste that affects public health (Velázquez-Cigarroa et al., 2017). The substrate generated in the center of the bale, at the end of 4 or 6 months, can be used as soil and plant fertilizer; this due to the richness of nutrients generated by this fermentation process, as long as they are not waste such as dog or cat feces or other organic material with high rates of germs and bacteria that they may have.

Derived from the virtues offered by the biodigester bales in the sustainable management of organic waste, this technique was adopted in the curricular activities of this nature in the Master in Sustainable Development Management (MGDS by its acronym in Spanish) of the UAGro, in order to promote an alternative for the students of this postgraduate level to recycle these wastes, and if it is possible, that can be incorporated in their degree thesis.

In recent years, the MGDS of the Development Management Center has developed various investigations on environmental issues, through its two Knowledge Generation and Application Lines (LGAC by its acronym in Spanish): management for local and regional sustainable development, and territorial distribution of wealth and social heterogeneity, which have contributed to the social development of the region. Such as the advances in terms of the social perceptions about the climate change, it generated reproduction, adaptation, and mitigation strategies; agricultural production, local knowledge; perception and management of environmental risks. The results of these research are published in Master thesis, strategic projects of academics, scientific articles, among others. Given this situation: the MGDS meets the needs of the entity. The training of professionals in development management is something that requires both the social sector and the public sector in the entity. This is expressed in the

### **Intervención comunitaria 3: Educación, investigación y manejo sustentable de residuos orgánicos**

Como parte de un método alternativo para impulsar la educación ambiental y la IAP, a través del reciclaje sustentable de los residuos orgánicos en el Centro de Gestión del Desarrollo de la UAGro, se promovió el uso de las pacas biodigestoras o pacas digestoras Silva. Esta ecotecnia fue desarrollada por el tecnólogo ambiental colombiano Guillermo Silva Pérez hace más de 40 años, quien encontró múltiples beneficios en su aplicación, las cuales Ardila-Delgado et al., (2015) enfatizan sus bondades al decir que: La técnica de pacas actúa como un proceso netamente biológico aeróbico que favorece las interacciones entre microorganismos y artrópodos con la materia orgánica para la degradación de los residuos orgánicos que termina en la producción de compost, a través de un manejo limpio y sano de los residuos, sin consecuencias relacionadas con la presencia de riesgos para la salud, documentados en otras técnicas usadas en la degradación de residuos orgánicos. (p. 51)

La paca biodigestora permite procesar grandes cantidades de residuos orgánicos en espacios pequeños. Al compactar los residuos con apoyo de un molde (de madera, plástico o metal), cuyas dimensiones debe ser de aproximadamente un metro cúbico, puede procesar alrededor de media tonelada. Dentro de esta paca se forma un núcleo compuesto de diversas variedades de residuos orgánicos (cocina, estiércol, pulpa o borra de café, entre otros) y el material de poda u hojarasca ayuda a comprimir estos materiales ubicados en el centro del molde. Al hacer este proceso, ocurre un proceso de fermentación, contrario a la técnica de compostaje donde se presenta la pudrición.

Las barreras generadas en el núcleo de la paca por la hojarasca y material de poda compactado, permite la ausencia de oxígeno en este, lo cual posibilita la neutralización de malos olores, la generación de plagas, la reducción al mínimo de gases y lixiviados, así como la prevención de enfermedades derivadas de la gestión de residuos orgánicos que afecte la salud pública (Velázquez-Cigarroa et al., 2017). El sustrato generado en el centro de la paca al cabo de 4 a 6 meses se puede utilizar como abono para el suelo y las plantas; esto por la riqueza de nutrientes generadas por este proceso de fermentación, siempre y cuando no sean residuos como excremento de perros, gatos u otro material orgánico con altos índices de gérmenes y bacterias que estos pudieran tener.

Derivado de las bondades que ofrecen las pacas biodigestoras en el manejo sustentable de residuos



occupational marketing for the graduates, which is related to their area (Development Management Center, 2019, p. 21).

In these current circumstances due to the COVID-19 pandemic, it is important to consider that this epidemiological issue not only affects the physical health of people, but also the emotional health derived from the safeguard and isolation actions at home as preventive measure to avoid the transmission. All this has changed the paradigm of interpersonal relationships, the negative socioeconomic impact on the vulnerable groups (indigenous people, agricultural workers, rural women, migrants, older adults, young people, among others) and the conceptualization human being-environment, therefore, the research and intervention projects developed in the MGDS should be focused on facing the diverse social problems with whom it has worked, which have worsened due to this pandemic.

Against this background, efforts must be added to help address these problems. In this sense, the aim of this analysis in this community intervention, is to make known the methodological contributions of the flexible systems that contribute to the construction of a coherent referential with a high standard of scientific rigor and extract models, as well as key ideas to conduct research focused on the practice such as the case of the biodigester bales. These methodologies of the flexible systems should be understood as a set of tools and techniques that allow to build a high quality scientific referential through the participatory action research and to take this experience as an educational intervention (De Oliveira-Figueiredo, 2015).

Given this situation, it is important to know what the MGDS graduates do and how they are prepared, also, in order to know the way in which they could strengthen together the actions that promote a social development in the region. Reimers & Chung (2018) propose to prepare teachers to fully educate the students. Thus, the Silva digester bale has been a resource that promotes relevant education, which is a useful method in the PAR because it sows indignation in the participants and creates and developed integrity and sustainability for the preservation (Reimers and Chung, 2018; Velázquez-Cigarroa et al., 2017).

This not only results in an alternative in face of the management of organic waste, but it offers the possibility to implement curricular elements pointed out in the postgraduate programs, which at the same time, strengthen the development of thesis of students focused on the community management in different regions of Guerrero. In this sense, the biodigester bales are a source of the ecological forestry

orgánicos, esta técnica fue adoptada dentro de las actividades curriculares de esta índole en la Maestría en Gestión del Desarrollo Sustentable (MGDS) de la UAGro, con la finalidad de promover una alternativa en el reciclaje de estos residuos en los estudiantes de este posgrado y de ser viable, que pudieran incorporarlos en sus trabajos de grado.

La MGDS del Centro de Gestión del Desarrollo ha realizado en los últimos seis años, diversas investigaciones a la temática ambiental, a través de sus dos Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC): Gestión para el Desarrollo Sustentable local y regional, y Distribución territorial de la riqueza y heterogeneidad social, las cuales han contribuido al desarrollo social de la región. Tales como los avances en cuestión de las percepciones sociales del cambio climático; género; estrategias de reproducción, de adaptación y mitigación; producción agrícola, saberes locales; percepción y manejo de riesgos ambientales. Los productos de estas investigaciones están publicados en tesis de maestría, proyectos estratégicos de académicos, artículos científicos, entre otros. Ante esto: La MGDS responde a las necesidades de la entidad; la formación de profesionistas en gestión del desarrollo es algo que requiere tanto el sector social como el sector público en la entidad. Esto se expresa en el mercado ocupacional para los egresados, el cual se relaciona con su especialidad (Centro de Gestión del Desarrollo, 2019, p. 21).

Dadas las circunstancias que acontecen en la actualidad por la pandemia COVID-19, hay que considerar que, este problema epidemiológico no solo afecta la salud física de las personas, sino también en la salud emocional, derivado de las acciones de resguardo y aislamiento en sus hogares como medida preventiva para evitar contagios. Todo esto, ha cambiado el paradigma de las relaciones interpersonales, el impacto socioeconómico negativo a los grupos vulnerables (pueblos indígenas, jornaleros agrícolas, mujeres rurales, migrantes, adultos mayores, jóvenes, entre otros) y la conceptualización hombre-ambiente, por lo que los proyectos de investigación e intervención realizados en la MGDS tendrán que orientarse para afrontar los diversos problemas sociales con los que ha trabajado, los cuales se han agravado por esta pandemia.

Ante esto, se deben sumar esfuerzos que permitan contribuir en afrontar estas problemáticas. En este sentido, el objetivo del análisis en esta intervención comunitaria es dar a conocer las aportaciones metodológicas de los sistemas flexibles que contribuyan a la construcción de un referencial coherente con un alto padrón de rigor científico y extraer modelos e ideas-clave para poder llevar a cabo investigaciones

and agroforestry participatory action research and should be understood as a research process in which the social actors (including researchers), actively participate in the definition of problems, research design, data collection, analysis, and decision-making. García-Barrios and González-Espinosa (2017) mention a particular case where they develop the relevance of the ecological forestry and agroforestry participatory action research, which is aimed at contributing to the improvement of living conditions of rural people, as well as the ecosystem protection and restoration.

### **Developing Participatory Action Research (PAR) in the Intervention**

Developing a PAR in a model of community intervention means to look for a knowledge broker alternative to what is already established, where the knowledge can be produced even assuming constructive difficulties. The researcher, teacher and controller roles in this process are common, this is not to say that their records and responsibilities cannot be accurately described (Soliz and Maldonado, 2012; Vargas, 2007). The aim of this process is to create a research network involving as many people as possible, this is a goal that should be followed to boost the generation of change agents with an integral vision of these socio-environmental issues, the suitable proposal consists in these social actors being able to build a network aimed at generating feasible actions. Developing a PAR is a complex task, but it is worth to carry it out due to the social contributions and community welfare (Sirvent and Rigal, 2012; Soliz and Maldonado, 2012).

The higher education institutions play a key role in the PAR development, through the establishment of linkages with other actors and when promoting the partnership among them. In addition, they should offer spaces to exchange ideas and discuss problems. The formal and informal education has a great capacity to foster dialogue and cooperation among the research actors (Reimers and K. Chung, 2018).

Considering the experiences analyzed in southern Mexico with a focus on the action research presented in the methodological section, the Figure 2 could be constituted, where the principles and bases that are required for a community intervention are proposed in a practical way; 1) the basis of the intervention must be strong, but at the same time flexible and allows its adaptation to different social realities based on social and environmental research methods, in this case by taking into account the case of the PAR to reach a community participation that assures the preservation of natural resources, and considers the first two intervention approaches; 2) the pillar

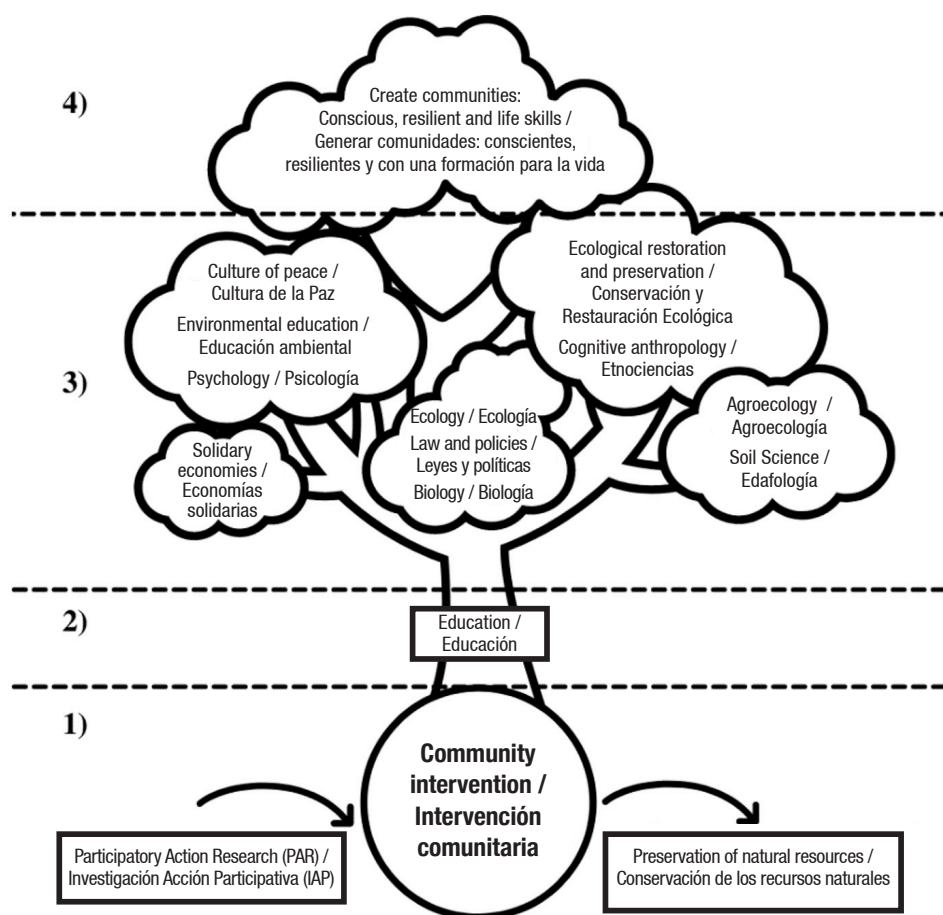
centradas en la práctica como el caso de las pacas biodigestoras. Estas metodologías de los sistemas flexibles deben entenderse como un conjunto de herramientas y técnicas que permiten construir un referencial científico de alta calidad a través de la investigación acción participativa y tomar esta experiencia como una intervención educativa (De Oliveira-Figueiredo, 2015).

Ante esto, es importante saber lo que hacen y como se preparan los egresados de la MGDS, además, conocer la forma en que pudieran trabajar en conjunto para fortalecer las acciones que promuevan un desarrollo social en la región. Reimers & Chung (2018) proponen preparar a los maestros para educar íntegramente a los alumnos. Por tanto, la paca digestoras Silva ha sido un recurso que promueve educación relevante, lo cual es un método útil en la IAP, ya que siembra en los participantes indagación, además de crear y desarrollar integralidad y sustentabilidad para la conservación (Reimers y Chung, 2018; Velázquez-Cigarroa et al., 2017).

Esto resulta no solo una alternativa ante la gestión de residuos orgánicos, sino que brinda la posibilidad de poner en práctica elementos curriculares señalados en los programas de posgrado, que, a su vez, fortalezca el desarrollo de los trabajos de grado de estudiantes orientados a la gestión comunitaria en diversas regiones del estado de Guerrero. En este sentido, las pacas biodigestoras son una fuente de la investigación acción participativa ecológica forestal y agroforestal, y deben ser entendidas como un proceso de investigación en el cual los actores sociales (incluidos los investigadores) participan activamente en la definición de problemas, el diseño de la investigación, la recolección y análisis de datos y la toma de decisiones. Un caso particular es lo mencionado por García-Barrios y González-Espinosa (2017) en donde desarrollan la importancia de la investigación participativa ecológica forestal y agroforestal, el cual tiene por objetivo contribuir a la mejora de las condiciones de vida de las personas campesinas, así como la protección y restauración de los ecosistemas.

### **Crear investigación Acción Participativa (IAP) en la Intervención**

Crear una IAP en un modelo de intervención comunitaria significa buscar un corredor de conocimiento alternativo a lo ya establecido, donde se pueda producir el conocimiento, aun asumiendo dificultades constructivas. El papel del investigador, el docente y el interventor en este proceso es común, esto no quiere decir que no pueda describirse con precisión sus registros y responsabilidades (Soliz y Maldonado, 2012; Vargas, 2007). El objetivo de este proceso es la



**Figure 2.** Principles of the community intervention (Own elaboration)

**Figura 2.** Principios de la intervención comunitaria (Elaboración propia)

that will lead the intervention to the action should be fixed in the knowledge on environment, allowing the members of the community to be change agents, this through the education in any of its forms (formal and informal) and linked with the higher education institutions or NGOs; 3) all community interventions must be multidisciplinary and supported by various sciences that help improve the teaching, learning and reflection process of both the communities and those who lead these actions, thus creating a dialogue between knowledge; 4) taking into account the three above points, the controllers must be made aware that this type of activities should create resilient groups with life skills, this to build, improve and develop socio-environmental welfare.

## Conclusions

Finally, the community intervention and the social participation facilitate access to information, decision-making and social control on public policies

construcción de una red de investigación en la que participen el mayor número posible de personas, esto es una meta que debe perseguirse para impulsar la generación de agentes de cambio con una visión integral de estos problemas socioambientales, la propuesta idónea consiste en que estos actores sociales puedan construir una red orientada a generar acciones factibles. Crear una IAP es una tarea compleja, pero que vale la pena realizar por los aportes sociales y el bienestar de la comunidad (Sirvent y Rigal, 2012; Soliz y Maldonado, 2012).

Las instituciones de educación superior tienen un rol clave en la construcción de la IAP, mediante el establecimiento de vínculos con otros actores y al promover la colaboración entre ellos. También, deben ofrecer espacios para el intercambio de ideas y la discusión de problemas. La educación formal y no formal tienen una gran capacidad para fomentar el diálogo y la colaboración entre los actores de la investigación (Reimers y K. Chung, 2018).

and on the management of natural resources and economic activities, given this situation, the benefits of social participation are the promotion of equity and social justice and the improvement of the environmental management and economy.

Against this background, it is the task of all of us to promote social participation for it helps to improve the quality of life of people, which allows a better management of resources, facilitates the access to information and helps make better decisions. Thus, it is necessary for citizens to be informed about the tools for participation in decision-making, as well as the right to consult, request, participate to the information and access to justice. It is important that people to know that these rights allow them to express their opinions and suggest proposals about issues that affect them.

It is crucial to understand that both the social and environmental sciences require the participation of society in scientific research, so that they are contextualized and have a practical application. The community has a holistic view about environmental issues in an empirical way, which is helpful for the scientific methodology. The socioenvironmental issues cannot be addressed in isolation, it is necessary to consider the interactions between living beings and the environment, the community participation in research processes it is a way to integrate this sector into the decision-making process.

All this makes it clear that the socioenvironmental issues have a physical and psychological impact on people, which requires an interdisciplinary approach to address them. The implementation of environmental measures can have an impact on the economic development of the regions, which needs a careful analysis to determine if they are beneficial for the society. It must be taken into account that communities have a great capacity to promote the environmental care, this through the training processes in environmental education, agroecology and community systems that allow people to be made aware of the need to protect their natural resources.

The three experiences located in the Mexican southeast that are described in this study, offer an approach to the praxis of community intervention by involving diverse society sectors (government agencies, peasants, educational institutions, academics, among other). In short, this study shows that communities can actively participate in the decision-making on environmental policies and transformation of their territory.

*End of English version*

Tomando en cuenta las experiencias analizadas en el sur de México con un enfoque en la investigación acción planteada en la parte metodológica, se pudo construir la Figura 2, donde se plantean de manera práctica los principios y bases que se requieren para una intervención comunitaria; 1) la base de la intervención debe ser firme, pero a la vez flexible y permitir que esta pueda ser adaptada a diferentes realidades sociales, basadas en métodos de investigación tanto sociales y ambientales, tomando en este caso a la IAP para lograr una participación comunitaria que asegure la conservación de los recursos naturales y considere las primeras dos aproximaciones de intervención; 2) el pilar que llevará de la intervención a la acción debe estar fijada en el conocimiento del medio, permitiendo que los integrantes de la comunidad sean los agentes de cambio, esto a través de la educación en cualquiera de sus modalidades (formal e informal) y vinculado con las instituciones de educación superior o ONG; 3) toda intervención comunitaria debe ser multidisciplinaria y apoyarse de diversas ciencias que ayuden a mejorar el proceso de enseñanza, aprendizaje y reflexiones tanto de las comunidades como de quienes lideran estas acciones, creando así un diálogo entre saberes; 4) tomando en cuenta los tres puntos anteriores, los interventores deben ser conscientes que este tipo de actividades deben generar grupos resilientes y con una formación para la vida; esto para construir, mejorar y desarrollar bienestar socioambiental.

## Conclusiones

Finalmente, la intervención comunitaria y la participación social facilita el acceso a la información, la toma de decisiones y el control social sobre las políticas públicas y sobre la gestión de los recursos naturales y las actividades económicas, ante esto, los beneficios de la participación social son: La promoción de la equidad y la justicia social, el fortalecimiento de las identidades culturales, la resolución de conflictos y el mejoramiento de la gestión ambiental y de la economía.

Ante esto, es tarea de todos promover la participación social para que esta ayude a mejorar la calidad de vida de las personas, la cual permite contar con una mejor gestión de los recursos, facilita el acceso a la información y ayuda a tomar mejores decisiones. Por tanto, es necesario que los ciudadanos estén informados sobre las herramientas de participación en la toma de decisiones; como el derecho a la consulta, a petición, participación, información y el acceso a la justicia. Es importante que las personas sepan que estos derechos les permiten expresar sus opiniones y plantear propuestas sobre asuntos que les afectan.



## References / Referencias

- Ardila-Delgado, J. L., Cano-Córdoba, J., Silva-Pérez, G., y López-Arango, Y. (2015). Descomposición de residuos orgánicos en pacas: aspectos fisicoquímicos, biológicos, ambientales y sanitarios. *Producción + Limpia*, 10(2), 38-52. Recuperado de <https://n9.cl/klwt8>
- Balcazar, F. E. (2003). Investigación acción participativa (iap): Aspectos conceptuales y dificultades de implementación. *Fundamentos En Humanidades*, 4(7-8), 59-77. Recuperado de <https://n9.cl/9jqwd>
- Barrera, J. Balente., Herrera, O., Soto, P. L., Venegas-Sandoval, A., y Merlín-Urbe, Y. (2019). Presentación. In E. Bello, L., Soto, G. Huerta, y J. Gómez (Eds.), *Caminar el cafetal. Perspectivas socioambientales del café y su gente*. México: El Colegio de la Frontera Sur/Juan Pablos Editores.
- Barrera, J. F., Herrera-Hernández, O. B., y Pohlan, J. (2016). 15 años del Giezca. Pasado, presente y futuro de una red de colaboración en zonas cafetaleras. *Ecofronteras*, 20(58), 2-5. Recuperado de <https://n9.cl/08tvc>
- Carrera-Robles, J. (2014). Miedo social intervención comunitaria y promoción cultural en Chihuahua. Reflexiones sobre un estudio de caso. *Cuicuilco*, 21(60), 239-260. Recuperado de <https://n9.cl/fxgj1>
- Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. (Ediciones Díaz de Santos, Ed.). Recuperado de <https://n9.cl/90wfi>
- Centro de Gestión del Desarrollo. (2019). *Plan de estudios. Maestría en Gestión del Desarrollo Sustentable*. México.
- Cruz-Morales, J. (2018). *Familia y vida campesina en la frontera sur: caminos de escucha transdisciplinarios*. (Vol. 1; D.R.© El Colegio de la Frontera Sur, Ed.). Recuperado de <https://n9.cl/twibl>
- De Oliveira-Figueiredo, G. (2015). Investigación Acción Participativa: una alternativa para la epistemología social en Latinoamérica. *Revista de Investigación*, 39(86), 271-290. Recuperado de <https://n9.cl/2qm0s>
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2012). *Guía de la Federación Internacional para la elaboración de programas de recuperación*. Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2-12. Recuperado de [www.ifrc.org](http://www.ifrc.org)
- Floriani, D. (2014). Nuevos sentidos para una ciencia socioambiental desde la perspectiva del pensamiento complejo: algunas reflexiones. *Revista Líder*, 24, 9-31. Recuperado de <https://n9.cl/vbv5f>
- García-Barríos, L., y González- Espinosa, M. (2017). Investigación ecológica participativa como apoyo de procesos de manejo y restauración forestal, agroforestal y silvopastoril en territorios campesinos. Experiencias recientes y retos en la sierra Madre de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.022>
- Es importante comprender que tanto las ciencias sociales y las ambientales requieren de la participación de la sociedad en la investigación científica, para que sea contextualizada y tenga una aplicación práctica. La comunidad tiene una visión holística de los problemas ambientales de manera empírica, lo cual es de gran ayuda para la metodología científica. Los problemas ambientales no pueden ser abordados de manera aislada, es necesario tener en cuenta las interacciones entre los seres vivos y el ambiente, además, la participación de la comunidad en los procesos de investigación es una manera de integrar a este sector en el proceso de toma de decisiones.
- Todo esto, hace comprender que los problemas ambientales tienen una incidencia en las personas, tanto física como psicológica, lo cual requiere de un enfoque interdisciplinario para abordarlos. La implementación de medidas ambientales puede tener incidencia en el desarrollo económico de las regiones, lo cual requiere de un análisis cuidadoso para determinar si son beneficiosas para la sociedad. Debe tomarse en cuenta que las comunidades tienen una gran capacidad para promover el cuidado del ambiente, esto a través de los procesos formativos en la educación ambiental, agroecología y sistemas comunitarios, mismas que permiten sensibilizar a las personas sobre la necesidad de proteger sus recursos naturales.
- Las tres experiencias descritas en este trabajo, ubicadas en el sureste mexicano, brindan un acercamiento a la praxis de la intervención comunitaria, al involucrar diversos sectores de la sociedad (organismos gubernamentales, campesinos, instituciones educativas, académicos, entre otros). En suma, este trabajo refleja que las comunidades pueden participar activamente en la toma de decisiones sobre las políticas ambientales y en la transformación de su territorio.

### Fin de la versión en español

- Machorro-Flores, J. (2004). *Monte Albán. Conciencia e imaginación* (Vol. 1: I. O. de las C. Gobierno del Estado de Oaxaca, Ed.). Oaxaca, Oax.
- Manson, R. H., Barrera, F. L., Sosa, V., y Ortega-Pieck, A. (2018). *Biodiversidad y otros servicios ambientales en cafetales- Manual de mejores prácticas*. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Ed). Ciudad de México. Recuperado de <https://n9.cl/t7t3f>
- Martínez-Alier, J. (2019). La enseñanza de las ciencias socioambientales. *Observatorio del Desarrollo. Investigación, Reflexión y Análisis*. 8(22), 29-36. <https://doi.org/https://doi.org/10.35544/od.numero22>

- Martínez y Ojeda, E. (2004). *Recursos naturales de la zona arqueológica de Monte Albán* (Plaza y Valdés). México.
- Morales-Jasso, G. (2017). Las ciencias ambientales. Una caracterización desde la epistemología sistémica. *Nova Scientia*, 9(1) (18), 646-697. Recuperado de <https://n9.cl/vhyxw>
- Mori-Sánchez, M. del P. (2008). Una propuesta metodológica para la intervención comunitaria. *Liberabit*, 14, 81-90. Recuperado de <https://n9.cl/51ym2>
- Ordóñez, M. D. J., y Rodríguez, P. (2008). Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México, y sus productos rurales. *Ciencias*, 91, 55-64. Recuperado de <https://n9.cl/0wbc1>
- Reimers, F. M., y Chung, C. K. (2018). *Preparar a los maestros para educar integralmente a los estudiantes*. Un estudio comparativo internacional. Recuperado de [www.cedro.org](http://www.cedro.org)
- Reyes-Escutia, F. de J., Rivera-Velázquez, G., Pérez-Muñoz, M., Trujillo-Rodríguez, G., García-Amado, L. R., y Barrasa, S. (2014). *Saberes ambientales y sustentabilidad en comunidades campesinas en reservas de biosfera, Chiapas, México*. In C. L. Miceli-Mendez y F. D. J. Reyes-Escutia (Eds.), *Biodiversidad y sustentabilidad. Volumen II: Investigaciones sobre la biodiversidad para el desarrollo social* (Colección Jaguar, Vol. 2 pp. 137-160). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Recuperado de <https://n9.cl/7czbx>
- Rodríguez-García, A. B., y Ramírez-López, L. J. (2014). Aprender haciendo – investigar reflexionando: caso de estudio paralelo en Colombia y Chile. *Revista Academia y Virtualidad*, 7(2), 53-63. Recuperado de <https://n9.cl/2pms5>
- Sirvent, María Teresa. (2018). De la educación popular a la investigación acción participativa – Perspectiva pedagógica y validación de experiencias. *IntrCambios. Dilemas y Transiciones de La Educación Superior*, 5(1), 12-19. Recuperado de <https://n9.cl/5mj8s>
- Sirvent, María Teresa, y Rigal, L. (2012). *Investigación acción participativa: un desafío de nuestros tiempos para la construcción de una sociedad democrática*. Proyecto Páramo Andino. Recuperado de <https://n9.cl/nu6c8>
- Sirvent, María Teresa, y Rigal, L. (2014). La investigación acción participativa como un modo de hacer ciencia de los social. *Decisión*, 7-12. Recuperado de <https://n9.cl/pv52u>
- Soliz, F., y Maldonado, A. (2012). Guía 5: Guía de metodologías comunitarias participativas (*Clínica Ambiental*). Recuperado de <https://n9.cl/ft4a7>
- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la RESTAURACIÓN ECOLÓGICA del bosque alto andino* (I: Universidad Nacional de Colombia- Convenio Interinstitucional Acueducto de Bogotá – Jardín Botánico – Secretaría Distrital de Ambiente, Ed.). Recuperado de <https://n9.cl/xobz6>
- Velázquez-Cigarroa, E., Ossa-Carrasquilla, L., Jarquín-Sánchez, N., y Victorino-Ramírez, L. (2017). Biodigester bales: method for the ecological management of organic residues. *AGROFOR International Journal*, 2(3), 108-115. <https://doi.org/10.7251/AGRENG1703108C>
- Venegas-Sandoval, A., Soto-Pinto, L., Herrera, O. B., y Álvarez-Gordillo, G. (2020). Transformaciones de la caficultura en Chiapas: un análisis de las crisis desde la perspectiva del ciclo de renovación adaptativa. *Sociedad y Ambiente*, (23), 1-31. <https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2188>



EN

## Methodological proposal to manage ecosystem resilience of natural protected areas in Colombia

ES

## Propuesta metodológica para gestionar la resiliencia ecosistémica de áreas naturales protegidas en Colombia

Edward Pascuas Rengifo<sup>1</sup>; Mary Brigén Basto Monsalve<sup>1</sup>; Juan Camilo Fontalvo Buelvas<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Surcolombiana, avenida Pastrana Borrero, Carrera 1, Neiva, Huila. Colombia.

<sup>2</sup>Universidad Veracruzana, Irapuato, 139, colonia Progreso. Xalapa, Veracruz. México.

\*Corresponding author:  
fontalvo.buelvas@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0002-9818-0489

Received: February 2, 2022 /  
Accepted: April 22, 2022

DOI:  
10.5154/r.rchsat.2022.03.06

### Abstract

Ecosystem resilience is a property of natural protected areas (NPAs) which is currently of great interest, given its relationship with disturbance regimes and the context of climate change. However, there are no contextualized guidelines to estimate and comprehensively manage its attributes in rural areas. Therefore, the objective of this study was to propose a methodology for managing ecosystem resilience of Colombia's NPAs to cope with climate change. This theoretical and exploratory research is based on a systematic review of bibliographic information and the authors' experience in territorial management processes. The results show a conceptual basis of the subject with key background and the methodological proposal integrated by five phases and 18 consecutive steps. It includes five major cross-cutting aspects: legal foundations, systemic vision, participatory and inclusive approach, as well as institutional, sectoral and community synergies. This methodological approach is expected to provide a frame of reference to guide the sustainability of natural systems and the well-being of associated rural communities.

**Keywords:** Adaptation, climate change, conservation, ecosystems, disturbance.

### Resumen

La resiliencia ecosistémica es una propiedad de las áreas naturales protegidas (ANP) que causa gran interés en la actualidad, dada sus relaciones con los regímenes de perturbación y el contexto del cambio climático. Sin embargo, no se cuenta con lineamientos contextualizados que permitan estimar y gestionar integralmente sus atributos dentro del ámbito rural. Por tanto, el objetivo de este estudio fue proponer una metodología para la gestión de la resiliencia ecosistémica de las ANP de Colombia a fin de hacer frente al cambio climático. Esta investigación teórica y exploratoria se fundamenta en una revisión sistemática de información bibliográfica y la experiencia de los autores en procesos de gestión territorial. Los resultados muestran una base conceptual de la temática con antecedentes clave y la propuesta metodológica integrada por cinco fases y 18 pasos consecutivos. La cual contempla cinco grandes ejes transversales: fundamentos legales, visión sistémica, enfoque

participativo e inclusivo, así como sinergias institucionales, sectoriales y comunitarias. Con esta aproximación metodológica se espera aportar un marco de referencia que oriente la sostenibilidad de los sistemas naturales y el bienestar de las comunidades rurales asociadas.

**Palabras clave:** Adaptación, cambio climático, conservación, ecosistemas, perturbación.

## Introduction

Historically, the interaction between natural and social systems has shaped the dynamics of biodiversity of species and ecosystems on the planet (Cárdenas, 2002). Particularly, the unsustainable use of natural resources has caused the deterioration of habitats at different latitudes, leading to the mass extinction of species and putting the survival of many others at risk. In this sense, the expansion of conventional agricultural systems has seriously contributed to the accelerated fragmentation of ecosystems (Eastmond and García, 2006). This has gradually reduced the resilience of Natural Protected Areas (NPAs), causing imbalances that alter ecological communities and environmental services they provide to human populations (Vidal and Andrade, 2014).

Ecological resilience is understood as the ability and capacity of ecosystems to face, mitigate and resist disturbances at different spatiotemporal scales (Holling, 2001). Whether these disturbances are natural or due to human influence, so that they maintain their equilibrium or stable condition, while preserving their capacity to adapt to environmental stress factors or global change events (Lloret, 2012). In relation to this, several authors point out that resilience has limits, especially when ecological tolerance is exceeded, generating irreversible effects on the performance of ecosystems, reaching the point of no return (Begon, et al., 1999; Cuevas, 2010). For Seekell (2016), the point of no return has serious consequences for biodiversity, affecting the flow of ecosystem services, an aspect that is impossible to reverse. Coates and Burton (1997) state that studies of ecosystem dynamics have contributed to understanding the role of small-scale disturbances. However, they have been little used to manage the resilience of ecosystems in the face of phenomena such as climate change (Hughes, 2000; Locatelli e Imbach, 2010).

In Colombia, the Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) made an analysis in 2010 of the biophysical and socioeconomic characteristics to determine the country's vulnerability to the adverse effects of climate. It showed a possible reduction of the Amazon rainforests, to give way to areas

## Introducción

Históricamente, la interacción entre los sistemas naturales y sociales ha moldeado la dinámica de la biodiversidad de especies y ecosistemas en el planeta (Cárdenas, 2002). Particularmente, el uso insostenible de los recursos naturales ha causado el deterioro de hábitats en distintas latitudes, llevando a la extinción masiva de especies y colocando en riesgo la supervivencia de muchas otras. En este sentido, la expansión de los sistemas agropecuarios convencionales ha contribuido gravemente en la fragmentación acelerada de los ecosistemas (Eastmond y García, 2006). Lo anterior, ha reducido paulatinamente la propiedad de resiliencia de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), provocando desequilibrios que alteran las comunidades ecológicas y los servicios ambientales que estas proveen a las poblaciones humanas (Vidal y Andrade, 2014).

Sea entendida la resiliencia ecológica, como la habilidad y capacidad que tienen los ecosistemas para afrontar, amortiguar y resistir perturbaciones a distintas escalas espaciotemporales (Holling, 2001). Sean estas de tipo natural o por influencia humana, de modo que mantienen su equilibrio o condición estable, conservando al mismo tiempo su capacidad de adaptación ante factores de estrés ambiental o eventos de cambio global (Lloret, 2012). En relación con esto, diversos autores señalan que la resiliencia tiene límites, sobre todo, cuando se sobrepasa la tolerancia ecológica, generando efectos irreversibles en el funcionamiento de los ecosistemas, llegando al punto de no retorno (Begon, et al., 1999; Cuevas, 2010). Para Seekell (2016), el punto de no retorno tiene graves consecuencias para la biodiversidad, el cual afecta el flujo de servicios ecosistémicos, aspecto que es imposible revertir. Por su parte, Coates y Burton (1997) plantean que los estudios de las dinámicas de los ecosistemas han contribuido a entender el papel de las perturbaciones a pequeña escala. Sin embargo, han sido poco utilizados para gestionar la resiliencia de los ecosistemas frente a fenómenos como el cambio climático (Hughes, 2000; Locatelli e Imbach, 2010).

En el caso de Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) presentó

with semi-humid climates, predicting that by the end of the XXI century the natural forests located in the Amazon region would receive the greatest alteration (IDEAM, 2010). This coincides with the IPCC (2008), which states that changes in precipitation in South America over the next 100 years point to a substantial decrease (20% or more) in rainfall in the Amazon basin. This reveals the substitution of some forests by ecosystems that are more resistant to the reduction of rainfall, and the increase of droughts and fires.

Furthermore, in 2015, the IDEAM delivered the results of the third national communication on climate change, indicating a possible increase of 2.1 °C in the average annual temperature for Colombia by the end of 2100 (IDEAM, 2015). In particular, this institute indicated that by the end of the 21st century the temperature in almost the entire department of Caquetá could increase by 2.2 °C. In addition, there could be isolated increases in precipitation over the Amazon piedmont of up to 20 % more than the current value. These projections are related to deforestation, because it is one of the activities with the greatest impact on the increase of greenhouse gas (GHG) emissions. In particular, the growth trend of deforestation in Colombia has been increasing in recent decades, with agricultural activities being one of the main factors contributing to these degradation processes (de Moraes, et al., 2017).

Under these scenarios, it is expected that the NPAs and agroecosystems located in the Amazon region will lose their resilience to different environmental changes. This could generate ecological imbalances, causing changes in phenological behavior, biogeographic distribution and the composition of ecological communities (Yáñez, et al., 2011). These events would also put agricultural activities at risk, due to crop vulnerability, increased pests and diseases, high temperatures, droughts, soil erosion and lack of water (Acevedo-Osorio, et al., 2017). In addition to the above, inadequate management practices also aggravate the problem and endanger food security in the region.

In Colombia, NPA management processes have focused on management, restoration strategies and management of tourism activities (Oliveros and Beltrán, 2018; Torres, et al., 2003; Zambrano, et al., 2007). However, ecological resilience management has not been integrally considered during the monitoring and follow-up processes of NPAs. Therefore, there are no technical instruments available to comprehensively estimate the ecosystem resilience of NPAs, not only as isolated natural spaces, but also as part of broader landscapes that include other land uses (Jiménez-Méndez, 2009; SINAP, 2019). The above, limits the opportunities to manage successful climate change mitigation and

en el 2010 el análisis de las características biofísicas y socioeconómicas para determinar la vulnerabilidad del país frente a los efectos adversos del clima. Señalando una posible reducción de los bosques húmedos de la amazonia, para dar paso a zonas con climas semihúmedos, pronosticando que para finales del XXI los bosques naturales ubicados en la región amazónica recibirían la mayor alteración (IDEAM, 2010). Esto coincide con el IPCC (2008), al referirse que los cambios evidenciados en la precipitación de América del Sur durante los próximos 100 años apuntan a una disminución sustancial (20 % o más) de las lluvias en la cuenca Amazónica. Lo anterior, revela la sustitución de algunas selvas por ecosistemas más resistentes a la reducción de las lluvias, y el aumento de las sequías e incendios.

De igual forma, el IDEAM entregó en el 2015 los resultados de la tercera comunicación nacional de cambio climático, indicando un posible incremento de 2.1 °C de la temperatura media anual para Colombia hacia finales del 2100 (IDEAM, 2015). Específicamente, este instituto señaló que para finales del siglo XXI la temperatura en casi todo el departamento del Caquetá podría aumentar en 2.2 °C. Asimismo, se podrían presentar aumentos aislados en las precipitaciones sobre el piedemonte amazónico hasta en un 20 % adicional al valor actual. Dichas proyecciones se relacionan con la deforestación, debido a que es una de las actividades que más ha influido en el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Particularmente, la tendencia de crecimiento de la deforestación en Colombia ha venido en aumento en las últimas décadas, siendo las actividades agropecuarias uno de los principales factores que contribuye en estos procesos de degradación (de Moraes, et al., 2017).

Frente a estos escenarios, es probable que las ANP y los agroecosistemas situados en la región amazónica pierdan su capacidad de resiliencia frente a diversos cambios ambientales. Esto podría generar desequilibrios ecológicos, ocasionando cambios en el comportamiento fenológico, la distribución biogeográfica y la composición de las comunidades ecológicas (Yáñez, et al., 2011). De igual manera, estos fenómenos colocarían en riesgo las actividades agropecuarias, debido a la vulnerabilidad de los cultivos, el aumento de las plagas y enfermedades, las altas temperaturas, las sequías, la erosión del suelo y la falta de agua (Acevedo-Osorio, et al., 2017). Aunado a lo anterior, las prácticas inadecuadas de manejo también exacerban la problemática y ponen en riesgo la seguridad alimentaria de la región.

En Colombia, los procesos de gestión de las ANP se han enfocado en el manejo, en las estrategias de res-

adaptation actions in NPAs from a territorial vision (Barborak, et al., 2015; Lorente et al., 2004). Therefore, the objective of this study is to propose methodological guidelines that facilitate the process of ecosystem resilience management in NPAs, to guide actions in favor of sustainable land management in the context of climate change.

## Materials and methods

This is a theoretical literature review research that, based on the interpretative theoretical framework of ecosystem resilience, aims to propose management guidelines for its future application in NPAs (Cairampoma, 2015). This is a theoretical literature review research that, based on the interpretative theoretical framework of ecosystem resilience, aims to propose management guidelines for its future application in NPAs (Cairampoma, 2015). According to the depth of the object of study, this research is exploratory; therefore, this methodological approach is based on the collection of information, identification of key background and description of fundamental processes to be examined in depth in future research (Stebbins, 2001).

Thus, for the development of the methodology, a specialized review of the scientific literature was carried out following the guidelines of Manchado-Garabito et al., (2009). Who suggest the following for this systematic process: delimiting the topic and variables of the study, identifying the sources of information, establishing the search strategy, selecting and classifying the studies found, extracting the relevant information, analyzing the information and presenting the ordered results. In this case, the central theme is ecosystem resilience, and the associated variables are *management*, related to measurement instruments with indicators; *PNA*, oriented exclusively to areas destined for conservation; and *climate change*, considering adverse scenarios due to temperature and precipitation variations, as well as the need to propose mitigation and adaptation measures. Finally, it is necessary to mention that the information obtained was complemented with the expertise of the authors of this study; especially, taking as a reference territorial management experiences in Colombia. In which we have identified certain participatory methodologies and technical procedures that work with this type of processes. It should be noted that subjectivity in scientific discourse is not only a by-product of the dialogue between authors, but also fulfills essential communicative functions that enrich scientific praxis (Wong-García, 2021).

tauración y en la gestión de las actividades turísticas (Oliveros y Beltrán, 2018; Torres, et al., 2003; Zambrano, et al., 2007). No obstante, la gestión de la resiliencia ecológica no ha sido considerada integralmente durante los procesos de monitoreo y seguimiento de las ANP. Por lo tanto, no se cuenta con instrumentos técnicos que permitan estimar de forma integral la resiliencia ecosistémica de las ANP, no solo como espacios naturales aislados, sino como parte de paisajes más amplios que incluyen otros usos de suelo (Jiménez-Méndez, 2009; SINAP, 2019). Lo anterior, limita las oportunidades de gestionar acciones acertadas de mitigación y adaptación al cambio climático en las ANP desde una visión territorial (Barborak, et al., 2015; Lorente et al., 2004). Por ello, el objetivo de este estudio es proponer lineamientos metodológicos que faciliten el proceso de gestión de la resiliencia ecosistémica de ANP, esto para encaminar acciones en favor de una gestión sostenible del territorio en el contexto del cambio climático.

## Materiales y métodos

Esta es una investigación teórica de revisión de literatura que a partir del marco teórico interpretativo de la resiliencia ecosistémica busca proponer lineamientos de gestión para su futura aplicación en las ANP (Cairampoma, 2015). Según la profundidad del objeto de estudio, esta investigación es de tipo exploratorio; por tanto, esta aproximación metodológica se fundamenta en la recopilación de información, la identificación de antecedentes clave y la descripción de procesos fundamentales que habrán de examinarse a profundidad en futuras investigaciones (Stebbins, 2001).

De esta manera, para la construcción de la metodología, se realizó una revisión especializada de literatura científica siguiendo las directrices de Manchado-Garabito et al., (2009). Quienes para este proceso sistemático sugieren: delimitar el tema y las variables del estudio, identificar las fuentes de información, establecer la estrategia de búsqueda, seleccionar y clasificar los estudios encontrados, extraer la información relevante, analizar la información y presentar los resultados ordenados. En este caso, el tema central es la resiliencia ecosistémica y las variables asociadas son: *gestión*, relacionada con instrumentos de medición con indicadores; *ANP*, orientada exclusivamente para áreas destinadas a la conservación; y *cambio climático*, considerando los escenarios adversos por las variaciones de temperatura y precipitación, así como la necesidad de plantear medidas de mitigación y adaptación. Finalmente, es necesario mencionar que

## Results and Discussion

### Theoretical framework of ecosystem resilience in NPAs

In the area of ecology, resilience is an inherent property of ecosystems, which allows them to absorb disturbances without changing drastically to a state in which they could lose their functions and services (Holling, 1973). In this sense, these characteristics includes two complementary processes; resilience, associated with the magnitude of the disturbance that causes a change in the structure, and recovery, linked to the speed of return to the original structure (Ingrisch and Bahn, 2018). In recent years, ecosystem resilience has become an essential aspect to be considered for integrated NPA management processes (Folke et al., 2004). Several current strategies for protection, management and restoration of ecosystems are based on the knowledge of resilience to face climate change (Malhi et al., 2020). This means, on the one hand, in-depth knowledge of the structure that is formed from ecological communities; especially, of the flora and fauna that is adapted to the local hydro-climatological conditions; on the other hand, this also includes the recognition of the socio-productive structures that put pressure on ecosystems (Schmitz et al., 2018). In this sense, the resilience of NPAs is strengthened when disturbance drivers are removed and key species within the ecosystem structure are conserved, to achieve the sustainability of the socio-ecological system (Brand, 2009).

In this scenario, ecological deterioration is shown as a progressive process in ecosystems, whether due to anthropogenic or natural factors, to such a degree that it can affect the functional diversity that flows in the landscape matrix (Martín-López et al., 2007; Thompson, 2011). Stability of terrestrial ecosystems depends largely on the adaptive capacity and level of resilience that landscapes reach, which includes the dynamics between NPAs, transformed agroecosystems and social systems (Naveh and Lieberman, 2013). an ecological system maintains its functionality when certain ecological attributes such as composition, structural and functional characteristics of the ecosystem occur within their natural ranges of variation, managing to resist and recover from natural or anthropogenic disturbances (Holling and Gunderson, 2002). Therefore, the functionality of a conservation area can best be judged by how well the composition and structure of ecosystems and focal species are within their natural ranges of variability (Poiani, et al., 2000). Thus, the management of vegetation attributes can determine much of ecological resilience, but not all of it, because

la información obtenida se complementó con la experiencia de los autores de este estudio; particularmente, teniendo como referencia experiencias de gestión territorial en Colombia. En los que hemos identificado ciertas metodologías participativas y procedimientos técnicos que funcionan con este tipo de procesos. Dicho esto, cabe señalar que la subjetividad en el discurso científico no es únicamente un subproducto del diálogo entre los autores, sino que cumple funciones comunicativas esenciales que enriquecen la praxis científica (Wong-García, 2021).

### Resultados y discusión

#### Base conceptual de la resiliencia ecosistémica en las ANP

En el ámbito de la ecología, la resiliencia es una propiedad inherente a los ecosistemas, la cual les permite absorber perturbaciones sin cambiar drásticamente a un estado en el que podrían perder sus funciones y servicios (Holling, 1973). En este sentido, dicha característica incluye dos procesos complementarios; la resistencia, asociada a la magnitud de la perturbación que provoca un cambio en la estructura, y la recuperación, vinculada a la velocidad de retorno a la estructura original (Ingrisch y Bahn, 2018). En los últimos años, la resiliencia ecosistémica se ha transformado en un aspecto esencial a considerarse para los procesos de gestión integral de las ANP (Folke et al., 2004). Particularmente, diversas estrategias actuales de protección, manejo y restauración de ecosistemas se fundamentan en el conocimiento de la resiliencia para hacer frente al cambio climático (Malhi et al., 2020). Esto implica, por una parte, el conocimiento profundo de la estructura que se forma a partir de las comunidades ecológicas; especialmente, de la flora y fauna que está adaptada a las condiciones hidroclimatológicas locales; por otra parte, esto incluye también el reconocimiento de las estructuras socio-productivas que ejercen presión sobre los ecosistemas (Schmitz et al., 2018). En este sentido, la resiliencia de las ANP se fortalece cuando se eliminan los impulsores de perturbación y se conservan las especies clave dentro de la estructura ecosistémica, para alcanzar la sostenibilidad del sistema socioecológico (Brand, 2009).

En este escenario, el deterioro ecológico se presenta como un proceso progresivo en los ecosistemas, ya sea por factores antrópicos o naturales, a tal grado que puede afectar la diversidad funcional que fluye en la matriz de los paisajes (Martín-López et al., 2007; Thompson, 2011). Lograr la estabilidad de los ecosistemas terrestres depende en gran medida de la capacidad de adaptación y el nivel de resiliencia



it is a property conditioned by multiple socioecological factors (Rincón-Ruíz et al., 2014).

In this order of ideas, conservation areas inserted in a landscape matrix can be approached from multiple spatial and temporal scales, especially when visualizing their possible responses to natural and anthropogenic disturbances (Vélez and Sal, 2008). Therefore, it is possible to distinguish four geographical scales where species and ecosystems interact: local, intermediate, coarse and regional. According to Poiani et al. (2000), the local scale is an established area of meters to thousands of hectares, which includes local-scale species and small patch ecosystems. The former is restricted to a particular habitat, are immobile or disperse little, and include many invertebrate and plant species; the latter tend to be relatively discrete, geomorphologically defined, and spatially fixed. The intermediate scale can be in the range of hundreds to tens of thousands of hectares, which includes large patch ecosystems and intermediate-level species. Large patch ecosystems are variable in structure and composition, with distinctly different internal habitat types and serial stages that change and reorganize over time and space. At the coarse geographic scale, this is an area comprising tens of thousands to millions of hectares. Thus, it is possible to find matrix ecosystems that encompass successional mosaics, large spatial extensions, and amorphous boundaries, of which large and small patch ecosystems are part. In these cases, species are habitat specialists, moving between ecosystems and using them at multiple scales. At the regional geographic scale, species use resources across millions of hectares, including natural to semi-natural matrix ecosystems with large and small patch habitats (Poiani et al., 2000).

Therefore, to estimate the ecological resilience of a NPAs, it is essential to conceive the analysis from a multiscale perspective and incorporate different ecological attributes that may be present in the landscapes (Cushman and McGarigal, 2019). Especially because the different components of landscapes and their attributes maintain dynamics that make the functional ecosystem possible (Salgado-Negret, 2016). Therefore, approaching these processes is a very effective way to predict the response of species to environmental changes, their impact on the structuring of biological communities and the recovery of ecosystem processes (Violle et al., 2007; Hodgson, et al., 2015).

### Methodological proposal for managing ecosystem resilience in NPAs

Figure 1 shows a synthesis of the methodology for ecosystem resilience management in NPAs in Colombia.

que alcancen los paisajes, eso incluye la dinámica entre las ANP, los agroecosistemas transformados y los sistemas sociales (Naveh y Lieberman, 2013). En este sentido, un sistema ecológico mantiene su funcionalidad, cuando ciertos atributos ecológicos como la composición, las características estructurales y funcionales del ecosistema ocurren dentro de sus rangos naturales de variación, consiguiendo resistir y recuperarse a los disturbios naturales o antrópicos (Holling y Gunderson, 2002). Por tanto, la funcionalidad de un área de conservación se puede juzgar mejor por el grado en que la composición y estructura de los ecosistemas y de las especies focales se encuentran dentro de sus rangos naturales de variabilidad (Poiani, et al., 2000). De esta manera, la gestión de los atributos de la vegetación puede determinar gran parte de la resiliencia ecológica, pero no su totalidad, ya que es una propiedad condicionada por múltiples factores socioecológicos (Rincón-Ruíz et al., 2014).

En este orden de ideas, las áreas de conservación insertadas en una matriz de paisaje pueden ser abordadas a partir de múltiples escalas espaciales y temporales; particularmente, a la hora de visualizar sus posibles respuestas a los disturbios naturales y antrópicos (Vélez y Sal, 2008). Por tanto, es posible distinguir cuatro escalas geográficas donde interactúan especies y ecosistemas: local, intermedia, gruesa y regional. Según Poiani et al. (2000), la escala local es un área establecida de metros a miles de hectáreas, que incluye especies a escala local y ecosistemas de parche pequeño. Las primeras están restringidas a un hábitat particular, son inmóviles o se dispersan poco, e incluyen muchas especies de invertebrados y plantas; los segundos tienden a ser relativamente discretos, geomorfológicamente definidos y espacialmente fijos. La escala intermedia puede estar en un rango de cientos a decenas de miles de hectáreas, que incluye ecosistemas de parches grandes y especies de nivel intermedio. Los ecosistemas de parches extensos son variables en estructura y composición, con tipos de hábitats internos claramente diferentes y etapas seriales que cambian y se reorganizan con el tiempo y el espacio. En cuanto a la escala geográfica gruesa, se trata de un área integrada por decenas de miles a millones de hectáreas. De esta manera, es posible encontrar ecosistemas matriciales que abarcan mosaicos sucesionales, grandes extensiones espaciales y límites amorfos, del cual hacen parte los ecosistemas de parches grandes y pequeños. En estos casos, las especies son generalistas del hábitat, se mueven entre ecosistemas y los utilizan a escalas múltiples. En la escala geográfica regional, las especies usan recursos en millones de hectáreas, incluidos los ecosistemas de matriz natural a seminatural con hábitats de parches grandes y pequeños (Poiani et al., 2000).



**Figure 1. Phases and steps that integrate the methodological proposal for managing ecosystem resilience in natural protected areas.**

**Figura 1. Fases y pasos que integran la propuesta metodológica para gestionar la resiliencia ecosistémica en áreas naturales protegidas.**

Source: Adapted from Poiani et al. (2000); Parrish et al. (2003); Herrera and Corrales (2004) and Vargas (2007).  
 Fuente: Adaptada a partir de Poiani et al. (2000); Parrish et al. (2003); Herrera y Corrales (2004) y Vargas (2007).

This proposal was elaborated taking as a reference the confluence of different fundamentals proposed by Poiani et al. (2000), Parrish, et al. (2003), Herrera and Corrales (2004) and Vargas (2007). The methodology integrates five phases (18 steps) and five major cross-cutting aspects: legal foundations, systemic vision, participatory and inclusive approach, as well as institutional, sectoral and community synergies.

*Phase 1.* As with any management process or socio-environmental intervention project, it should start with a comprehensive diagnosis and characterization of the site or PNA to be managed. These processes are carried out using participatory forums, surveys, interviews and documentary research; taking into account the biophysical, ecological, social, economic, cultural, political, administrative and technical aspects that have an impact (inside and outside) on the ecosystem resilience of the NPA. In this sense, it is important to conceive that NPAs are not uniform components, but represent different aspects (identity, raw material, tourism, etc.) for modern societies and are susceptible to be managed by different territorial actors.

Therefore, it is possible to visualize natural areas with prohibited access due to their enormous importance and fragility, as well as traditionally inhabited natural areas shaped by the dynamics of their communities. In addition, depending on the type of land tenure, ownership and management of some natural areas are exercised by governments, private individuals, private companies, agrarian communities or ethnic groups (Elbers, 2011). Thus, each site will show different conservation targets, which are determined by the type of relationship and history that the communities have maintained with the natural resources they have had at their disposal. This will provide the guidelines for establishing the management units and categories for the site of interest and adjacent areas; for this process it is essential to comply with current legislation from the local to the international level (Amaya-Navas, 2018).

*Phase 2.* Subsequently, it is important to select the ecological attributes for the prioritized conservation targets in NPAs, with their respective indicators and ranges of variation (Müller et al., 2016). These processes should be carried out using matrices, diagrams and other graphic elements that allow for interrelationships and easy understanding, even the use of specialized

Por lo anterior, para estimar la resiliencia ecológica de una ANP es indispensable concebir el análisis desde una perspectiva multiescalar e incorporar distintos atributos ecológicos que puedan estar presentes en los paisajes (Cushman y McGarigal, 2019). Especialmente porque los distintos componentes de los paisajes y sus atributos mantienen dinámicas que hacen posible el ecosistema funcional (Salgado-Negret, 2016). Por tanto, aproximarse a estos procesos es una vía muy efectiva para predecir la respuesta de las especies a los cambios ambientales, su impacto en la estructuración de las comunidades biológicas y la recuperación de los procesos ecosistémicos (Violle et al., 2007; Hodgson, et al., 2015).

### **Propuesta metodológica para gestionar la resiliencia ecosistémica en las ANP**

En la Figura 1 se presenta una síntesis de la metodología para la gestión de la resiliencia ecosistémica de las ANP en Colombia. De manera general, esta propuesta se elaboró tomando como referencia la confluencia de distintos fundamentos planteados por Poiani et al. (2000) Parrish, et al. (2003), Herrera y Corrales (2004) y Vargas (2007). La metodología integra cinco fases (18 pasos) y cinco grandes ejes transversales: fundamentos legales, visión sistémica, enfoque participativo e inclusivo, así como sinergias institucionales, sectoriales y comunitarias.

*Fase 1.* Como todo proceso de gestión o proyecto de intervención socioambiental, debe partir de un diagnóstico y caracterización integral del sitio o ANP que se pretende gestionar. Particularmente, estos procesos se llevan a cabo mediante foros participativos, encuestas, entrevistas e investigación documental; teniendo en cuenta los aspectos biofísicos, ecológicos, sociales, económicos, culturales, políticos, administrativos y técnicos que tienen injerencia (dentro y fuera) en la resiliencia ecosistémica del ANP. En este sentido, es importante concebir que las ANP no son componentes uniformes, sino que representan diferentes aspectos (identidad, materia prima, turismo, etc.) para las sociedades modernas son susceptibles de ser administradas por distintos actores territoriales.

En este sentido, es posible visualizar áreas naturales de acceso prohibido debido a su enorme importancia y fragilidad, así como áreas naturales tradicionalmente habitadas moldeadas por la dinámica de sus comunidades. Además, según el tipo de tenencia de la tierra, la propiedad y la gestión de algunas áreas naturales son

software could be very useful. At this stage it is essential that participants consider three primary factors: changes in the disturbance regime (imposed stress), ecosystem functions (vital processes and services), and ecosystem resilience (capacity of the ecosystem to respond to change). Thus, multiple attributes at different scales of organization provide resilience, from species to communities in NPAs and beyond across the landscape. At this point, it is crucial to understand how these attributes interact to recognize how ecosystem functions change, with disturbances varying in intensity, spatial extent, and frequency. Thus, the attributes of individual species influence resilience, while landscape-scale properties influence the recovery of communities and their functions, so that the sum of these characteristics confers ecosystem resilience (Gladstone-Gallagher, et al., 2019).

*Phase 3.* At this point, the ecological attributes and ecosystem resilience of the site of interest must be estimated collectively with the participation of most of the stakeholders involved or with influence in NPAs. Therefore, it is essential to contextualize the communities about the process being developed, as well as to raise awareness about the relevance of its implementation and the importance of collective participation. From the beginning, it is essential to hold forums and workshops with participatory methodologies in which all people have the same opportunity to express their perceptions (Beaumont, 1997). However, from this phase on, it is necessary to promote this type of process more frequently to encourage co-responsibility to achieve effective planning, management and conservation of the NPA. This is because when working collectively, it is possible to identify true adaptive management strategies that contribute to strengthening ecosystem resilience against climate change (Ruiz and Arellano, 2014).

*Phase 4.* The results obtained from the determination of the NPA's ecosystem resilience indicators should be analyzed based on Rosnay's (1975) systemic approach, a tool for interpreting reality, and Morin's (2007) complexity paradigm, a referential framework for understanding socio-environmental dynamics. For this reason, the suggestion is to develop it by means of a SWOT analysis with interdisciplinary teams of experts that mainly include biologists, ecologists, anthropologists, sociologists, social work-

ejercidas por los gobiernos, particulares, empresas privadas, comunidades agrarias o grupos étnicos (Elbers, 2011). De esta manera, cada sitio presentará distintos objetos de conservación, los cuales están dados por el tipo de relación e historia que las comunidades han mantenido con los recursos naturales que han tenido a disposición. Lo anterior, dará las pautas para situar las unidades y categorías de manejo del sitio de interés y las áreas contiguas; para este proceso es ineludible atender la legislación vigente desde el nivel local hasta el internacional (Amaya-Navas, 2018).

*Fase 2.* Posteriormente, es importante seleccionar los atributos ecológicos para los objetos de conservación priorizados en la ANP, con sus respectivos indicadores y rangos de variación (Müller et al., 2016). Estos procesos deben llevarse a cabo mediante matrices, diagramas y otros elementos gráficos que permitan las interrelaciones y su fácil comprensión, incluso la utilización de software especializados podría ser de mucha utilidad. En esta etapa es fundamental que los participantes tengan en cuenta tres factores primordiales: los cambios en el régimen de perturbación (estrés impuesto), las funciones del ecosistema (procesos vitales y servicios) y la resiliencia ecosistémica (la capacidad del ecosistema para responder al cambio). Por tanto, múltiples atributos en distintas escalas de organización ofrecen resiliencia, desde especies hasta comunidades en el ANP y más allá en el paisaje. En este punto, es crucial comprender la manera en que interactúan estos atributos para reconocer cómo cambian las funciones del ecosistema, con perturbaciones que varían en intensidad, extensión espacial y frecuencia. De esta manera, los atributos de las especies individuales influyen en la resistencia, mientras que las propiedades a escala de paisaje influyen en la recuperación de las comunidades y sus funciones, así, la suma de estas características confiere la resiliencia ecosistémica (Gladstone-Gallagher, et al., 2019).

*Fase 3.* En este momento, se deben estimar los atributos ecológicos y la resiliencia ecosistémica en el sitio de interés; lo anterior, de forma colectiva contando con la participación de la mayoría de los actores involucrados o con injerencia en el ANP. Por tanto, es indispensable contextualizar a las comunidades sobre el proceso que se está desarrollando, así como sensibilizar sobre la pertinencia de su



ers, economists, political scientists and lawyers; in addition, it is a priority that representative actors of the territory also participate in this process. It is also recommended that the logical framework methodology be used to determine the appropriate strategies for use, conservation and adaptive management that will favor the resilience of the NPA and the landscape.

It is therefore important to consider the ecological attributes and disturbing elements to find intermediate points that enable the resilience of agroecosystems and the sustainable use of natural resources. Thus, conservation and restoration strategies should be combined with tools such as integrated watershed management (Shrubsole, 2004) and nature-based solutions (Albert, et al., 2017). In addition, for productive and economic activities, the gradual adoption of management types such as agroforestry (Huang et al., 2002), agrosilvopastoral (Russo, 1996), agroecological (Altieri, et al., 2015), permacultural (Velázquez and Sánchez, 2021) and ecotourism (Hornoiu, 2015) systems should be promoted. Among other alternatives, as long as they maintain the quality of soil, water and biodiversity, primary components that sustain ecosystem resilience. At this point, it should be noted that these changes in the forms of production and operation can generate strong tensions with the communities and their conventional way of managing the land; therefore, models or nearby experiences that are models should be provided, as well as a series of incentives to facilitate change.

*Phase 5.* Finally, a feedback process on the current state of the NPA's ecosystem resilience should be carried out, again with an interdisciplinary team and with the participation of community members. This is intended to carefully make the necessary adjustments to collectively build a solid management and administration proposal. Once all the details have been covered, the process of disseminating (using multiple channels) the results of the current state of the NPA's ecosystem resilience should begin. At last, considering the implications of mass dissemination, recommendations for strengthening the effective management and governance of the NPA are described. The ecological functioning of the landscape, socio-cultural practicality, technical-legal feasibility, financial feasibility and profitability of productive activities are all taken into account. At this point, it

implementación y la relevancia de la participación colectiva. Desde el inicio es esencial la realización de foros y talleres con metodologías participativas en las que todas las personas tengan la misma posibilidad de expresar sus percepciones (Beaumont, 1997). Sin embargo, a partir de esta fase es necesario promover con mayor frecuencia este tipo de procesos a fin de incentivar la corresponsabilidad para alcanzar la efectiva planeación, gestión y conservación del ANP. Esto debido a que cuando se trabaja de forma colectiva se pueden identificar verdaderas estrategias de manejo adaptativo que contribuyan al fortalecimiento de la resiliencia ecosistémica frente al cambio climático (Ruiz y Arellano, 2014).

*Fase 4.* Se deben analizar de los resultados obtenidos a partir de la determinación por indicadores de la resiliencia ecosistémica del ANP, esto desde el enfoque sistémico de Rosnay (1975), una herramienta de interpretación de la realidad; y el paradigma de la complejidad de Morin (2007), un marco referencial para comprender las dinámicas socioambientales. Por tal motivo, la sugerencia es desarrollarlo mediante un análisis FODA con equipos interdisciplinarios de expertos que incluyan principalmente a biólogos, ecólogos, antropólogos, sociólogos, trabajadores sociales, economistas, politólogos y abogados; además, en este proceso es prioritario que participen también actores representativos del territorio. Asimismo, se recomienda usar la metodología de marco lógico para determinar de forma acertada las estrategias de uso, conservación y manejo adaptativo que favorezcan la capacidad de resiliencia del ANP y del paisaje.

Para esto, es importante retomar los atributos ecológicos y los elementos perturbadores con la intención de buscar puntos intermedios que posibiliten la resiliencia de los agroecosistemas y el uso sustentable de los recursos naturales. De esta manera, las estrategias de conservación y restauración deben combinarse con herramientas como el manejo integrado de cuencas (Shrubsole, 2004) y soluciones basadas en la naturaleza (Albert, et al., 2017). Además, para las actividades productivas y económicas, debe promoverse la adopción paulatina de tipos de manejo como los sistemas agroforestales (Huang et al., 2002), agrosilvopastoriles (Russo, 1996), agroecológicos (Altieri, et al., 2015), permaculturales (Velázquez y Sánchez, 2021) y



is appropriate to include these processes within the territorial ecological planning, a planning instrument protected by law to regulate land use and productive activities, to achieve environmental protection, the sustainable use of natural resources and the local development of rural communities.

In short, it is important to consider that, although this methodology integrates the development of several steps to manage ecosystem resilience of Colombia's NPA, it is important to keep in mind that the prioritization of the steps depends greatly on the information that exists on the selected NPA. It is also possible that, at the time of applying the methodology, only those steps containing information that is applicable to the selected NPA can be chosen. This means that the present methodology can be applied at three levels of detail: preliminary, semi-detailed and detailed. The level of detail chosen will depend not only on the information available for the protected area, but also on the information to be obtained and the depth of analysis that the study is expected to achieve. Nevertheless, the users of the methodology can make adjustments, adaptations or improvements to this proposal.

## Conclusions

This study provides a methodological tool for the management of ecosystem resilience of NPAs, which seeks to facilitate their adaptation to natural or anthropogenic disturbance processes. The selection of ecological attributes are key elements within the methodology, since they allow establishing the conditions in which the conservation targets present in the NPAs are found. It is important to determine appropriate indicators to measure ecological attributes to have an approximate and effective assessment of the ecosystem resilience of the conservation targets evaluated.

This methodological proposal represents a basic reference for decision makers and public policy makers; in addition, its characteristics permit it to be applied in the NPAs of Colombia or other countries, taking into account the ecological, legal and sociocultural aspects of each site. It is hoped that the application of these guidelines can support decision-making for the development of adaptive management that strengthens the resilience of ecologically important areas. Therefore, the establishment of governmental, sectoral and community synergies is very significant before, during and after these processes, because the planning, management and adaptive management of NPAs should be guided by co-responsibility. Not only

ecoturísticos (Hornoiu, 2015). Entre otras alternativas, siempre y cuando mantengan la calidad del suelo, el agua y la biodiversidad, componentes primordiales que sostienen la resiliencia ecosistémica. En este punto, es preciso señalar que estos virajes en las formas de producción y operación pueden generar tensiones fuertes con las comunidades y su forma convencional de gestionar la tierra; por ello, se deben proveer modelos o experiencias cercanas que sean ejemplares, así como alguna serie de incentivos para facilitar el cambio.

*Fase 5.* Finalmente, se debe llevar a cabo un proceso de retroalimentación del estado actual de la resiliencia ecosistémica del ANP, nuevamente con un equipo interdisciplinario y con la participación de miembros de la comunidad. Lo anterior, con la intención de realizar minuciosamente los ajustes necesarios a fin de construir colectivamente una propuesta de gestión y manejo sólida. Una vez que se han cubierto todos los detalles, se debe comenzar el proceso de divulgación (mediante múltiples canales) de resultados del estado actual de la resiliencia ecosistémica del ANP. Por último, teniendo en cuenta las repercusiones de la difusión masiva, se describen recomendaciones para el fortalecimiento de la gestión y el manejo efectivo del ANP. Teniendo en cuenta el funcionamiento ecológico del paisaje, la practicidad sociocultural, la viabilidad técnico-legal, la factibilidad financiera y la rentabilidad de las actividades productivas. En este punto, resulta conveniente incorporar estos procesos dentro del ordenamiento ecológico territorial, instrumento de planeación amparado en la ley para regular el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el desarrollo local de las comunidades rurales.

En definitiva, es importante considerar que, aunque esta metodología integra el desarrollo de varios pasos para gestionar la resiliencia ecosistémica de las ANP de Colombia, se debe tener en cuenta que la priorización de los pasos depende mucho de la información que exista sobre el ANP seleccionada. De igual forma, es posible que, al momento de la aplicación de la metodología se puedan elegir solo aquellos pasos que contengan información y, que sea aplicable al ANP seleccionada. Esto significa que la aplicación de la presente metodología puede desarrollarse bajo tres niveles de detalle: preliminar, semidetallado y

with the intention of prioritizing the conservation of natural resources, but also their sustainable use and wellbeing of rural communities.

*End of English version*

## References / Referencias

- Acevedo-Osorio, Á., Leiton, A. A., Durán, M. V. L., y Quiroga, K. L. F. (2017). Sustentabilidad y variabilidad climática: acciones agroecológicas participativas de adaptación y resiliencia socioecológica en la región alto-andina colombiana. *Revista Luna Azul*, (44), 6-26. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321750362002.pdf>
- Albert, C., Spangenberg, J. H., y Schröter, B. (2017). Nature-based solutions: criteria. *Nature*, 543(7645), 315-315. <https://doi.org/10.1038/543315b>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., y Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for sustainable development*, 35(3), 869-890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Amaya-Navas, Ó. D. (2018). Áreas protegidas en Colombia, definición, propiedad y bases constitucionales para su protección. En: Irujo, A. E., y Pachón, M. D. P. G. (Eds.). *La conservación de la naturaleza su régimen jurídico en Colombia y España*. Universidad Externado de Colombia, pp. 25-59.
- Barborak, J., Cuesta, F., Montes, C., y Palomo, I. (2015). *Planificación en áreas protegidas: Territorio y cambio climático*. Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ).
- Beaumont, J. (1997). Community participation in the establishment and management of marine protected areas: a review of selected international experience. *African Journal of Marine Science*, 18, 333-340.
- Begon, M., Harper, J. L., y Townsend, C. R. (1999). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Omega.
- Brand, F. (2009). Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecological economics*, 68(3), 605-612. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.013>
- Cairampoma, M. R. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Redvet. Revista electrónica de veterinaria*, 16(1), 1-14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63638739004>
- Cárdenas, J. C. (2002). Sistemas naturales y sistemas sociales: hacia la construcción de lo público, lo colectivo, lo ambiental. Universidad Javeriana.
- Coates, K. D., y Burton, P. J. (1997). A gap-based approach for development of silvicultural systems to address ecosystem management objectives. *Forest Ecology and Management*, 99, 337-354. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00113-8)

detallado. El nivel de detalle elegido dependerá no solo de la información disponible del área protegida, sino también de la indagación que se establezca de la misma y de la profundidad de análisis que se espera alcanzar con el estudio. No obstante, los usuarios de la metodología pueden hacer ajustes, adaptaciones o mejoramientos a esta propuesta.

## Conclusiones

Este estudio aporta un instrumento metodológico para la gestión de la resiliencia ecosistémica de las ANP, el cual busca facilitar la adaptación de estas ante procesos de perturbación natural o antrópica. La selección de los atributos ecológicos son elementos clave dentro de la metodología, ya que permiten establecer las condiciones en las que se encuentran los objetos de conservación presentes en las ANP. En este sentido, es relevante determinar indicadores que resulten apropiados para medir los atributos ecológicos, a fin de obtener una valoración aproximada y efectiva de la resiliencia ecosistémica de los objetos de conservación evaluados.

Esta propuesta metodológica representa un referente base para los tomadores de decisiones y los creadores de políticas públicas; además, sus características permiten que pueda ser aplicada en las ANP de Colombia u otros países, atendiendo los aspectos ecológicos, legales y socioculturales de cada sitio. Con ello se espera que la aplicación de estos lineamientos pueda apoyar la toma de decisiones para el desarrollo de una gestión adaptativa que fortalezca la resiliencia de áreas de importancia ecológica. Por tanto, el establecimiento de sinergias gubernamentales, sectoriales y comunitarias es muy significativo antes, durante y después de estos procesos, ya que desde la corresponsabilidad se debe guiar la planeación, gestión y manejo adaptativo de las ANP. No solo con la intención de priorizar la conservación de los recursos naturales, sino también su uso sustentable y el bienestar de las comunidades rurales.

*Fin de la versión en español*

- Cuevas, R. P. (2010). Importancia de la resiliencia biológica como posible indicador del estado de conservación de los ecosistemas: implicaciones en los planes de manejo y conservación de la biodiversidad. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 12(1), 1-7. <https://bit.ly/37vDRGp>
- Cushman, S. A., y McGarigal, K. (2019). Metrics and models for quantifying ecological resilience at landscape scales. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 1-21. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00440>
- Eastmond, A., y García, F. A. (2006). Impacto de los sistemas agropecuarios sobre la biodiversidad. *Ganadería*, 75(1), 98-104. <https://bit.ly/3jjzS26>
- Elbers, J. (2011). *Las áreas protegidas de América Latina. Situación actual y perspectivas para el futuro*. UICN - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.
- de Moraes, M. C. P., de Mello, K., y Toppa, R. H. (2017). Protected areas and agricultural expansion: Biodiversity conservation versus economic growth in the Southeast of Brazil. *Journal of Environmental Management*, 188, 73-84. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.075>
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., y Holling, C. S. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 557-581. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711>
- Gladstone-Gallagher, R. V., Pilditch, C. A., Stephenson, F., y Thrush, S. F. (2019). Linking traits across ecological scales determines functional resilience. *Trends in ecology & evolution*, 34(12), 1080-1091. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31422892/>
- Herrera, B., y Corrales, L. (2004). Midiendo el éxito de las acciones en las áreas protegidas de Centroamérica: *Manual para la evaluación y monitoreo de la integridad ecológica en áreas protegidas*. PROARCA/APM, Guatemala de la Asunción.
- Hodgson, D., McDonald, J. L., y Hosken, D. J. (2015). *What do you mean, 'resilient'?*. *Trends in ecology & evolution*, 30(9), 503-506. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.06.010>
- Holling, C. S. (1973). Resiliencia y estabilidad de los sistemas ecológicos. *Annu Rev Ecol, Evol Syst*, 4, 1-24. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Holling, C.S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4(5), 390-405. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
- Holling, C. S., y Gunderson, L. H. (2002). *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press.
- Hornoiu, R. I. (2015). Ecotourism-climate change adaptation tool within the sustainable management of protected areas. *Calitatea*, 16(146), 89. <https://bit.ly/3DPxMjY>
- Huang, W., Luukkanen, O., Johanson, S., Kaarakka, V., Räisänen, S., y Vihemäki, H. (2002). Agroforestry for biodiversity conservation of nature reserves: functional group identification and analysis. *Agroforestry systems*, 55(1), 65-72. <https://doi.org/10.1023/A:1020284225155>
- Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution*, 15(2), 56-61. [https://doi.org/10.1016/s0169-5347\(99\)01764-4](https://doi.org/10.1016/s0169-5347(99)01764-4)
- Ingrisch, J., y Bahn, M. (2018). Towards a comparable quantification of resilience. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(4), 251-259. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.01.013>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2010). La variabilidad climática y el cambio climático en Colombia. Disponible en: <https://bit.ly/3povlJd>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, (2015). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. Herramientas científicas para la toma de decisiones. Disponible en: <https://bit.ly/3ruwWoX>
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2008). Exploración de nuevos escenarios para el análisis de las emisiones, del cambio climático, de sus impactos y de las estrategias de respuesta. Disponible en: <https://bit.ly/3xya4Wj>
- Jiménez-Méndez, M. (2009). Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático. Escuela de Posgrados del Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Lloret, F. (2012). Vulnerabilidad y resiliencia de ecosistemas forestales frente a episodios extremos de sequía. *Revista Ecosistemas*, 21(3), 85-90. <https://bit.ly/3DQR8oU>
- Locatelli, B., y Imbach, P. (2010). *Migración de ecosistemas bajo escenarios de cambio climático: el rol de los corredores biológicos en Costa Rica*. Serie Técnica. Manual Técnico.
- Lorente, I., Gamo, D., Gómez, J. L., Santos, R., Flores, L., Camacho, A., Galindo, L., y Navarro, J. (2004). Los efectos biológicos del cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 13(1), 103-110. <https://bit.ly/3xcKXdq>
- Malhi, Y., Franklin, J., Seddon, N., Solan, M., Turner, M. G., Field, C. B., y Knowlton, N. (2020). Climate change and ecosystems: Threats, opportunities and solutions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190104. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0104>
- Manchado-Garabito, R., Tamames-Gómez, S., López-González, M., Mohedano-Macías, L., y Veiga-de Cabo, J. (2009). Revisiones sistemáticas exploratorias. *Medicina y seguridad del trabajo*, 55(216), 12-19. <https://bit.ly/3JdHZaZ>
- Martín-López, B., González, J. A., Díaz, S., Castro, I., y García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar

- humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista Ecosistemas*, 16(3), 69-80. <https://bit.ly/3r9LCJ8>
- Morin, E. (2007). Introducción al pensamiento complejo. Editorial Gedisa.
- Müller, F., Bergmann, M., Dannowski, R., Dippner, J. W., Gnauck, A., Haase, P., y Theuerkauf, M. (2016). Assessing resilience in long-term ecological data sets. *Ecological indicators*, 65, 10-43. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.066>
- Naveh, Z., y Lieberman, A. S. (2013). *Landscape ecology: theory and application*. Springer Science & Business Media.
- Oliveros, O. C. A., y Beltrán, V. J. E. (2018). Evaluación de la sustentabilidad de los prestadores de servicios turísticos del Parque Nacional Natural Tayrona en el departamento de Magdalena, Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(1), 100-117. <https://bit.ly/3r8ZyTq>
- Parrish, J. D., Braun, D. P., y Unnasch, R. S. (2003). Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience*, 53(9), 851-860. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0851:AWCWS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0851:AWCWS]2.0.CO;2)
- Poiani, K. A., Richter B. D., Anderson, M. G., y Richter, H. E. (2000). Biodiversity Conservation at Multiple Scales: Functional Sites, Landscapes, and Networks. *BioScience*, 50(2), 133-146. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0133:BCAMSF\]2.3.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0133:BCAMSF]2.3.CO;2)
- Rincón-Ruiz, A., Echeverry-Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias-Arévalo, P., y Zuluaga, P. A. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Rosnay, J. (1975). Le microscope. Vers une vision globale. SEUIL.
- Ruiz, L. E., y Arellano, J. L. (2014). Identificación comunitaria de riesgos climáticos, medios de vida y estrategias de adaptación en la cuenca del río Huhuetán, en Chiapas. En: Soares, D., Millán, G., & Gutiérrez, I. (coords.). *Reflexiones y Expresiones de La Vulnerabilidad Social en el Sureste de México*, IIMTA, pp. 79-121.
- Russo, R. O. (1996). Agrosilvopastoral systems: A practical approach toward sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 7(4), 5-16. [http://dx.doi.org/10.1300/J064v07n04\\_03](http://dx.doi.org/10.1300/J064v07n04_03)
- Salgado-Negret, B. (Ed.). (2016). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Seekell, D. (2016). Passing the point of no return. *Science*, 354(6316), 1109-1109. <https://doi.org/10.1126/science.aal2188>
- Shrubsole, D. (2004). Reflections on recent developments in watershed management in Ontario and their implications for natural areas management (1). *Environments*, 32(1), 1-15. <https://bit.ly/37rm9ns>
- SINAP (2019). Marco conceptual Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP): Visión 2020-2030. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://bit.ly/3E8AksP>
- Schmitz, M. F., Arnaiz-Schmitz, C., Herrero-Jauregui, C., Diaz, P., Matos, D. G., y Pineda, F. D. (2018). People and nature in the Fuerteventura Biosphere Reserve (Canary Islands): Socio-ecological relationships under climate change. *Environmental Conservation*, 45(1), 20-29. <https://doi.org/10.1017/S0376892917000169>
- Stebbins, R. A. (2001). *Exploratory research in the social sciences*. Sage Editorial.
- Thompson, I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasylva - Revista internacional de silvicultura e industrias forestales* (Italia). 62(238), 25-30. <https://bit.ly/3jeZVHE>
- Torres, M. A. C., Ospina, M. L. Z., y Páez, H. S. (2003). Caracterización de los distritos de manejo integrado de los recursos naturales renovables, formulación y ensayo de una metodología para la evaluación de la efectividad en el manejo. *Colombia forestal*, 8(16), 77-94. <http://hdl.handle.net/11349/17747>
- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Universidad Nacional de Colombia.
- Velázquez-Cigarroa, E., y Sánchez-Carrasco, M. J. (Coord.) (2021). *Sociedad, permacultura y agricultura sustentable. Hacia una educación y cultura ambiental*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Vélez, L. V., y Sal, A. G. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *Arbor*, 184(729), 31-44. <https://doi.org/10.3989/arbor.2008.i729.159>
- Vidal, L. F., y Andrade, G. I. (2014). *Buscando Respuestas en un entorno cambiante: Capacidad adaptativa para la resiliencia socio-ecológica de los sistemas nacionales de áreas naturales protegidas*. Cooperación Alemana al Desarrollo.
- Violle, C., Navas, M. L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., y Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882-892. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>
- Wong-García, E. (2021). Funciones de la subjetividad en la praxis científica: Evidencias desde el análisis semántico del discurso. HAL Science Ouverte (Pre-print). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03318631/document>
- Yáñez, P., Núñez, M., Carrera, F., y Martínez, C. (2011). Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la zona andina de Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 14(2), 24-44. <https://doi.org/10.17163/lgr.n14.2011.03>

Zambrano, H., Pardo, M., y Naranjo, L. G. (2007). *Evaluación de integridad ecológica, propuesta metodológica. Herramienta para el análisis de efectividad en el largo plazo en el área del Sistema de Parques Nacionales*

*Naturales de Colombia*. WWF Colombia, Parques Nacionales Naturales de Colombia y el Instituto Alexander von Humboldt.



## COMITÉ EDITORIAL

---

REVISTA CHAPINGO SERIE AGRICULTURA TROPICAL  
AÑO 2, VOLUMEN 2, NÚM. 1, ENERO-JUNIO DE 2022

- Roberto González Garduño **URUSSE – Universidad Autónoma Chapingo. México.**
- Carlos Avendaño Arrazate **INIFAP. México.**
- Saúl Espinoza Zaragoza **UNACH. México.**
- Magnolia Conde Felipe **Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España.**
- Eugenio Eliseo Santacruz de León **Universidad Autónoma Chapingo. México.**
- Glaforo Torres Hernández **Colegio de Postgraduados. México.**
- Javier Arece García **Universidad de Matanzas. Estación Experimental de Parasitología Veterinaria. Cuba.**
- Ramón Rivera **Universidad Autónoma Chapingo. México.**
- Alma Amalia Gonzalez Cabañas **CIMSUR UNAM**
- Jorge Alberto Lopez Arévalo **Escuela de ciencias sociales de la Universidad Autónoma de Chiapas**

## ÁRBITROS

---

REVISTA CHAPINGO SERIE AGRICULTURA TROPICAL  
AÑO 2, VOLUMEN 2, NÚM. 1, ENERO-JUNIO DE 2022

María Eugenia López Arellano **INIFAP**  
Ever del Jesús Flores Santiago **URUSSE**  
Bernardino Ramírez Hernández **URUSSE**  
Martín Gaona Ponce **URUSSE**  
Juan Guillermo Cruz Castillo **CRUO**  
Fernando C. Gómez Merino **COLPOS**  
Alvar Alonzo Cruz Tamayo **UACAM**  
Francisco A. Cigarroa Vázquez **Escuela de Estudios Agropecuarios**

## CONSEJO CONSULTIVO

---

REVISTA CHAPINGO SERIE AGRICULTURA TROPICAL  
AÑO 2, VOLUMEN 2, NÚM. 1, ENERO-JUNIO DE 2022

- Roberto González Garduño **URUSSE**
- Ever del Jesús Flores Santiago **URUSSE**
- Gustavo Almaguer Vargas **Departamento de Fitotecnia.  
Universidad Autónoma Chapingo.**
- Martín Gaona Ponce **URUSSE**
- Marcial Castillo Álvarez **URUSSE**
- Guillermo Calderón Zavala **Colegio de Postgraduados**
- Bernardino Ramírez Hernández **URUSSE**
- Ariadna Isabel Barrera Rodríguez **Departamento de Preparatoria Agrícola  
Universidad Autónoma Chapingo**
- Anastacio Espejel García **Departamento de Industrias Agrícolas  
Universidad Autónoma Chapingo**





Revista Chapingo Serie  
**Agricultura Tropical**

## Normas Editoriales

### Instrucciones para el autor Guía de autores (Documento borrador)

Equipo Editorial URUSSE

Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria Sur-Sureste. San José Puyacatengo, Teapa, Tabasco; noviembre de 2020.

#### I. Introducción

La **“Revista Chapingo serie Agricultura Tropical”** es una revista científica fundada en 2020, editada por la Unidad Regional Universitaria Sursureste de la Universidad Autónoma Chapingo con el apoyo de la **Coordinación de Revistas Institucionales** (CORI). Es una revista bilingüe.

La **“Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical”** surge por el interés de dar a conocer los resultados de la labor académica y científica de la URUSSE, que tiene como objetivo central servir como medio de Comunicación para la difusión del conocimiento científico de la Universidad Autónoma Chapingo y de otras instituciones nacionales e internacionales, con el propósito de contribuir al mejoramiento de las actividades agropecuarias y forestales de las zonas tropicales a escala mundial.

Los tiempos actuales reclaman que la Unidad Regional Universitaria SurSureste de la Universidad Autónoma Chapingo dé un salto cualitativo en su quehacer cotidiano y se posicione también como un referente en el campo de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación, y se considera pertinente generar un espacio de comunicación científica como el que pretende ser la Revista **“Chapingo Serie Agricultura Tropical”**. Ser un referente en el ámbito hispanoparlante es uno de sus objetivos iniciales, por lo que se siguen los lineamientos del **Sistema**

**de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología** (SCRMCyT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), así como buscará ser incluida en bases de datos e índices científicos.

La publicación está dirigida a la comunidad científica-académica nacional e internacional, en todos los campos relativos a la producción agrícola, pecuaria y forestal de los trópicos, entre ellos: a) Mejoramiento, b) Recursos Genéticos, c) Nutrición, d) Sustentabilidad, e) Comunicación Rural, f) Innovación en el trópico, g) Aspectos socioeconómicos, h) Cuestiones históricas, i) Enseñanza y extensionismo agrícola en zonas tropicales, j) Políticas públicas y, j) otras a recomendación del Comité Consultivo y Comité Editorial de la Revista.

La revista recibirá colaboraciones originales e inéditas, escritas en español, inglés, francés y portugués y que no se encuentren postuladas (parcial o totalmente) de forma simultánea en otras publicaciones científicas nacionales e internacionales.

#### II. Ética en la publicación

La **Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical** es respetuosa y aplica criterios éticos en todos sus procesos, la mayoría de ellos están normados en los **Lineamientos para el funcionamiento editorial** de la misma, aunado a ello, sigue la **política de ética** del Comité de Ética para Publicaciones (**COPE** por sus siglas en inglés).



### III. Tipos de escritos aceptados

- a) Artículos científicos (por invitación y proposición). Son escritos inéditos, resultado de investigaciones científicas con énfasis en el análisis de la problemática del sector agrícola, pecuario, forestal y socioeconómico.
- b) Nota científica o tecnológica. Comunica resultados de estudios pequeños, hallazgos o resultados preliminares de estudios complejos que aporten conocimientos nuevos o hipótesis
- c) Ensayos. Son escritos breves, originales e inéditos donde el autor o autores dan a conocer su interpretación personal sobre un tema específico.
- d) Revisiones Críticas o Estados del Arte. Son escritos producto de la revisión profunda, amplia y actualizada, con un enfoque crítico, en donde se caracterizan las tendencias analíticas sobre temáticas emergentes en el análisis de lo rural.
- e) Reseñas (por invitación y proposición). Texto que describe o resume los puntos de vista sostenidos en un libro, en el cual el reseñista expone sus puntos de vista de acuerdo o desacuerdo con el autor e invita a la lectura de la obra.

Excepto las reseñas, todos los demás tipos de contribuciones serán sometidos a un proceso de arbitraje (dictaminación o revisión) por pares “doble ciego”.

### IV. Secciones

Agricultura Tropical publicará los escritos en las secciones siguientes:

- Recursos Naturales
- Ciencia animal
- Ciencia agrícola
- Socioeconomía

### V. Modelo general para todas las secciones

Todos los textos postulados a la revista deberán cumplir irrestrictamente las siguientes indicaciones:

#### a) Portada

- Título del texto
- Nombre del autor o autores (identificando autor para correspondencia)
- Institución de adscripción (Universidad, Facultad o Instituto y, Cuerpo Académico o Grupo de Investigación)

- País
- Correo electrónico (autor para correspondencia)
- identificador ORCID
- Sección para la cual se postula el texto
- Fecha de envío

#### b) Formato general del texto

- Tipografía: Times New Roman
- Tamaño: 12 puntos
- Espaciado: 1.5 líneas
- Numeración: Al final de la página.
- Sin encabezados ni marca de agua
- Márgenes: 2.5 cm en los cuatro lados
- Formato: Word 2003-2013 (.doc, .docx). No se aceptarán documentos con otro procesador, excepto los referentes a imágenes, cuadros, figuras, y fotografías.

### VI. Proceso Editorial

**Postulación.** Toda postulación se deberá realizar mediante el uso del Gestor Editorial (Open Journal Systems), a través de este en archivos separados se enviarán la página frontal de la contribución, el cuerpo del texto y, una **carta de postulación**, según el modelo facilitado por la revista, la cual deberá ser firmada por todos los autores. En dicha carta se solicitará la evaluación para su eventual publicación en alguna de las secciones de **Agricultura Tropical**. En ella se deberá expresar explícitamente que se trata de un trabajo inédito, si se ha presentado en algún congreso deberá indicarlo, que se ha enviado únicamente a **Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical** para su evaluación y en su caso su publicación; debe destacar su originalidad y novedad, así como los principales hallazgos, que, a juicio de los actores, tiene el trabajo postulado.

Una contribución se considerará como “previamente publicada” cuando ya se haya difundido en memorias de congreso o cualquier otro evento académico y que cuente con ISSN o ISBN.

Aunado a ello, se deberá anexar una **Carta de Conflicto de Intereses**. En ella los autores deberán indicar explícitamente la existencia o no de conflicto de intereses.

**Recepción.** Al recibirse la postulación el gestor editorial OJS emite automáticamente un correo de recepción firmada por el Editor Principal (EP) de Agricultura Tropical. El EP realizará una lectura del texto para verificar que la contribución cumpla con las normas editoriales y los criterios éticos de la revista, aunado a ello se verificará el contenido con

un software especializado para identificar similitud y plagio. Una vez verificado, se le asignará una clave y se iniciará el proceso de revisión por pares, dicha información se les enviará a los autores vía correo electrónico a través de OJS.

**Revisión por pares.** El Editor Principal enviará el texto postulado al Editor Adjunto (EA) de la sección correspondiente, el cual realizará una nueva revisión y en caso de detectar algún faltante regresará al Editor Principal la contribución. De no encontrar ningún faltante el EA procederá a identificar pares académicos expertos en el objeto de estudio, enfoque metodológico o campo de conocimiento relativo al texto.

En todo momento los diversos actores del proceso de postulación, recepción y evaluación por pares deberán ajustar su actuación a criterios éticos, los cuales se encuentran establecidos en los **Lineamientos Editoriales de Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical**, entre otros documentos.

**Aceptación.** El proceso de revisión y aceptación de trabajos será realizado en un lapso promedio de cuatro meses a partir de la fecha de recepción de la postulación, comprendiendo en este plazo los casos en que el texto haya sido aceptado con modificaciones mayores o menores.

**Corrección.** Una vez aceptado para su publicación el texto será regresado a sus autores para que procedan a realizar los ajustes necesarios requeridos. El cual deberá ser devuelto a través de OJS, en el plazo establecido, en caso de no hacerlo en el plazo establecido se considerará como desistimiento y será dado de baja automáticamente.

**Traducción.** El texto corregido será enviado para la respectiva traducción para que se realice la versión inglesa, dicha versión será enviada a los autores para que hagan las consideraciones pertinentes.

**Pruebas de galeras.** Las versiones en español e inglés serán enviadas en prueba de galeras al autor para correspondencia para que dé su visto bueno final, de no hacerlo en tiempo y forma se considerará que es una afirmativa ficta.

**Acceso abierto.** En caso de que la contribución sea aceptada para su publicación en **Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical**, la misma se hará de acuerdo con las políticas de acceso abierto a las que se adscribe la revista.

## VI. Estructura de los textos

**Título.** Escrito en español e inglés o algún otro idioma en caso de postularse en idioma distinto a dichas lenguas (portugués o francés), con un máximo de 150 caracteres. Que refleje la esencia del trabajo.

**Resumen.** Síntesis del trabajo con una extensión máxima de 250 palabras, la cual debe incluir los aspectos más importantes de la contribución. Debe contener introducción al tema, objetivos, resultados y discusión y conclusiones o hallazgos más importantes. La síntesis deberá ser escrito en el idioma original de la contribución.

**Palabras clave.** Sugerencia de tres a cinco palabras (simples o compuestas) escritas en español e inglés, se debe cuidar que no se repitan las del título. Para ello puede auxiliarse de un tesoro, por ejemplo, el de la **UNESCO**.

**Abstract y Keywords:** Resumen y palabras clave traducidos al inglés, de cualquier manera, el traductor revisará que esté correctamente escrito.

**Introducción.** Debe ser breve, reflejar la importancia del problema investigado, los objetivos del problema tratado. Abordar el “estado del arte”, es decir, es deseable que en él se establezcan los referentes teóricos, los antecedentes bibliográficos, epistemológicos y de otro tipo, que den fundamento a los objetivos y la metodología planteada.

**Enfoque metodológico.** En dicho apartado se describirá de manera puntual lo más relevante y exclusivo sobre la metodología usada (cualitativa o cuantitativa), el por qué la elección de tal metodología, para que en su caso y posibilidad otros investigadores puedan replicar el trabajo de investigación.

**Resultados y discusión.** Es deseable que los resultados obtenidos sean expuestos de manera clara y concisa. Es recomendable contrastar los resultados obtenidos con los de otros trabajos que utilicen similar o diversa metodología. Haciendo patente la confrontación teórica y metodológica y recuperando el “estado del arte” expresado en la introducción y en el apartado de enfoque metodológico. Este es un componente muy importante del artículo, ya que es donde se desarrollan las aportaciones científicas y en su caso, metodológicas del artículo en cuestión. Se invita a los autores a desarrollar este apartado de resultados y discusión mediante subtítulos que hagan amena la lectura e inviten al lector a la reflexión.

**Conclusiones o hallazgos.** En este apartado es recomendable que los artículos contengan aseveraciones basadas en los resultados reportados y que sea visible la concordancia con los objetivos del trabajo. También se pueden incorporar reflexiones sobre las dificultades enfrentadas durante la realización del trabajo.

**Referencias y citas.** Se deben incluir únicamente aquellos materiales que se citaron en el texto, el cual se debe elaborar en el formato APA 6.

Es opcional el uso de los encabezados: enfoque metodológico y resultados y discusión; se acepta que puedan usarse otros encabezados siempre y cuando los autores hagan claridad que se refiere a los mismos.

**Agradecimientos.** Reconocimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, entre otros, que los autores consideren proveyó apoyo o colaboró en forma importante en el desarrollo del estudio. Los autores la enviarán una vez que la contribución haya sido aceptada.

**Declaración de conflictos de intereses.** Es el señalamiento explícito a través del cual se expresa la posible existencia durante el proceso de la investigación reportada.

**Consentimiento informado.** En caso de que en el texto se utilicen testimonios, entrevistas, imágenes fotográficas, la utilización de los mismos, deberán estar respaldados por un documento formal de autorización de uso, con la plena garantía del anonimato, excepto cuando se presente un documento que exprese lo contrario.

## VII. Formato

### a) Extensión por tipo de contribución

Los artículos tendrán una extensión máxima de 6,000 palabras, incluyendo cuadros, figuras, referencias bibliográficas.

Los ensayos tendrán una extensión de 5,000 palabras, incluyendo cuadros, figuras, referencias bibliográficas.

Las notas científicas o tecnológicas tendrán una extensión de 4,500 palabras, incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas.

Las reseñas de libro una extensión de 1,300 palabras, sin cuadros, figuras y referencias bibliográficas. Deberán contener en la primera página en la parte superior la referencia completa del libro reseñado, el autor debe hacer el esfuerzo para destacar sus puntos de vista con el del autor del libro en cuestión.

### b) Fórmulas, imágenes y cuadros

En caso de que en el texto se usen fórmulas matemáticas deberán ser elaboradas con el editor de ecuaciones de Word en Times 12 puntos. En el caso del uso de cuadros se escribirá un título corto y preciso, comenzando con la palabra Cuadro con la letra inicial en mayúscula, seguida del número arábigo correspondiente consecutivo. Los cuadros únicamente contarán con tres líneas horizontales principales: arriba, abajo del título del cuadro, abajo del nombre que identifica a cada columna y abajo como cierre del cuadro, antes de la referencia a la fuente. No deben insertarse líneas verticales. Los cuadros deberán ser construidas en Word, no deben usarse tabuladores o líneas realizadas con la herramienta de dibujo del mismo software.

Las figuras (gráficas o imágenes) pueden integrarse al texto o enviarse por separado, en cuyo caso se deberá indicar el sitio de inserción, deberán cumplir con las siguientes características: resolución de 300 ppp; tamaño de 945 x 945 píxeles en formato JPG o TIFF; en caso de usar texto, deberá ser Times New Roman de 8 puntos, completo y legible. En caso de usar imágenes con derechos de autor los autores serán responsables de contar con la autorización para su uso.

Es probable que por consideraciones estrictamente estéticas derivadas del diseño editorial las figuras puedan ser reducidas de tamaño. Toda figura deberá ser diseñada en Word, estar agrupada y no deberá tener adiciones de ningún tipo, a través del uso de herramienta de dibujo, letras, símbolos y líneas; de existir dicha necesidad, la imagen debe agruparse como una sola y ser guardada como imagen con la resolución mínima ya indicada anteriormente. Los autores autorizan al Editor Principal a proponerles soluciones gráficas alternativas.

En la parte superior derecha deberá colocarse la leyenda "Figura" con mayúscula en la letra inicial, seguida del número arábigo consecutivo correspondiente y un texto breve que cuente con la información suficiente y necesaria para comprenderla, debe entenderse con la información mínima necesaria, dicha información podrá indicarse en el cuerpo del texto, además que en el cuerpo del texto deberá hacerse alusión a la figura. El título de esta, no deberá ser parte de la figura.

En el cuerpo de la figura se deben representar los números y símbolos necesarios, en caso de ser necesario se deberá aclarar su significado en una nota al pie de la figura, colocada inmediatamente después de la fuente.



LA EDICIÓN DE ESTE NÚMERO  
ESTUVO A CARGO DE LA  
COORDINACIÓN DE REVISTAS  
INSTITUCIONALES  
DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

JUNIO, 2022