



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**EFFECTO DE ACOLCHADOS ORGÁNICOS EN
LA TEMPERATURA DEL SUELO Y EL
RENDIMIENTO DE DOS CULTIVOS EN
HUERTOS FAMILIARES**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

**P R E S E N T A:
MOISÉS ALEJANDRO GARCÍA BONOLA**

ASESORA: DRA. MARTHA ELENA DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ
COASESORA: DRA. ELISA DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la: **Tesis**

Efecto de acolchados orgánicos en la temperatura del suelo y el rendimiento de dos cultivos en huertos familiares

Que presenta el pasante: **Moisés Alejandro García Bonola**
Con número de cuenta: **414086344** para obtener el Título de: **Ingeniero Agrícola**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de Abril de 2022.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q. Celia Elena Valencia Islas	
VOCAL	M. en C. Juan Roberto Guerrero Agama	
SECRETARIO	Dra. Martha Elena Domínguez Hernández	
1er. SUPLENTE	Ing. Priscila Anaid Rivera Cruz	
2do. SUPLENTE	Ing. Fernando Ortiz Salgado	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

MCVB/ntm*

AGRADECIMIENTOS

A cada persona que participo en este laborioso trabajo quiero decirle gracias, a Landy Macías y Miriam Hernández por impulsarme durante todo el camino, gracias por regañarme y por cuidarme, por consolarme y desvelarse conmigo gracias por ser genuinas y dar sin esperar recibir, a la valiosa Profesora Martha que me dio dirección y su apoyo en todo tiempo y a toda hora, gracias porque desde lejos me impulso a seguir adelante , gracias a los grandes académicos Cuervo Usan y Roberto G. Agama que me brindaron su mano cuando la necesite, gracias. Y no podría mencionar a cada persona que me inspiro e impulso a terminar este trayecto con este trabajo, solo puedo decir gracias.

Pero por sobre todas estas personas quiero agradecer a mis hermanos y hermanas en la carne, a mi mama y a mi padre que dio su fuerza y su trabajo para que yo tuviera estudios universitarios, solo quiero que sepan que gracias a su cansancio, a su sudor, gracias a que salía temprano a trabajar y a veces sin desayunar, sin dinero o sin ganas, se esforzó por que yo terminara esta carrera, solo puedo decir gracias.

Querido Pa lamento infinitamente que te hayas marchado sin haber visto que tu esfuerzo valió la pena y floreció en mi vida, lamento que te hayas marchado sin darme un abrazo al ver el título en mis manos, lamento que ya no estas hace dos años, sobre todo lamento que ya no estas para compartir el resultado.

Querida Ma gracias por levantarte temprano, por hacerme de desayunar y por despertarme, gracias por ser tu quien en medio de la discusión llegaba a un común acuerdo para poder continuar estudiando, de verdad gracias por darme una mano y un abrazo, gracias por tus llamadas y por tus cuidados, mereces más que una tesis, pero es una buena oportunidad para recordarte que te amo

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	2
Objetivos específicos	2
1. MARCO DE REFERENCIA.....	3
1.1 Huertos familiares	3
1.1.1 Limitantes	7
1.1.2 Oportunidades.....	8
1.2 Propiedades del Suelo	9
1.2.1 Temperatura del Suelo.....	9
1.3 Acolchados usados en horticultura	10
1.3.1 Acolchados orgánicos.....	11
1.3.1 Aserrín	12
1.3.2 Acolchado geotextil.....	13
1.3.2 Acolchados inorgánicos.....	13
1.3.3 Acolchado plástico	13
1.3.4 Arena	14
1.4 Efectos del acolchado en las propiedades físicas y químicas del suelo.....	15
1.4.1 Humedad y temperatura.....	15
1.4.2 Salinidad	16
1.5 Efectos del acolchado en el rendimiento de los cultivos	17
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	19

2.1	Contexto físico.....	19
2.2	Diseño del experimento	20
2.3	Monitoreo de temperatura del suelo.....	21
2.4	Rendimiento.....	24
2.5	Análisis de datos	24
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.1	Temperatura del suelo.....	25
3.1.1	Profundidad 5 cm.....	28
3.1.2	Profundidad 12 cm.....	30
3.1.3	Profundidad 24 cm.....	32
3.1.4	Oscilación térmica	33
3.2	Rendimiento.....	33
3.2.1	Calabacita	34
3.2.1	Quelite	35
3.2.2	Brócoli	37
3.2.3	Lechuga	38
3.3	Relación entre tipo de acolchado, temperatura y rendimiento.....	39
4	CONCLUSIONES.....	41
5	REFERENCIAS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes formas que puede tener un huerto familiar para la producción de hortalizas..	11
Figura 2. Beneficios agroecosistémicos de los huertos familiares. Fuente: Domínguez Hernández (2020)	13
Figura 3. Diferentes beneficios del uso de acolchados. Fuente: Domínguez Hernández (2020)	18
Figura 4. Ubicación geográfica de Ahuazotepec, Puebla.....	28
Figura 5. Acolchados en los mini-huertos.....	29
Figura 6. Controlador Arduino para sensores de temperatura.....	31
Figura 7. Colocación de sensores en campo y detalle del dispositivo para colecta de datos.....	32
Figura 8. Temperatura promedio del suelo con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla (n=4320 por tratamiento).....	35
Figura 9. Precipitación y temperaturas máximas y mínimas del aire registradas en los mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla durante el periodo de estudio.	36
Figura 10. Muestra mensual de la variación de la temperatura promedio (n=10800) del suelo en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla a 5, 12 y 24 cm de profundidad	37
Figura 11. Temperatura promedio del suelo a 5 cm con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla.	38
Figura 12. Perfiles térmicos diarios a 5, 12 y 24 cm del suelo cubierto con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla. Las temperaturas mostradas son promedios de las mediciones realizadas por tratamiento (n=1440 por profundidad).....	39
Figura 13. Temperatura promedio del suelo a 12 cm con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla.	41
Figura 14. Temperatura promedio del suelo a 24 cm con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla.	42
Figura 15. Rendimiento de calabacita en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.	44

Figura 16. Plantas de calabacita con síntomas de enfermedad viral en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.	45
Figura 17. Rendimiento de Quelite en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla	46
Figura 18. Rendimiento de brócoli en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.....	47
Figura 19. Rendimiento de lechuga en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.....	48

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con estimaciones de la FAO, se prevé que la población mundial aumente en más de un tercio (2,300 millones de personas) entre 2009 y 2050 (FAO, 2002), este incremento sugiere escasez de alimentos debido a la conversión de tierra agrícola en urbana y a la degradación de los suelos. La agricultura es la principal fuente de ingresos y de trabajo para el 70 % de la población rural, pero el agotamiento y la degradación del suelo y del agua podrían afectar la producción de alimentos y el sustento de estas personas, además de poner en peligro la alimentación de y las necesidades de la población urbana (Banco Mundial, 2012). En el mundo hay alrededor de mil millones de personas en pobreza extrema, 750 millones dependen directamente de la agricultura para subsistir; entonces, la tendencia que tenga la seguridad alimentaria en el mundo dependerá de las afectaciones que el cambio climático y los conflictos sociales y económicos de cada región, tengan en la agricultura (FAO, 2016).

El suelo es la capa superior de la corteza terrestre, contiene nutrientes esenciales que permiten el crecimiento y desarrollo de las plantas; un suelo promedio contiene 45 % de materiales minerales, 5 % de materiales orgánicos, 25 % de aire y 25 % de agua; el estudio las propiedades físicas y químicas del suelo permiten establecer prácticas de manejo que mantengan y/o mejoren la fertilidad del suelo para hacerlo más productivo (Biondo y Lee, 1997; Roy et al., 2010; Gliessman, 2015).

Las propiedades físicas del suelo tienen efectos importantes en su conformación física y en la actividad microbiana; mientras que, las propiedades químicas de los suelos afectan el crecimiento de las plantas debido a que tienen influencia tanto en la actividad microbiana como en la disponibilidad de nutrientes. La capacidad de retención de agua y nutrientes de un suelo afecta el crecimiento de las plantas y microorganismos y está influenciada por las características de las partículas que predominan en la fracción mineral (textura) y en su contenido de materia orgánica; los suelos con alto contenido de arcillas y materia orgánica tienen mayor capacidad de intercambio catiónico y de retención de humedad (Coleman, Crossley y Hendrix, 2004).

En sistemas de producción como los huertos de traspatio, los principales problemas de manejo cuando se trabaja con un enfoque agroecológico son el control de maleza y la

incidencia de plagas; por ello, se evaluó la práctica de acolchado, que consiste en la aplicación de capas de diversos materiales para cubrir el suelo, con el objetivo de limitar el crecimiento de maleza, disminuir la incidencia de plagas y enfermedades, la pérdida de agua, así como conservar la estructura del suelo y modificar su microclima. En particular, se evaluó el efecto sobre la temperatura del suelo y el rendimiento de diferentes cultivos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar experimentalmente el efecto de diferentes acolchados orgánicos e inorgánicos sobre la producción en huertos de traspatio, estableciendo una relación entre el rendimiento y la temperatura del suelo, con la finalidad de seleccionar la mejor opción de control de maleza en la comunidad de estudio.

Objetivos específicos

- Monitorear, con el uso de sensores, la temperatura del suelo cubierto con acolchados orgánicos o inorgánicos en huertos de traspatio determinando su variación en tres diferentes profundidades (5, 12 y 24 cm).
- Cuantificar el rendimiento de calabacita y quelite cultivados determinando diferencias generadas por el uso diferentes acolchados orgánicos e inorgánicos (estiércol, aserrín, arena o plástico).
- Definir la relación que existe entre la temperatura del suelo y el rendimiento de las dos especies vegetales evaluadas, a través de un estudio estadístico, con la finalidad de identificar el tipo de acolchado que potencialice la producción de huertos familiares en Ahuazotepec, Puebla.

MARCO DE REFERENCIA

1. MARCO DE REFERENCIA

1.1 Huertos familiares

La producción de alimentos en terrenos que se encuentran adyacentes al hogar como traspatios, solares o huertos familiares se practica desde hace siglos (Niñez, 1987). Los huertos latinoamericanos evolucionaron a partir de una variedad de influencias étnicas de la época precolombina y siguen siendo importantes para la subsistencia y la generación de ingresos. Los mayas desarrollaron huertos mixtos perennes en áreas semisecas, huertas entre los pueblos indígenas y jardines flotantes en pantanos, mientras que los mexicas desarrollaron los sistemas de chinampas para cultivar sus alimentos. Las influencias de la horticultura Africana fueron traídas al Caribe por esclavos; para quienes los huertos eran una fuente esencial de alimento (Landon-Lane, 2005). En la Figura 1 se observan algunas de las diferentes configuraciones que pueden tener los huertos familiares.

Los huertos familiares, traspatios, chakras o solares son sistemas de un pequeño tamaño que contienen una gran diversidad de especies, animales y vegetales, adaptadas a las condiciones climáticas locales (Galhena, Freed and Maredia, 2013). La diversidad de las necesidades del hogar se refleja en los huertos familiares, que pueden incluir alimentos básicos, frutas, verduras, materiales, condimentos, estimulantes y plantas medicinales De acuerdo con Landon-Lane (2005), los huertos familiares se desarrollan y mantienen con diferentes objetivos:

- Suministrar alimentos nutritivos y algunos básicos durante todo el año, incluidas hierbas comestibles, pescado, aves de corral, frutas y recursos especiales de reserva de alimentos como raíces, árboles y ganado.
- Generar ingresos por la venta de productos de la huerta; las ventas y el valor agregado pueden contribuir sustancialmente a los ingresos de una familia.
- Apoyar importantes actividades de desarrollo agrícola; algunos insumos agrícolas provienen de actividades de huertos familiares, como la propagación de plantas, la cría y alojamiento de animales de tiro y la fabricación y reparación de herramientas.
- Los nuevos cultivos y técnicas agrícolas a menudo se prueban en el huerto de la casa, que también es un área para secar, procesar y almacenar productos agrícolas.

- Brindar un ambiente saludable, confortable y estético. Un huerto familiar productivo puede contribuir al reciclaje y la gestión segura de los desechos domésticos mediante el compostaje o como alimento para animales, utilizando aguas residuales y proporcionando un lugar para una letrina. Los huertos pueden ser ornamentales y ofrecen privacidad, sombra y flores para el disfrute de la familia y sus visitantes.



Huerto en camas elevadas



Solar en zona tropical



Mini huerto en materiales reciclados



Mini huerto vertical con materiales reciclados

Figura 1. Diferentes formas que puede tener un huerto familiar para la producción de hortalizas.
Fuente: Azul viviente huertos urbanos, 2019.

El traspatio puede considerarse como un agroecosistema tradicional, manejado por los integrantes del hogar, quienes establecen relaciones con los diversos elementos bióticos y abióticos que los conforman y rodean (Gliessman, 1990). Los huertos familiares ofrecen

muchos servicios ecosistémicos como la conservación del suelo y agua, la retención de carbono y la conservación de la biodiversidad. Estos agroecosistemas son, además, repositorios de conocimiento humano e identidad cultural, ya que es común que se produzcan plantas con usos medicinales, ornamentales o religiosos, por lo que su valor va más allá de los bienes que producen (Buchmann, 2009). En la Figura 2 se puede observar un esquema de los diferentes beneficios que proveen los huertos familiares.

Las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) revelan que la agricultura en pequeña escala constituye un medio para vencer al hambre para más de 750 millones de personas desnutridas en zonas rurales (FAO, 2014). Estudios realizados por la FAO indican que la población en condiciones de pobreza utiliza cada vez más los huertos como estrategia contra el incremento de precios en los alimentos y para reducir la dependencia de los alimentos importados. Además, en la mayoría de los países en desarrollo, las mujeres se encargan de manejar los sistemas de traspatio como huertos y ganado, por lo que entre los beneficios sociales de la mejora de la producción se puede incluir la mejora de su condición, la generación de ingresos monetarios y el empoderamiento femenino (Galhena, Freed y Maredia, 2013).

Herrero *et al.* (2017) estimaron que los agroecosistemas integrados de pequeño tamaño son responsables por la producción de alimentos básicos en el mundo: con hasta el 77% de cereales, tubérculos y vegetales; y el 48% de alimentos de origen animal. Además, la producción de los huertos se considera complementaria en términos de ingreso y consumo (Marsh, 1998; Galhena, Freed y Maredia, 2013). Los estudios realizados en muchas islas sugieren que los pobres utilizan cada vez más los huertos como estrategia contra la inflación de los alimentos resultante de la gran dependencia de los alimentos importados. Herrero *et al.* (2017) también encontraron que los agroecosistemas diversificados generan más de la mitad de los nutrientes para alimentación humana, aportando carbohidratos, grasas y proteína, así como una gran variedad de micronutrientes como el zinc, hierro y ácido fólico, además de vitaminas como la A y la B12.

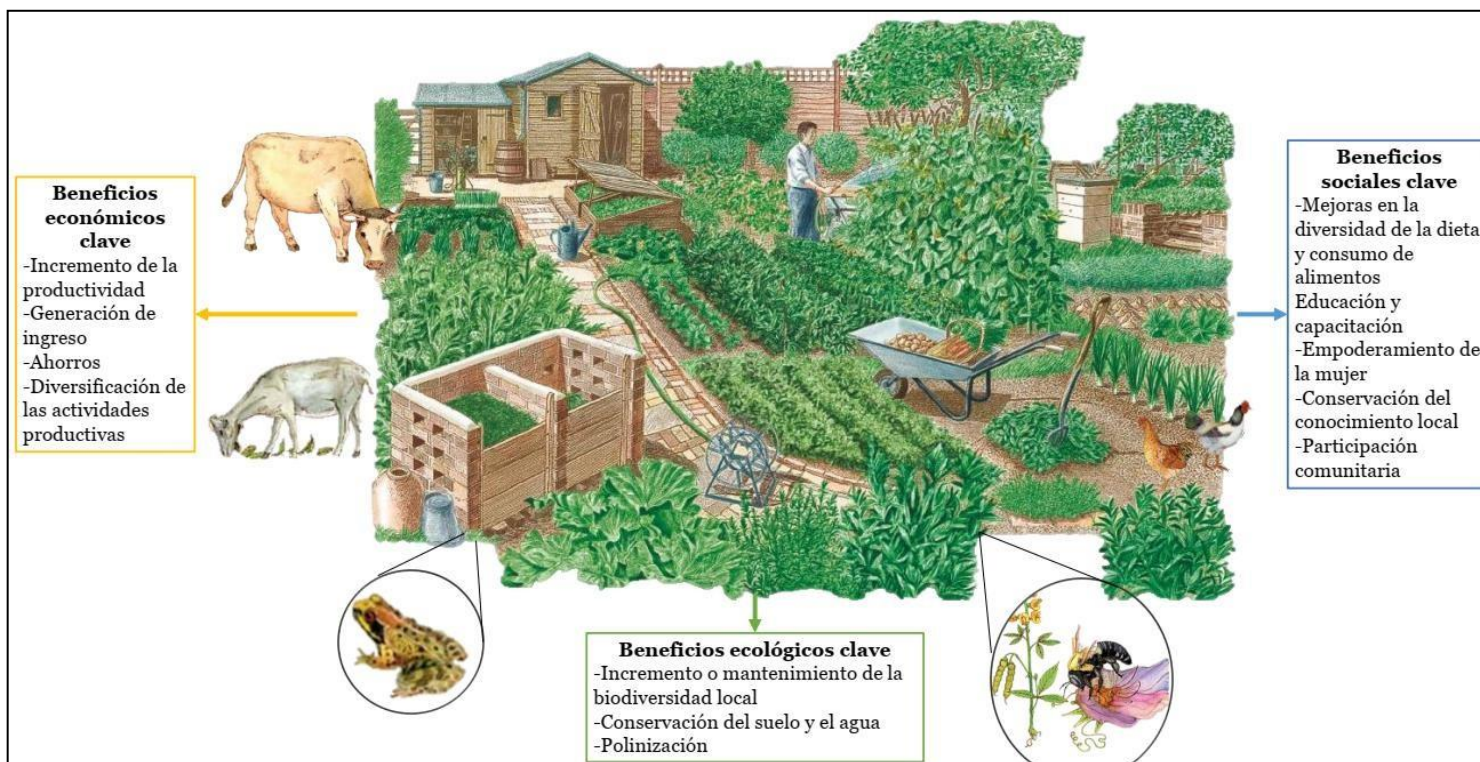


Figura 2. Beneficios agroecosistémicos de los huertos familiares. Fuente: Domínguez Hernández (2020).

Esto coincide con lo reportado por Rapsomanikis (2015), quien indica que los terrenos dedicados a los huertos y traspatios en países en desarrollo tienen una gran diversidad en áreas de cultivo muy pequeñas: más de 12 especies útiles en Bolivia (0.89 ha), más de 11 en África (0.47 ha) y una multitud de árboles y plantas en el Sudeste Asiático (0.55 ha). Por ejemplo, en los Andes, en los huertos se plantan cultivos como papas, cebollas, ajos, tomates, acelgas, frijoles y maíz para el consumo y la venta durante todo el año; mientras que pequeñas especies animales como los cuyos y los conejos son fuente de proteína. Estas chakras proporcionan alimento durante los períodos de escasez antes de la cosecha mayor y suministran semillas para papas y cereales. En México, una encuesta realizada por Domínguez-Hernández E. (2020) mostró que el 60% de las amas de casa de Ahuazotepec, Puebla, reportaron que en sus traspatios producen frutas y verduras o hierbas para autoconsumo, tales como: nopal, chilacayote, epazote, chayote, pera, manzana, capulín, durazno y ciruela, que contribuyen a la dieta durante la primavera y el verano, pero no todo el año.

1.1.1 Limitantes

Los huertos familiares, desafortunadamente, pueden no ser muy productivos debido a diversos factores. En la encuesta mencionada, las amas de casa de Ahuazotepec señalaron que los vegetales de traspatio se cultivan desordenadamente en parcelas aisladas o dispersas, con nula inversión de recursos, sin el cuidado agrícola adecuado (fertilización, riego, control de plagas y malezas, por lo tanto, tienen bajos rendimientos (Domínguez Hernández, 2020).

En muchas ocasiones los huertos familiares son poco eficientes, esto se vuelve evidente cuando se compara la utilización de insumos con la de agricultura a mayor escala: la falta de capacitación provoca que los sistemas de traspatio utilicen una mayor cantidad de semillas y fertilizantes, sin que esto garantice rendimientos más altos (Rapsomanikis, 2015). Además, este tipo de agroecosistemas se caracterizan por la baja disponibilidad de recursos para comprar agentes o contratar mano de obra que ayuden en el manejo y control de maleza, lo que reduce la productividad del sistema aún más (Affholder *et al.*, 2013).

Otra de las limitantes para la implementación y continuidad de la producción en huertos familiares es la poca planeación y el empleo de mayor tiempo y esfuerzo para realizar

actividades agrícolas (p. ej. deshierbe manual, riego, labranza), lo cual puede generar una mayor carga laboral e incluso disgusto entre los horticultores (Mullins *et al.*, 1996; Jones *et al.*, 2012; Osei *et al.*, 2017). Además, si se recurre a la utilización de herbicidas y fertilizantes químicos, es posible que este tipo de agroecosistemas contribuyan a graves problemas ambientales como contaminación de suelo y agua, residuos en los vegetales cosechados, así como padecimientos de salud pública y pérdida de fertilidad de suelo (Pimentel and Peshin, 2014).

1.1.2 Oportunidades

Existen muchos problemas de salud en México. El porcentaje de la población adulta con sobrepeso y obesidad pasó de 56 % en 1990, hasta 69.3% en 2013, mientras que, en niños, estas condiciones pasaron de 23.5 % a 28.8 % en el mismo periodo (Ng *et al.*, 2014). La razón de esto es que actualmente la población ingiere una mayor cantidad de alimentos y bebidas altos en energía y baratos, mientras que el consumo de alimentos sanos como carne, vegetales y frutas ha disminuido (Mundo-Rosas *et al.*, 2014; Romo-Aviles and Ortiz-Hernández, 2018).

Entonces, una forma de mejorar la salud de la población es aumentar el consumo de vegetales y otros alimentos ricos en micronutrientes. Consumos mayores de vegetales pueden mejorar el crecimiento y desarrollo de niños y disminuye riesgos de enfermedades cardiovasculares, cáncer, obesidad y diabetes (Perichart-Perera *et al.*, 2010; Davis *et al.*, 2011).

Para incrementar el consumo de vegetales en el hogar se pueden aprovechar los agroecosistemas de traspatio, como los huertos familiares o solares, que ya existen en gran parte del país. En países como Camboya, Filipinas y Bolivia, muchas intervenciones hortícolas de traspatio han sido diseñadas con el objetivo de incrementar la producción de vegetales y han demostrado que la alimentación diaria de niños y mujeres embarazadas se enriqueciera con los productos cultivados (Miura, Kunii and Wakai, 2003; Jones, 2015; Olney *et al.*, 2015). Además, las mejoras en la productividad también pueden generar beneficios económicos como el ahorro en la compra de alimentos y el incremento del ingreso por venta de hortalizas en los mercados locales.

1.2 Propiedades del Suelo

El suelo es considerado uno de los recursos más importante que proporciona la naturaleza ya que en él crecen y desarrollan diferentes organismos como las plantas silvestres o domesticadas. Es importante mantener la fertilidad (física, química y biológica) del suelo ya que esto tiene influencia directa en el rendimiento y calidad de los cultivos. En los sistemas de producción se requiere que el suministro de nutrientes se realice en la etapa fenológica adecuada ya que de esto dependerá una producción exitosa.

El suelo es considerado una estructura trifásica (sólida, líquida y gaseosa) estas fases pueden ser definidas como componentes individuales aunque interactúen estrechamente para conferir a cada suelo las características físicas, químicas y biológicas que presentan de forma particular (Bockheim et al, 2005).

En el suelo ocurren numerosas interacciones dinámicas entre los componentes orgánicos e inorgánicos; desde el punto de vista agrícola, la importancia de estas interacciones radica en que, junto con las propiedades físicas, químicas y biológicas, determinan la fertilidad de los suelos (Montenegro y Malagón, 1990).

Las variaciones climáticas, la altura sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, son algunos factores indirectos que generan estabilidad o inestabilidad en la conformación física del suelo modificando la estructura, textura, densidad aparente y la distribución y tamaño de los poros lo que afecta las condiciones hídricas, térmicas, mecánicas y de aireación del suelo, e influyen directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sellés et al., 2012).

1.2.1 Temperatura del Suelo

El suelo recibe las radiaciones procedentes del sol y se calienta, su temperatura depende de cómo lleguen las radiaciones a la superficie (humedad atmosférica, nubosidad, precipitaciones, vientos, topografía y cobertura vegetal) y de cómo el suelo las asimile (humedad, color, calor específico, conductividad, entre otras). La temperatura del suelo está directamente relacionada con la temperatura del aire atmosférico de las capas próximas al suelo, está sometida a cambios estacionales y diurnos, estas oscilaciones se van amortiguando hacia los horizontes profundos (Ibáñez, 2008).

La distribución de la temperatura con la profundidad constituye el perfil térmico, la temperatura del suelo a 50 centímetros de profundidad es equivalente a la del aire atmosférico más 1 grado centígrado (Ibañez, 2008). El desarrollo de las plantas, la velocidad de descomposición de los desechos orgánicos y otros procesos químicos, físicos y biológicos que suceden en el suelo se ven afectados y son modificados por la temperatura, entonces comprender el calentamiento y enfriamiento de los suelos ayuda a predecir la duración de los periodos de crecimiento de las plantas, el tipo de flora y fauna que puede vivir en ese suelo.

La temperatura del suelo es un parámetro físico que determina la velocidad de descomposición (tasa de descomposición) de la materia orgánica presente, y el tipo de fauna y flora microbiana que pueda haber en el suelo; cuanto más estable es la temperatura del suelo, más estable es la flora y las comunidades microbianas en el suelo, y mejor es la adaptabilidad, que es una de las influencias directas en la velocidad de descomposición (Lizeaga, *et al.*, 1992).

Las semillas y plántulas de hortalizas requieren temperaturas mínimas del suelo para germinar y crecer. La temperatura ideal u óptima del suelo para plantar y cultivar hortalizas de 18 a 24 ° C (Seymour 2016).

1.3 Acolchados usados en horticultura

Tomando lo anterior en consideración, existe la necesidad de intensificar la producción de hortalizas utilizando prácticas sustentables y limpias para el manejo de plagas y malezas, a fin de aumentar la disponibilidad, el acceso y el consumo de hortalizas seguras y nutritivas

a nivel familiar y lograr una mejora en la nutrición, aún en poblaciones pobres (Keatinge *et al.*, 2011; Pimentel y Peshin, 2014; Schreinemachers, Simmons y Wopereis, 2018).

El acolchado o cubierta del suelo es una práctica utilizada desde hace muchos años por los agricultores con la finalidad de proteger los cultivos y el suelo de diferentes agentes perjudiciales (Figura 3); utiliza diferentes materiales orgánicos e inorgánicos de origen natural o sintéticos; que pueden brindar protección contra la erosión, regular la entrada y

salida del agua, controlar la presencia de maleza y ejercer una acción en el control de la temperatura del suelo (Amezquita, 1994; Rose y Smith, 2001).

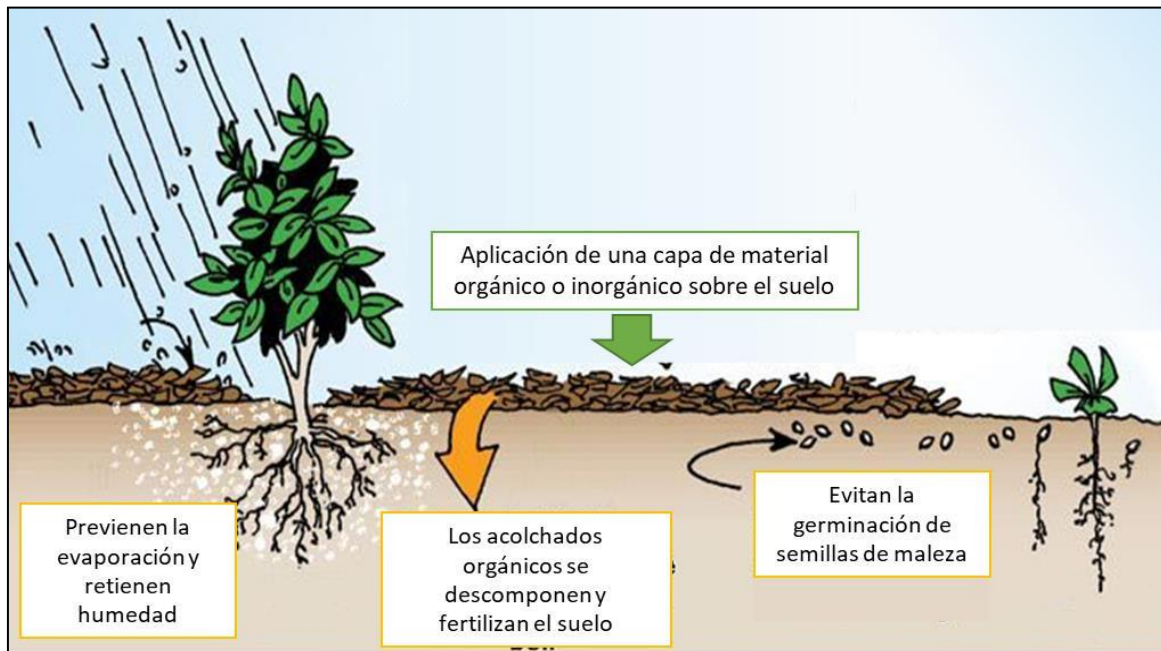


Figura 3. Diferentes beneficios del uso de acolchados. Fuente: Domínguez Hernández (2020).

El acolchado, es una barrera entre el suelo y la parte aérea de la planta, evita el contacto de los órganos aéreos con el suelo (Rahman et al., 2006); puede contribuir a reducir o evitar la salinidad disminuyendo la evaporación (Unger, 2001), ayuda a fijar en el suelo el nitrógeno atmosférico, cuando se trata de coberturas vivas de leguminosas (Hartwig y Ammon, 2002); disminuye los problemas asociados a plagas (Walters, 2003), y acelera los procesos de maduración en campo e incrementa la producción y la calidad de los productos cosechados (Nigouajio et al., 2008).

1.3.1 Acolchados orgánicos

El uso de materiales orgánicos ha estado asociado a las actividades agrícolas desde sus inicios, está directamente relacionado con la fertilidad y productividad del suelo cultivado. Cubrir con materiales orgánicos favorece el desarrollo y la actividad de los microorganismos en el suelo, y también ayuda a mantener una temperatura constante para asegurar sus actividades (Infante, 2004).

La dinámica de los procesos de descomposición de los materiales orgánicos, su acción residual y el aporte de elementos fertilizantes dependen de un conjunto de variables, tales como la naturaleza del producto, las características del suelo, las poblaciones de organismos y su actividad, así como las condiciones climáticas (Matheus *et al.*, 2007).

A pesar de que existen muchas ventajas al usar los acolchados orgánicos, es necesario renovarlos periódicamente porque se descomponen y acaban perdiendo sus efectos beneficiosos (Haynes, 1980).

Los materiales usados como acolchados orgánicos provienen de restos animales o vegetales (vivos o muertos), que se forman naturalmente o son aplicados a la superficie del suelo sin ser incorporados al mismo, se han utilizado diferentes materiales como acolchados, entre ellos residuos de cosecha, (Henríquez Henríquez, 2014), estiércol, composta, turba, astillas o virutas de madera, hojas de pino, corteza, cascarilla de cacao, virutas de madera, paja de diferentes granos, y residuos vegetales. Estos materiales se descomponen con el tiempo, aportando materia orgánica al suelo (Zribi *et al.*, 2011; Zribi, 2013).

Los componentes de acolchados orgánicos o biodegradables son derivados de materiales vegetales. Estos se descomponen con el tiempo, incorporando materia orgánica al suelo, ayuda al progreso y actividad de los microorganismos del suelo, y favorece una temperatura constante para asegurar su actividad (Infante, 2004).

1.3.2 Aserrín

Este tipo de acolchado se crea a partir de los derivados de la madera, principalmente provenientes de lugares como aserraderos, barracas y talleres de carpintería, estos establecimientos generan esta clase de desechos, popularmente conocidos como aserrín. Este es un excelente ingrediente para la elaboración de acolchados orgánicos, sin embargo, sus características dependerán del árbol del que se origina; el pino, por ejemplo, es una madera muy rica en acidificantes y trementina, así que será necesario definir si el cultivo será beneficiado por este tipo de acolchado (Agroware, 2016).

El aserrín no es considerado el acolchado más idóneo, sin embargo, es posible utilizarlo en zonas con disponibilidad, es recomendable utilizar el que proviene de maderas no tratadas (Santa Cruz, 2016).

1.3.3 Acolchado geotextil

El geotextil se define como un material polimérico (sintético o natural) permeable que puede ser tejido o no tejido (BOE, 2002). Los geotextiles se caracterizan por una amplia gama de usos, pueden ser de separación, filtración, drenaje, refuerzo, contención de fluido/gas, control de erosión o protección; en algunos casos los geotextiles pueden cumplir simultáneamente varias funciones (Zribi *et al.*, 2011)

El uso de geotextiles de polipropileno como cobertura o acolchado del suelo busca características diferentes al polietileno negro, pues en estos pueden penetrar el agua y el dióxido de carbono además de que su biodegradación natural, es una gran ventaja medioambiental (Romero-Rodríguez, *et al.* 2016).

1.3.4 Acolchados inorgánicos

Los materiales inorgánicos incluyen varios tipos de piedras (piedra volcánica, gravas, arena) así como materiales plásticos, entre otros, en general estos acolchados tardan mucho tiempo en descomponerse, por lo que no necesitan ser renovados con frecuencia; los acolchados inorgánicos de materiales plásticos son los más utilizados en el cultivo de hortalizas (Zribi W. (2013).

Las propiedades físicas de los acolchados inorgánicos. Dependen del tipo de polímero, la fabricación proceso, así como en las sustancias añadidas durante la producción (estabilizadores, activadores, portadores, tintes, cargas, etc.). Estos últimos también se añaden a menudo a polímeros biodegradables para mejorar sus propiedades físicas y acelerar la degradación (Vieira *et al.*, 2011).

1.3.5 Acolchado plástico

En Estados Unidos las películas plásticas se utilizaron como acolchado por primera vez en la década de los cincuenta en algunas investigaciones universitarias y fueron utilizadas comercialmente para la producción de hortalizas desde principios de la década de 1960, actualmente, las películas de plástico son utilizadas en diferentes sistemas y condiciones climáticas (Kasirajan y Ngouajio, 2012).

Los plásticos empleados como acolchados en suelos agrícolas son principalmente polímeros de polietileno de baja densidad, se han usado tanto plásticos transparentes

como de color, siendo el negro/plata uno de los más comunes. Hernández (1992) atribuye al acolchado plástico las siguientes características:

- a) Optimización del proceso fotosintético debido a una mayor apertura estomática.
- b) El crecimiento de las plantas se favorece por un mayor potencial de agua en las hojas.
- c) La temperatura de las hojas se mantiene estable evitando el sobrecalentamiento que afecta el desarrollo del cultivo en general.
- d) Promueve la elongación y el crecimiento celular debido a una mayor presión deturgencia en el interior de las células.

Los acolchados plásticos son los más utilizados por ser económicos, pero su uso intensivo produce contaminación de los suelos por la alta estabilidad y persistencia de sus residuos; por esta razón, el plástico está siendo sustituido por materiales orgánicos biodegradables como la paja, la corteza de pino, el papel, o por materiales geotextiles o de tipo mineral como las arenas (Zribi *et.al.*, 2011).

1.3.6 Arena

En general, este tipo de acolchado se utiliza como una forma de reducir la evaporación de agua y minimizar las fluctuaciones de temperatura. También se ha reportado que el uso de arena incrementa la reflectancia de luz, lo cual puede mejorar la fotosíntesis y mejorar el ambiente de luz (Lorenzo *et al.*, 2018).

Las arenas naturales son partículas de menos de 3mm de diámetro y se puede clasificar en arena gruesa, media y fina; las arenas naturales se originan por proceso geológico, como el arrastre o transporte de las rocas por el agua y/o el viento que las fragmenta y produce que tiendan a redondearse, lo cual la hace más manejable, al perder sus aristas, disminuyendo su área específica (cantidad de área expuesta entre el peso de las partículas), y por tanto su absorción de agua sea menor. Para la obtención de estas arenas naturales es necesario usar implementos mecánicos para separarlas de los fragmentos gruesos, no afectar su tamaño y así facilitar su obtención y producción (Ramírez, 2010).

1.4 Efectos del acolchado en las propiedades físicas y químicas del suelo

Estructura y fertilidad

En un suelo que contiene materia orgánica la mineralización se ve beneficiada con el incremento de la temperatura en el suelo y la humedad de este, lo que ocasiona la disponibilidad de nutrientes para las plantas, sobre todo el nitrógeno, y un aumento en la humificación de materia orgánica en el suelo, además evita la erosión pluvial y la desecación por viento (Zribi *et.al.*, 2011).

Uno de los efectos más significativos del acolchado es el relacionado con la porosidad, que aumenta hasta una profundidad de 50 cm, permitiendo una buena aireación del suelo y un mayor desarrollo del sistema radicular (Tesi, 2000).

El acolchado mantiene una buena estructura del suelo que previene su compactación y la formación de costras superficiales impermeables, el suelo acolchado permanece más aireado y con una porosidad mayor que la del suelo descubierto, lo que favorece un buen desarrollo del sistema radicular y un uso más eficaz de los nutrientes (Zribi 2013).

1.4.1 Humedad y temperatura

Existen numerosos estudios para determinar la influencia del acolchado en la evaporación de agua y el contenido de humedad del suelo (Cook et al., 2006). El acolchado aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0 - 5 cm) en comparación con el suelo descubierto. Puede menguar la intensidad del intercambio turbulento entre la atmósfera y el agua del suelo, lo que disminuye su evaporación (León, 2016)

El acolchado plástico, que es más impermeable al agua que material orgánico, retiene la humedad del suelo de manera más eficaz (León, 2016). El uso de acolchado de plástico de polietileno logra el mayor efecto de ahorro de agua, ya que evita la evaporación de la superficie del suelo, dejando agua disponible para el cultivo para beneficiarse de un suministro más constante y regular (Zribi, 2011). Sin embargo, Hogue y Neilsen concluyen que el mantillo orgánico es más efectivo que el acolchado plástico inorgánico para aumentar la humedad del suelo en un huerto de manzanos.

Todos los materiales de acolchado reducen significativamente la evaporación de agua y promueven la conservación de agua en el suelo con relación a suelos descubiertos, la eficiencia de los distintos materiales en la reducción de la evaporación directa de agua del suelo depende fundamentalmente de las propias características del material utilizado pero parece ser ambiente-dependiente, ya que un buen número de trabajos indican que el acolchado plástico debido a su impermeabilidad es el más eficaz, pero otros trabajos concluyen que, bajo ciertas condiciones como la temperatura de suelo elevada, algunos acolchados orgánicos pueden ser más eficientes que el plástico (Zribi 2013). Se concluye que el acolchado plástico contribuye a conservar el agua en el suelo, reduce la escorrentía superficial y la erosión del suelo y mejora la porosidad del suelo y la contención de agua.

1.4.2 Salinidad

Para la producción de la mayoría de los cultivos el acolchado es una de las prácticas que reducen la evaporación del agua y facilita el efecto de lavado o flujo descendente del agua en el suelo, lo que es importante para controlar la salinidad en la zona radicular de los cultivo (Zribi, 2013).

El efecto del acolchado sobre la salinidad del suelo depende de la tasa de evaporación del suelo y del tipo de cobertura. En cultivos regados con agua de diferente salinidad, el suelo puede verse afectado. Sin embargo, los acolchados con grava, hojas de pino y paja de arroz redujeron la salinidad al 61, 62 y 50%, respectivamente, de la salinidad del suelo descubierto (Zhang *et al.*, 2008). La disminución de la evaporación del suelo con el acolchado lleva a una distribución más homogénea de la salinidad en el perfil del suelo (Garcia, 2008).

Yang *et al.* (2006) estudiaron el efecto de cuatro sistemas de acolchado (suelo descubierto, planchas de hormigón, paja y plástico) sobre la salinidad del suelo, sus resultados mostraron que los acolchados produjeron efectos significativos en la reducción de la salinidad del suelo en comparación con el suelo descubierto, con un mayor efecto del acolchado con planchas de hormigón de 3 cm de espesor, seguido por la paja y el plástico. Estos autores concluyen que el mayor efecto del acolchado con paja en la reducción de la salinidad del suelo en comparación con el acolchado plástico puede

atribuirse a que la paja permite el paso de la lluvia y favorece el lavado de sales.

1.5 Efectos del acolchado en el rendimiento de los cultivos

La respuesta de las plantas a los cambios estructurales propiedades del suelo y factores ambientales bajo acolchado es generalmente un aumento en el rendimiento, así como cambios positivos en el desarrollo de las plantas y crecimiento.

Las medidas fotométricas realizadas por Habimana *et al.* (2014) en sandías cultivadas con acolchado, con espaciamiento variable, 60 días después de la siembra, enfatizan claramente el efecto beneficioso del acolchado sobre la longitud del brote principal, el número de hojas y los brotes laterales.

También en la película negra (PE 0,125 mm) se observó una emergencia más rápida estadísticamente significativa y una llegada más temprana al período de floración, así como un 76% más de peso fresco de la parte aérea en plantas de calabaza (Mahadeen, 2014). También se observó un desarrollo más temprano de esta especie de planta en Egipto en febrero, fuera de la temporada de crecimiento típica. El rendimiento general fue 38.8 y 51.1% mayor, y la materia seca promedio de la fruta fue 0.9 y 2.05% mayor debido al uso de acolchado de plástico negro y transparente, en comparación con plantas cultivadas en suelo sin cubierta (Attalach, 2016).

En el sitio cubierto con acolchado, las plantas de sandía formaron una mayor biomasa, tanto en las partes subterráneas como en las aéreas, y el área de asimilación de las hojas fue mayor, lo que aumento de la transpiración y disminuyó la evaporación (Ferus *et al.*, 2011). Además, las plantas que crecen en estos acolchados generaron mayores rendimientos de fruta de mejor calidad, es decir, con mayores concentraciones de azúcar (Majkowska Gaomska, 2010).

El acolchado de residuos de cultivos con la adición de turba, también tuvo un efecto benéfico en la síntesis de materia seca, fibra cruda, proteína y contenido de cenizas en la calabaza oleaginosa (Černiauskienė *et al.*, 2015).

Según lo informado por Minuto *et al.* (2008), el rendimiento total de calabacín obtenido del cultivo sobre acolchados plásticos y coberturas biodegradables pueden exceder hasta dos veces el rendimiento de los cultivos en suelos desprotegidos. Los rendimientos más

bajos se obtuvieron en sitios con acolchado blanco y negro (melón) y acolchado amarillo (pepino y calabacín). En opinión de los autores, la respuesta de las plantas al color de la película puede variar según la ubicación del cultivo, es decir, según los factores climáticos (Orzolek y Lamont, 2013)

El acolchado plástico reduce la población de malezas en comparación con el suelo descubierto y crea una barrera contra la disipación de herbicidas en la atmósfera, lo que hace que los herbicidas sean más efectivos (Clarkson y Frazier, 1957; Lourduraj et al., 1997)

Los acolchados plásticos por lo general aumentan la temperatura del suelo. Esto promueve un desarrollo más rápido de los cultivos y unos rendimientos antes de tiempo (de 7 a 14 días y hasta 21 días) y mayores rendimientos (normalmente de dos a tres veces el de los suelos sin acolchar) según la ubicación geográfica, el tipo de suelo, el tipo de acolchado plástico utilizado y el cultivo (Pramanik *et al.*, 2015). En el caso de acolchados orgánicos, en muchas ocasiones tienen menores temperaturas de suelo que los acolchados plásticos. Dependiendo del cultivo, una temperatura del suelo menor y más constante al inicio del ciclo de cultivo y la modificación de la estructura del suelo también puede permitir un mejor desarrollo inicial de las raíces, lo que podría conducir a un mejor aprovechamiento del agua, determinando un mayor crecimiento, tanto en altura como en área foliar (Lorenzo *et al.*, 2018).

En general, el uso de acolchados aumenta el crecimiento y el rendimiento de los cultivos de hortalizas mediante la modificación del entorno de crecimiento de los cultivos al reducir la infestación de malezas, la pérdida de humedad del suelo y la mejora de la temperatura del suelo. Esto ayuda a reducir el uso de herbicidas, por lo que evita la contaminación ambiental y asegura la producción de alimentos orgánicos. En el caso de acolchados orgánicos y vivos, se puede beneficiar la productividad a corto plazo al mejorar las propiedades físicas del suelo, reducir la erosión. Además, los acolchados orgánicos aumentan el contenido de materia orgánica del suelo, el fósforo disponible y mejoran la fertilidad del suelo a largo plazo y la actividad biológica del suelo, con lo cual se incrementa la estabilidad de los rendimientos y la resiliencia de los agroecosistemas a largo plazo (Barche, Nair y Jain, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Contexto físico

El trabajo se realizó en el municipio de Ahuazotepec, Puebla, ubicado en las coordenadas 20° 01' 51.6" L.N. y 98° 07' 15.6" L.O. a una altitud de 2268 msnm, el municipio colinda al Norte con Huauchinango, al Sur y Oeste con Zacatlán y al Este con el estado de Hidalgo (Figura 4). El sitio tiene clima templado húmedo C (m), con abundantes lluvias en verano, temperatura media anual de 14.4 °C y precipitación media anual de 1064.9 mm. Los suelos, están caracterizados como Andosoles órticos de textura media, con potencial de uso agrícola y pecuario; mecanizables (INEGI, 2014).

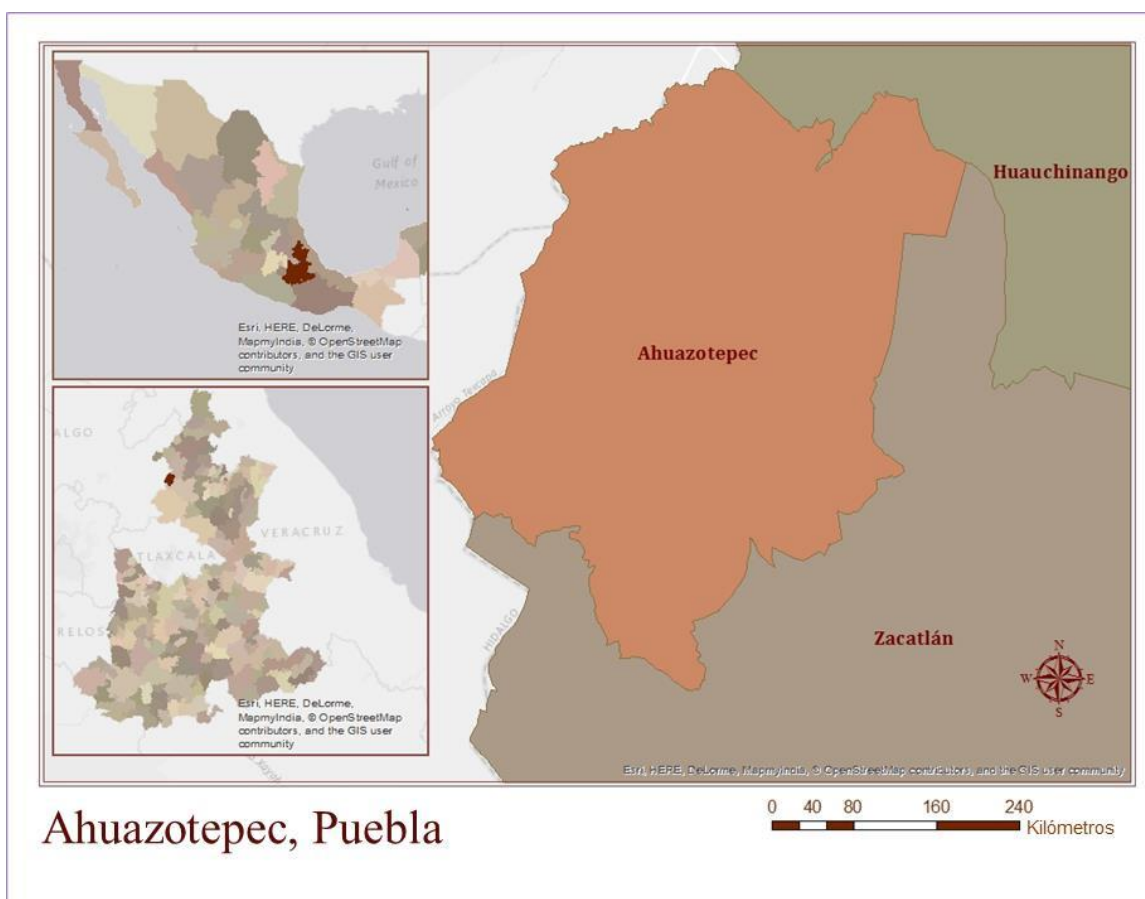


Figura 4. Ubicación geográfica de Ahuazotepec, Puebla.
Fuente: Elaboración propia (2020) a partir de INEGI (2014)

2.2 Diseño del experimento

En el experimento se probaron cinco tratamientos de acolchado: Estiércol, Arena, Aserrín, Plástico negro/plata y un testigo sin acolchado, se utilizó un diseño en bloques completos al azar donde el factor de bloqueo fue la cama en donde se establecieron los huertos, se consideraron 3 bloques. Para seleccionar los materiales a evaluar se utilizaron las recomendaciones de agricultores locales, todos los materiales se obtuvieron localmente, es decir, la distancia entre la fuente del material y el área de estudio fue menor a 30 km.



Figura 5. Acolchados en los mini-huertos. Fuente: Domínguez Hernández (2020).

Las unidades experimentales fueron de 2.5 m x 1.5 m, el terreno fue preparado mecánicamente, después se levantaron las camas a una altura promedio de 25 cm. Cada cama fue regada a profundidad para después aplicar los acolchados granulares con un espesor de 5 cm; el acolchado plástico se fijó enterrando los extremos en el borde de la cama (Figura 5). Para establecer los cultivos, se expusieron círculos (5 cm de diámetro) de suelo que se hallaban próximos a un emisor de riego, y en ellos se trasplantaron o sembraron los vegetales seleccionados: lechuga, calabacita y brócoli.

2.3 Monitoreo de temperatura del suelo

Para el monitoreo de temperatura en los cinco tratamientos, se colocaron sensores de temperatura a 5, 12 y 24 cm de profundidad en las camas. Los sensores utilizados fueron termómetros digitales DS18B20 con rango de temperatura de -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$, configurados a una resolución de 12 bits que corresponde a incrementos de 0.0625°C . La toma y almacenamiento de los datos se realizó cada hora usando un dispositivo creado expreso mediante tecnología de microcontroladores Arduino (Figura 6).

En el diagrama se puede observar la configuración del dispositivo en forma simplificada. Se conectaron 3 sensores a un Bus de datos (DALLAS DS18B20, Figura 6) el cual se manejó por el procesador mediante el protocolo 1-Wire. Los sensores contienen una memoria única para cada uno, de la que se obtiene su identificador y cada señal viene con esa referencia. Para incrementar la autonomía del registrador de temperatura se añadió un banco de energía (ADATA) de 20000 mA. Adicionalmente, se hizo un registro diario de la temperatura y precipitación de la zona de estudio durante el experimento.

Los sensores se colocaron en campo para realizar el monitoreo de temperatura (Figura 7), los datos se colectaron en una tarjeta de memoria y posteriormente se vaciaron en una base de datos en Excel, las temperaturas se registraron cada hora durante 60 días en tres diferentes profundidades: 5, 12 y 24 cm.

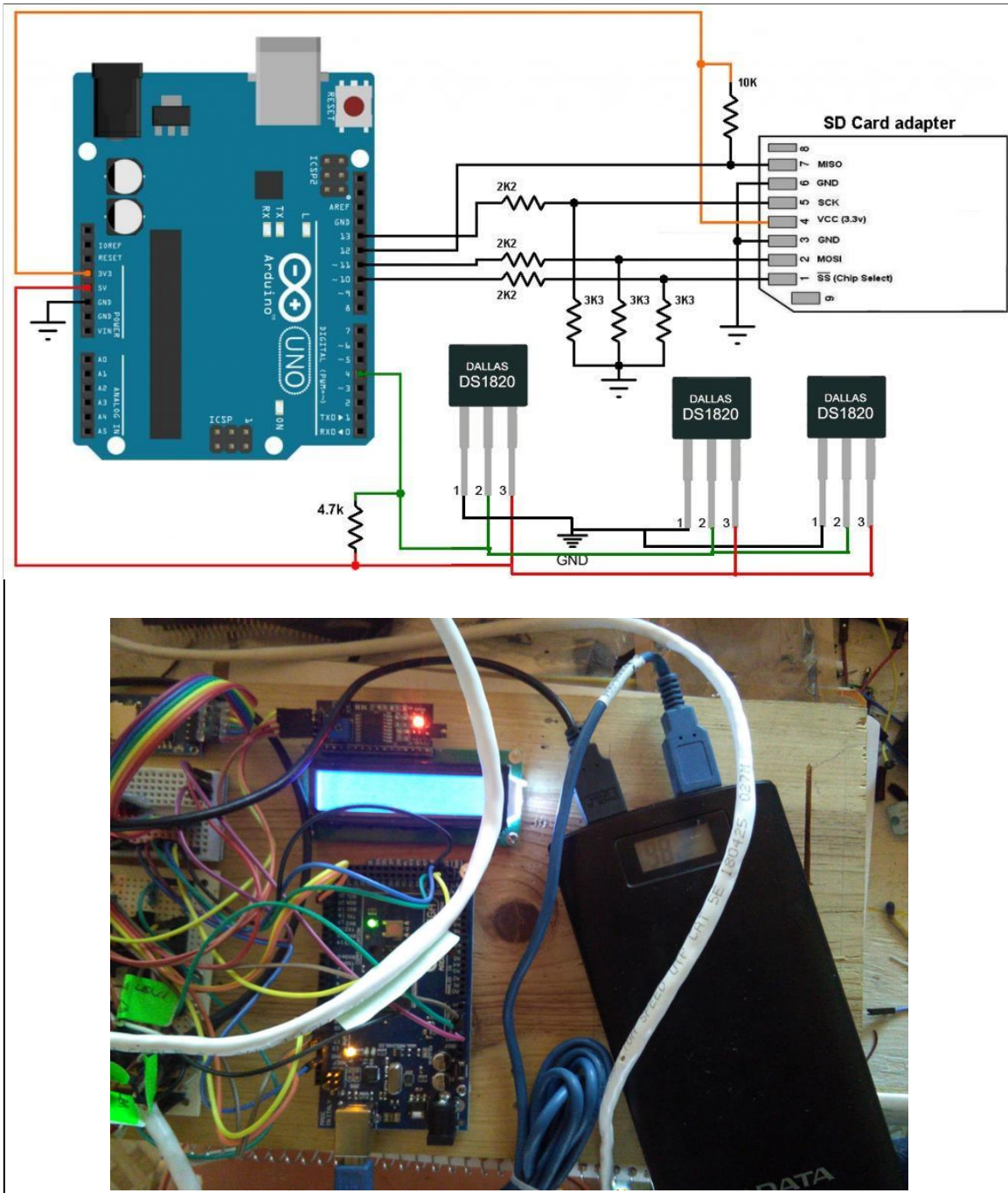


Figura 6. Controlador Arduino para sensores de temperatura
Fuente: Domínguez Hernández (2020).

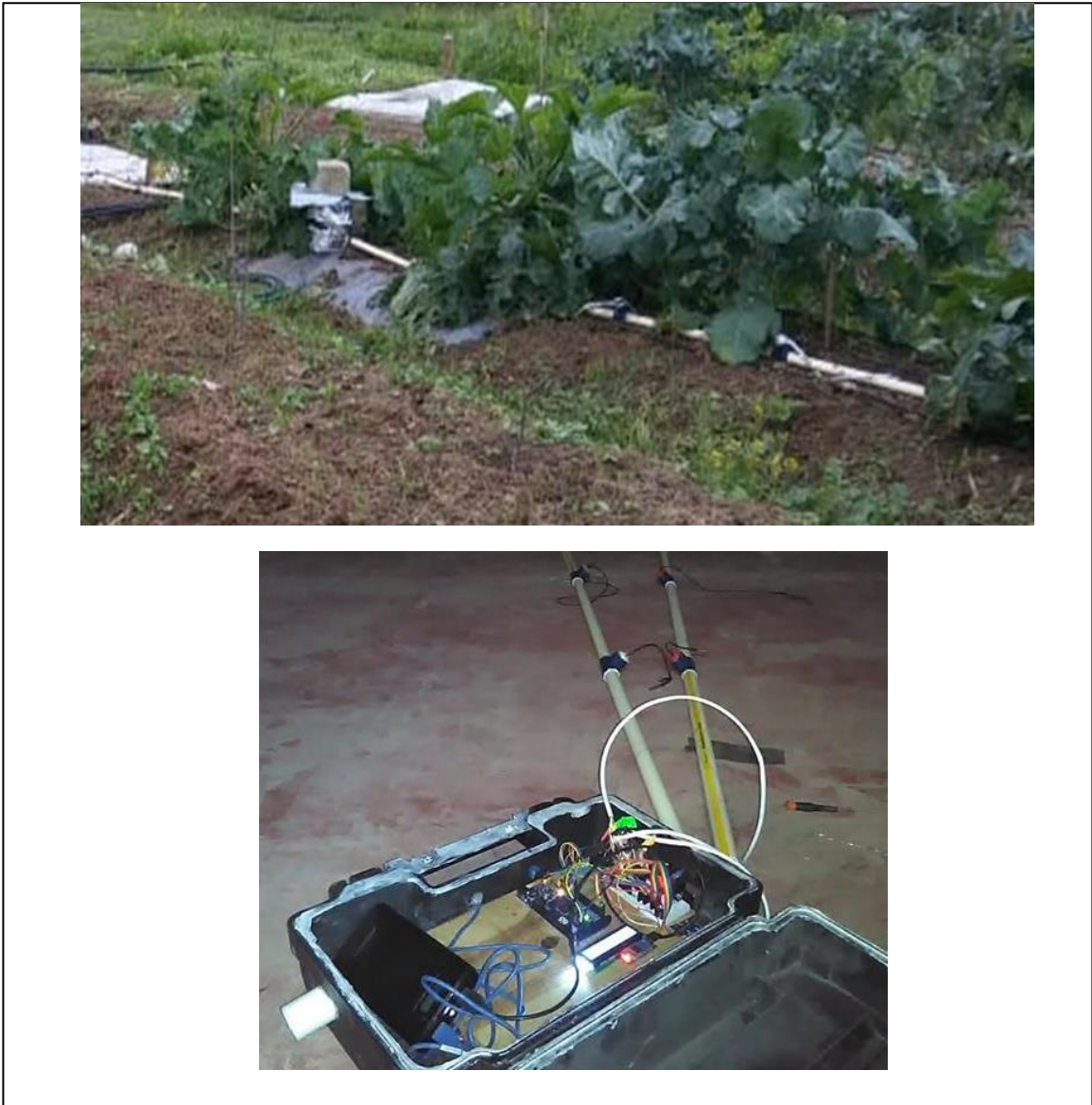


Figura 7. Colocación de sensores en campo y detalle del dispositivo para colecta de datos.
Fuente: Domínguez Hernández (2020)

2.4 Rendimiento

Los vegetales fueron cosechados en el momento de madurez de consumo y se consideraron para la cuantificación del rendimiento siempre y cuando no presentaran defectos sensoriales graves como pudrición, presencia de moho o marchitez profunda.

Todos vegetales fueron pesados y se realizó el registro correspondiente de la biomasa. En el caso de los quelites, estos se recolectaron semanalmente cortando la parte aérea de las plantas por cama, la cual se pesó y los datos se registraron como parte de la biomasa comestible o útil. Los frutos y las plantas fueron pesados con una balanza digital SF 400 con capacidad de 5000 g y precisión de 1 g, se consideraron los datos dentro del periodo de monitoreo de la temperatura del suelo. El rendimiento en fresco de calabacita, lechuga y quelite fue cuantificado en kilogramos por metro cuadrado utilizando registros semanales.

2.5 Análisis de datos

Los datos experimentales fueron procesados y analizados gráfica y estadísticamente para determinar diferencias en las variables de respuesta evaluadas (temperatura del suelo y rendimiento) por el efecto de los acolchados. La diferencia entre tratamientos fue determinada con un análisis de varianza y prueba de medias considerando un nivel de significancia del 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Temperatura del suelo

La temperatura se registró cada hora durante el desarrollo del experimento generando un total de 21600 datos que fueron analizados estadísticamente para determinar el efecto de los acolchados en esta variable de respuesta. En la Figura 10 se puede observar el perfil de variación de temperaturas durante un ciclo de medición de 30 días, obtenido en los diferentes acolchados. Se puede apreciar la variación diurna/nocturna de las temperaturas y las variaciones generales causadas por los tratamientos de acolchados. También se observa que existe variación en la temperatura del suelo a diferentes profundidades, lo que indica una posible interacción con la temperatura del aire y el tipo de acolchado utilizado, sin descartar la influencia de otros factores ambientales como el viento y la humedad relativa.

Los acolchados utilizados generan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la temperatura promedio general registrada en el suelo donde fueron establecidos los mini-huertos, los acolchados de Plástico y Aserrín generaron los valores más altos del conjunto (18.9 y 18.7 °C, respectivamente), mientras que el acolchado con Arena tuvo una temperatura 2 °C menor que la obtenida con plástico; y fue estadísticamente menor al acolchado de Estiércol y al Testigo (Figura 8).

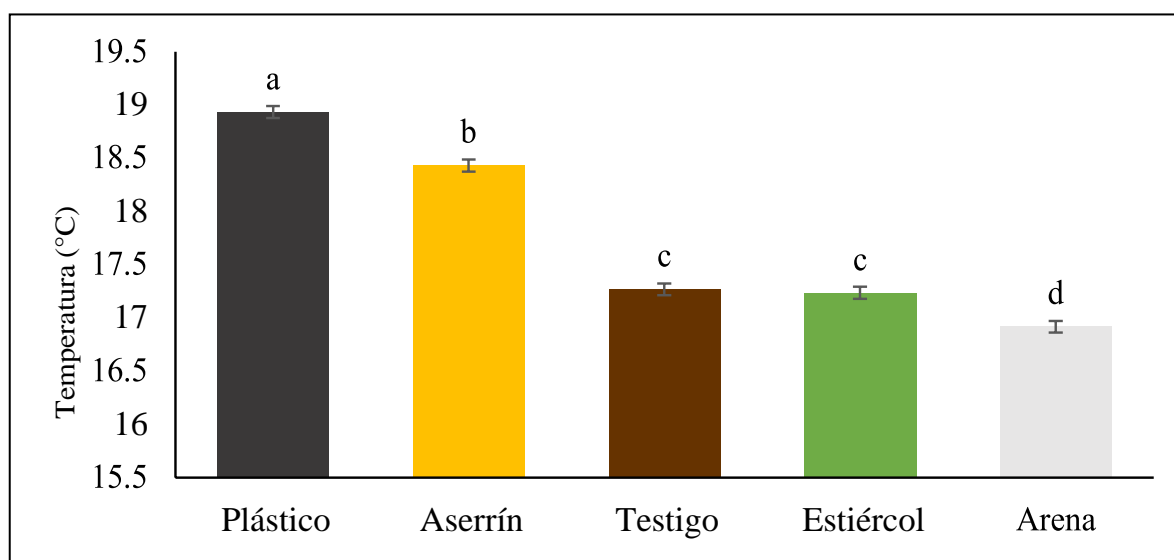


Figura 8. Temperatura promedio del suelo con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla (n=4320 por tratamiento).

Los factores ambientales como la temperatura del aire y la precipitación (Figura 9) no generan diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) en la temperatura del suelo. En los acolchados de Aserrín y Arena, la precipitación genera una disminución de 0.8 y 0.9 °C en la temperatura del suelo, en los acolchados con Estiércol y Plástico la disminución es de 0.2 grados y en el Testigo de 0.1 °C (Figura 9).

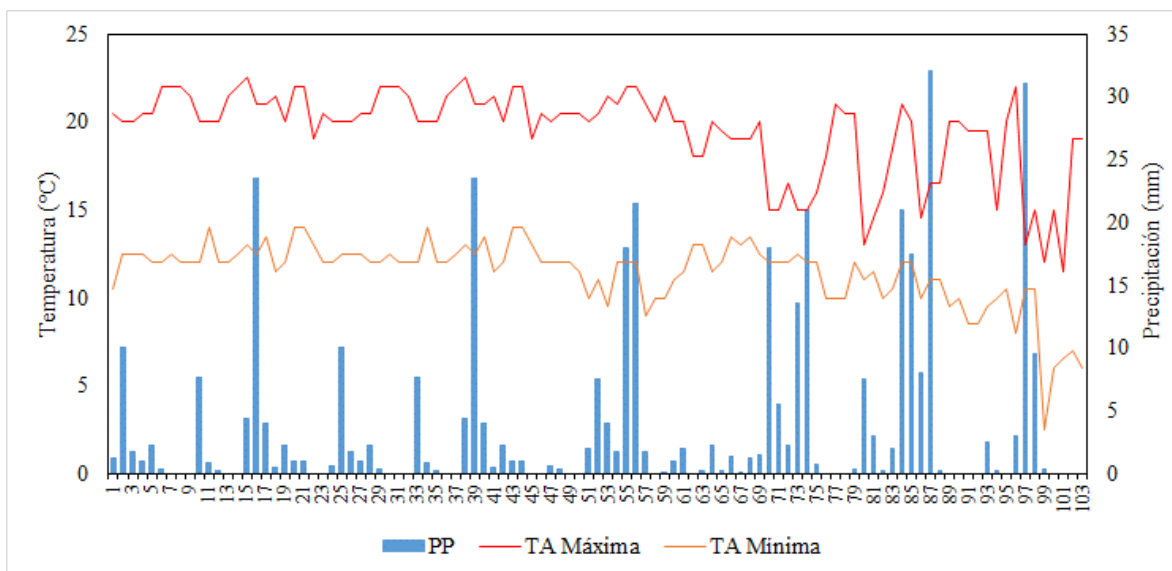


Figura 9. Precipitación y temperaturas máximas y mínimas del aire registradas en los mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla durante el periodo de estudio.

Las diferencias observadas en el conjunto de los datos no se mantuvieron constantes en las tres profundidades evaluadas, lo que indica interacción entre el tipo de acolchado y la temperatura del suelo (Figura 10), así como con las propiedades del suelo.

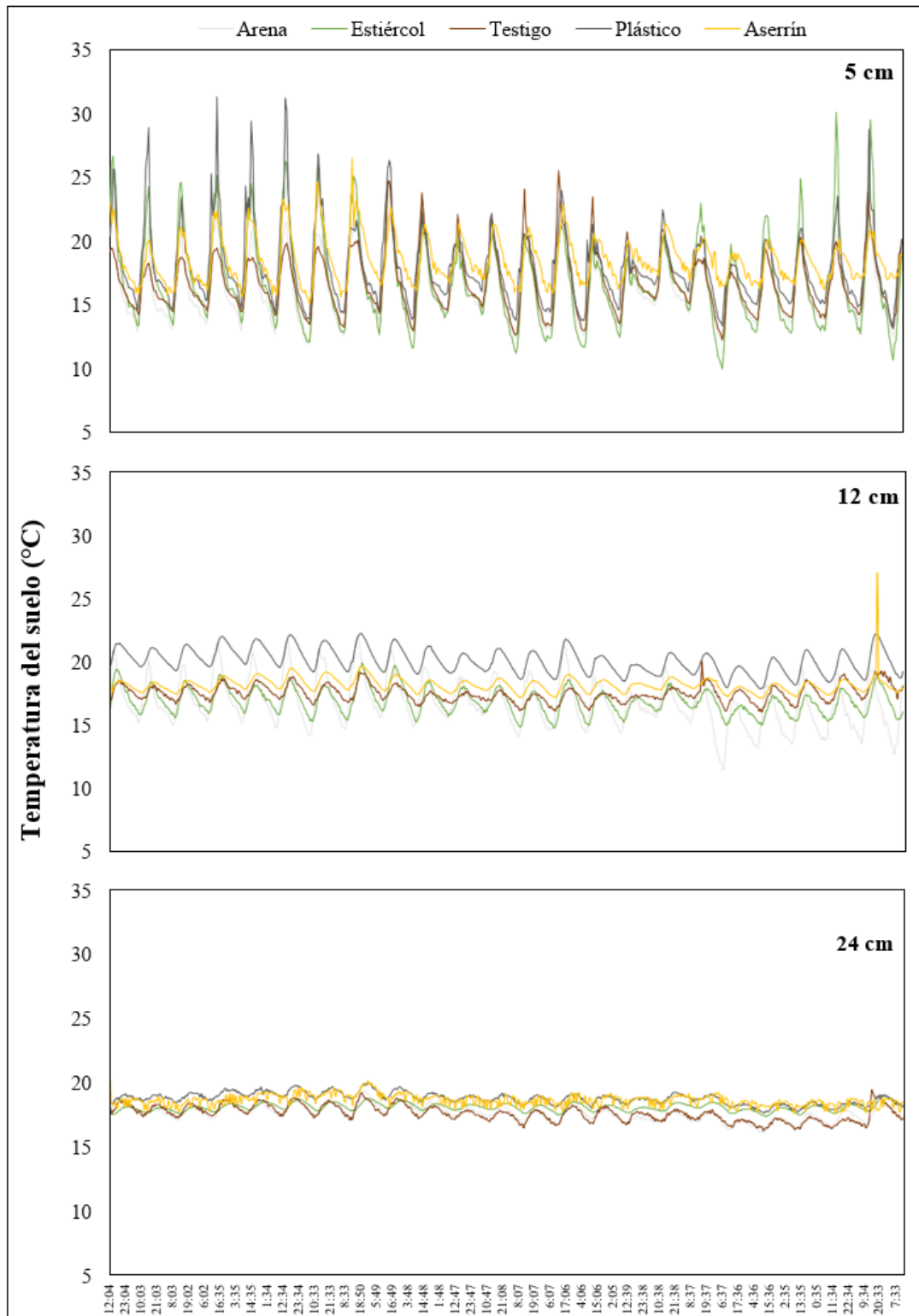


Figura 10. Muestra mensual de la variación de la temperatura promedio (n=10800) del suelo en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla a 5, 12 y 24 cm de profundidad.

3.1.1 Profundidad 5 cm

La temperatura promedio del suelo a 5 cm presentó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) por el efecto de los acolchados. Los tratamientos con mayor temperatura a 5 cm fueron Aserrín y Plástico con promedios arriba de los 18 °C, mientras que, la temperatura obtenida con el acolchado de Estiércol fue similar a la del tratamiento Testigo, 16.8 y 16.7 °C, respectivamente (Figura 11). Aunque las diferencias entre promedios fueron numéricamente pequeñas, se observó que el rango de temperaturas durante el día tuvo una gran variación (Figura 12). Por ejemplo, el tratamiento de Estiércol tuvo como temperaturas mínima y máxima valores de 12.6 y 22.5 °C, respectivamente. Mientras que el acolchado de Aserrín tuvo un rango más pequeño, de tan sólo 4.8 °C entre la temperatura máxima y la mínima. El resto de los acolchados tuvo diferencias de entre 6.9 y 8.9 °C. Estas variaciones se deben principalmente al incremento en los niveles de radiación solar entre las 11 y las 17 h, y la acumulación de energía térmica en los materiales de acolchado y posteriormente en el suelo.

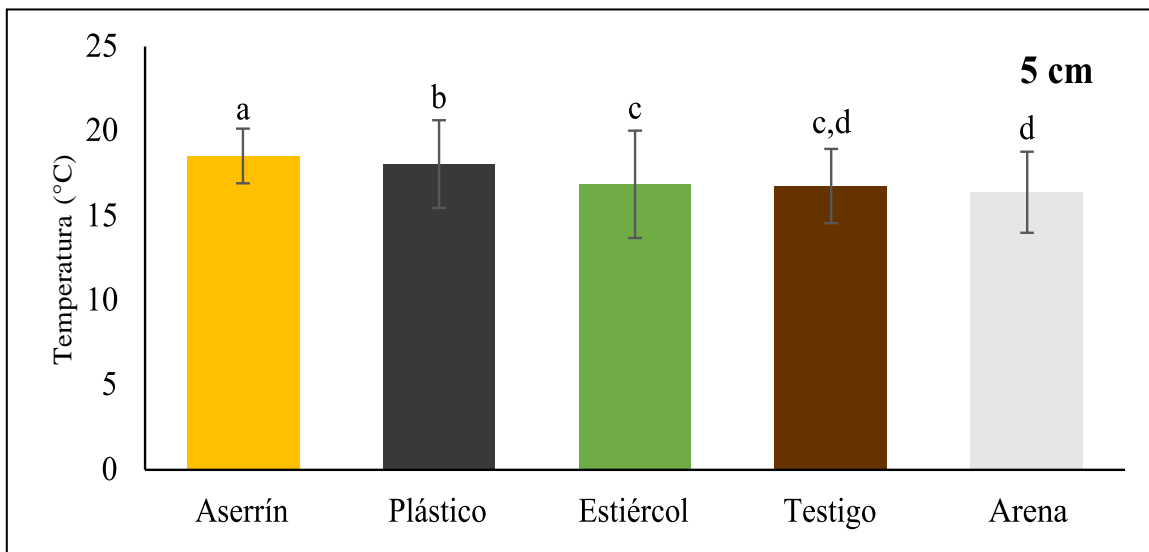


Figura 11. Temperatura promedio del suelo a 5 cm con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla.

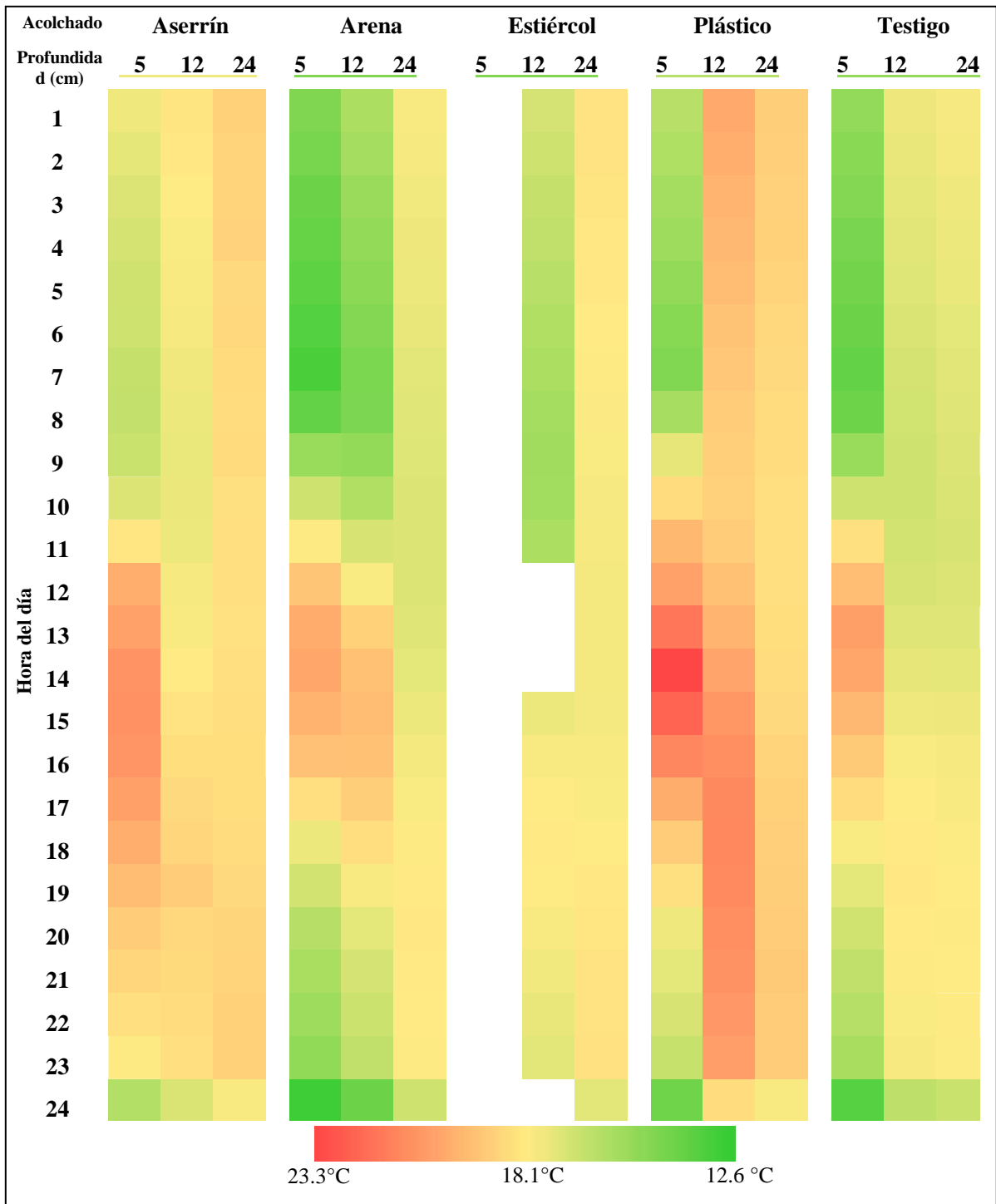


Figura 12. Perfiles térmicos diarios a 5, 12 y 24 cm del suelo cubierto con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepc, Puebla. Las temperaturas mostradas son promedios de las mediciones realizadas por tratamiento (n=1440 por profundidad).

El color de los acolchados afecta la absorción de la radiación, se observó que los acolchados oscuros presentaron temperaturas más altas que el acolchado blanco, el cual tiene una alta capacidad de reflejar la luz. En el caso del acolchado de Estiércol se observó que los vegetales plantados producían un dosel muy cerrado, lo que redujo la cantidad de radiación que incidía sobre el suelo e incrementó la retención de humedad, lo cual en conjunto redujo la temperatura del suelo durante el día en comparación con el acolchado de Aserrín, que poseía mayor cantidad de poros (Pramanik *et al.*, 2015; Lorenzo *et al.*, 2018).

3.1.2 Profundidad 12 cm

La temperatura promedio del suelo a 12 cm presentó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) por el efecto de los acolchados, el tratamiento con Plástico negro generó la temperatura más alta del conjunto (20.1 °C), seguido del Aserrín y el Testigo, que generaron un comportamiento térmico con valor promedio de 18.2 y 17.5 °C, respectivamente (Figura 13). En esta profundidad el acolchado con Estiércol y Arena registraron temperaturas más bajas, de 16.9 y 16.8 °C, respectivamente (Figura 13).

Estos resultados concuerdan con otros reportes indicando que los acolchados plásticos generalmente tienen mayores temperaturas que los acolchados orgánicos entre 10 y 15 cm de profundidad (Ham, Kluitenberg and Lamont, 1993; Pramanik *et al.*, 2015)

En esta profundidad, el comportamiento con respecto a la transferencia de calor indicó incrementos graduales de temperatura (+1 a 2 °C) a partir de las 14 h en los tratamientos Testigo y Aserrín, mientras que el acolchado de Arena, por otro lado, mostró un incremento a partir de las 11 h. Por otro lado, los tratamientos de Plástico y Estiércol registraron cambios menores a lo largo del día, por lo que el primero pudo mantener una temperatura superior a los otros tratamientos, mientras que el segundo presentó temperaturas intermedias-bajas (Figura 12).

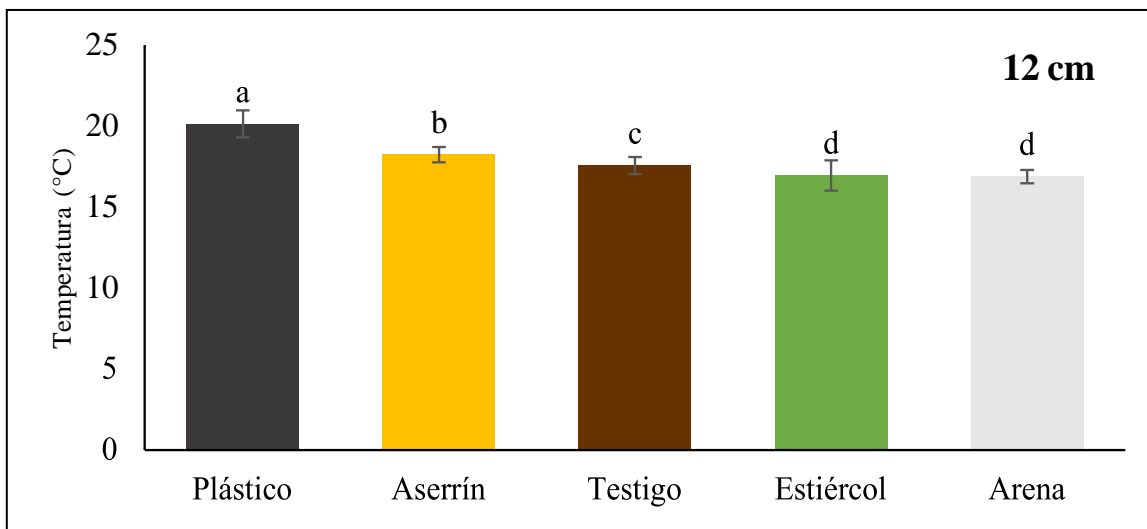


Figura 13. Temperatura promedio del suelo a 12 cm con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepec, Puebla.

Las diferencias observadas muestran el efecto de los acolchados para conservar el calor el tiempo suficiente para que este se transmita hacia las capas internas. El Plástico y el Aserrín utilizados tienen propiedades aislantes por lo que, una vez que la radiación es absorbida por la capa de acolchado, estos mismos materiales no permiten que escape, con lo cual es posible mantener una temperatura más alta que los otros acolchados (Pramanik *et al.*, 2015). El acolchado de Arena es un material mineral que parece absorber una menor cantidad de energía pero que también la transmite más rápidamente que los acolchados orgánicos tanto hacia las capas interiores como hacia el aire circundante, como se observa en la Figura 12 (Lorenzo *et al.*, 2018).

En el caso del tratamiento Testigo, éste refleja la capacidad del suelo agrícola utilizado para absorber calor debido a su color y a sus propiedades, sin embargo, también fue más ineficiente en su retención, ya que las pérdidas superficiales (reflejadas en menores temperaturas a 5cm) no permitieron una acumulación mayor a 12 cm. Esta pérdida de energía es el resultado del intercambio de calor entre suelo y el aire cercano a la superficie que ocurre cuando no se tiene una capa de acolchado (Gruda, 2008).

3.1.3 Profundidad 24 cm

La temperatura promedio del suelo a 24 cm presentó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) por el efecto de los acolchados, los tratamientos con Plástico y Aserrín tuvieron una temperatura promedio entre 18.8 y 18.7 °C. La temperatura obtenida con el acolchado de Estiércol fue intermedia pero superior que la del tratamiento con Arena y el Testigo, con valores de 18.1, 17.7 y 17.6 °C, respectivamente (Figura 14).

La variabilidad en esta profundidad fue menor con respecto a las capas más superficiales (Figura 12). El incremento de temperatura en todos los tratamientos ocurrió principalmente entre las 16 y las 23 h y seguido de un enfriamiento continuo a lo largo de la noche, de acuerdo con el comportamiento de transferencia de calor en cuerpos sólidos, de forma que el calor se redistribuye a las capas superiores de 12 y 5 cm. El calor almacenado en las capas más profundas del suelo actúa como una reserva para mantener la temperatura de la zona radicular de los cultivos (Pramanik *et al.*, 2015). Independientemente de la temperatura alcanzada, se observó que el tiempo necesario para que se apreciara un enfriamiento en esta capa fue mayor en los tratamientos con acolchado, en el siguiente orden: Plástico > Aserrín \geq Estiércol > Arena.

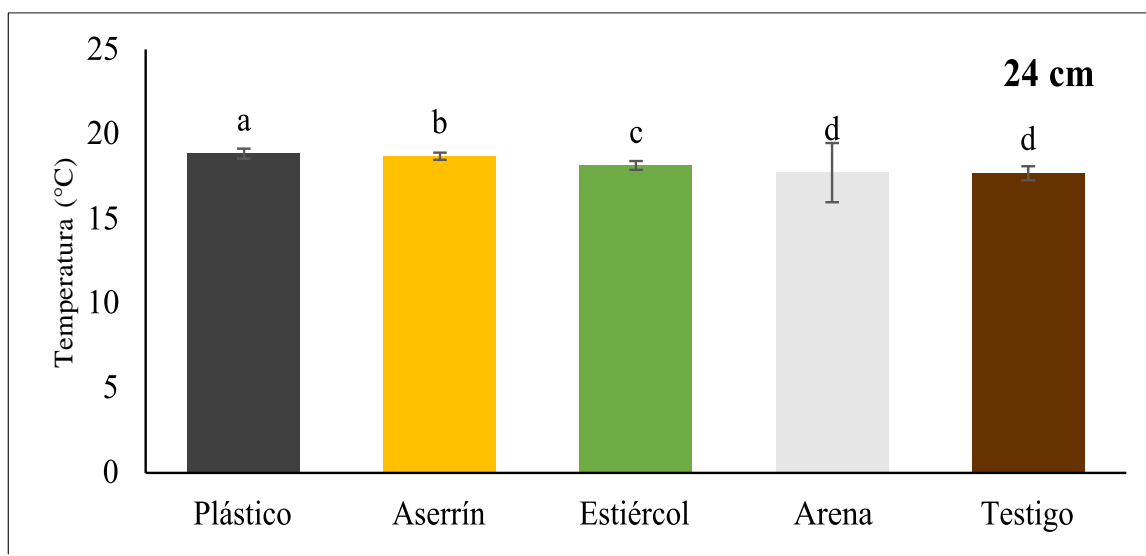


Figura 14. Temperatura promedio del suelo a 24 cm con diferentes acolchados en mini-huertos en Ahuazotepc, Puebla.

3.1.4 Oscilación térmica

En el periodo entre 5 y 8 de la mañana los tratamientos Aserrín y Plástico tuvieron un comportamiento térmico similar, con los valores más altos del conjunto; el tratamiento con Plástico tuvo una oscilación de 0.3 °C, mientras que en el acolchado con Aserrín fue de 0.2 °C, similar a la obtenida con el tratamiento Testigo. El acolchado con Arena tuvo el menor valor de temperatura en este periodo de tiempo, la temperatura mínima fue de 15.3 °C y la máxima de 15.5 °C, el acolchado con Estiércol presentó una diferencia de 0.4 °C entre las temperaturas mínima y máxima. Temperaturas de suelo menores a 15 °C puede generar la eficiencia del fotosistema II por la reducción en la asimilación de CO₂, causando disminución del crecimiento de las plantas (Bucki y Siwek, 2019), en el periodo de evaluación del experimento no se observaron estas condiciones.

En el periodo entre 13 y 3 pm se observaron incrementos de la temperatura en todos los tratamientos, el Plástico generó el mayor valor (20.7 °C). La oscilación térmica a lo largo del día fue mayor en los acolchados con Arena, Estiércol y Plástico (0.5 °C aproximadamente), el acolchado con Aserrín presentó la menor variación de temperatura (0.3 °C), lo que puede indicar un menor efecto del tratamiento; el tratamiento Testigo presentó una oscilación térmica de 0.2 °C. Estos resultados coinciden con lo reportado por Gu *et al.* (2017) quienes reportan un incremento de temperatura de hasta 1.7 °C con el uso de acolchados orgánicos e inorgánicos con respecto al suelo sin acolchado. Los incrementos de la temperatura del suelo con el uso de acolchados orgánicos e inorgánicos fueron más significativos a 5 y 12 cm de profundidad, esto coincide con los reportado por Buick y Siwek (2019). Entonces, el uso de acolchados incrementa la temperatura del suelo, este efecto puede resultar significativo en climas templados ya que se pueden acelerar los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas (Bucki y Siwek, 2019).

3.2 Rendimiento

El análisis de los datos obtenidos en el experimento para evaluar el efecto de los acolchados en el rendimiento de calabacita, brócoli y quelite, indica diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), mientras que, para lechuga las diferencias fueron no significativas estadísticamente ($P > 0.05$).

3.2.1 Calabacita

El rendimiento de calabacita se maximizó con el uso de acolchado Plástico, el incremento fue de 3.6 kg m⁻² con respecto al tratamiento testigo; con respecto a los acolchados orgánicos (Estiércol y Aserrín) y al de Arena, el incremento fue de 97.2 % y 82.1 % respectivamente (Figura 15).

En este cultivo, el acolchado inorgánico de Plástico resultó mejor para incrementar el rendimiento. Entre los acolchados granulares, el Estiércol obtuvo un rendimiento numéricamente mayor, pero se observó que en las camas con dicho acolchado se presentaron síntomas de enfermedades virales en las plantas de calabacita lo que disminuyó el rendimiento al final del ciclo, estos síntomas se retrasaron en las camas con los acolchados inorgánicos de Plástico y Arena (Figura 16).

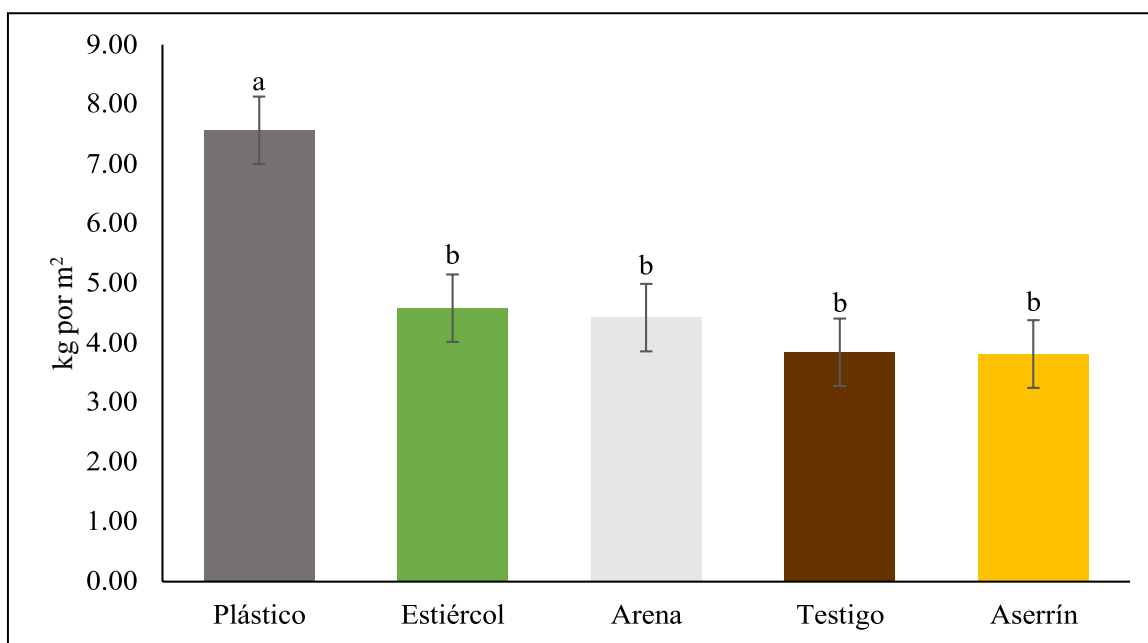


Figura 15. Rendimiento de calabacita en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.



Figura 16. Plantas de calabacita con síntomas de enfermedad viral en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.

Estudios anteriores han reportado que el uso de acolchados reflejantes puede reducir la incidencia de diversas enfermedades en cucurbitáceas al confundir y repeler áfidos, que son los transmisores de la enfermedad, evitando la colonización de las plantas (Brown *et al.*, 1993; Summers, Mitchell and Stapleton, 2004). Al prevenir la infestación, el uso de plástico negro/plata evitó la reducción de rendimiento de calabacín observada en los demás tratamientos una vez que aparecieron los síntomas de la enfermedad.

El crecimiento y rendimiento de las cucurbitáceas se puede beneficiar si se modifican las condiciones de microclima y suelo en la zona de producción, entonces se justifica la utilización de acolchados que mejoren estas condiciones (Bucki & Siwek, 2019).

3.2.1 Quelite

El rendimiento de quelite fue mayor en el tratamiento Testigo y el acolchado con Arena, los valores obtenidos (0.21 y 0.16 kg m^{-2}) fueron mayores con respecto a los del Estiércol y el Aserrín (Figura 17). En el acolchado plástico se suprimió el crecimiento de esta especie ya que no permite el crecimiento de maleza y por ello no se reporta su media.

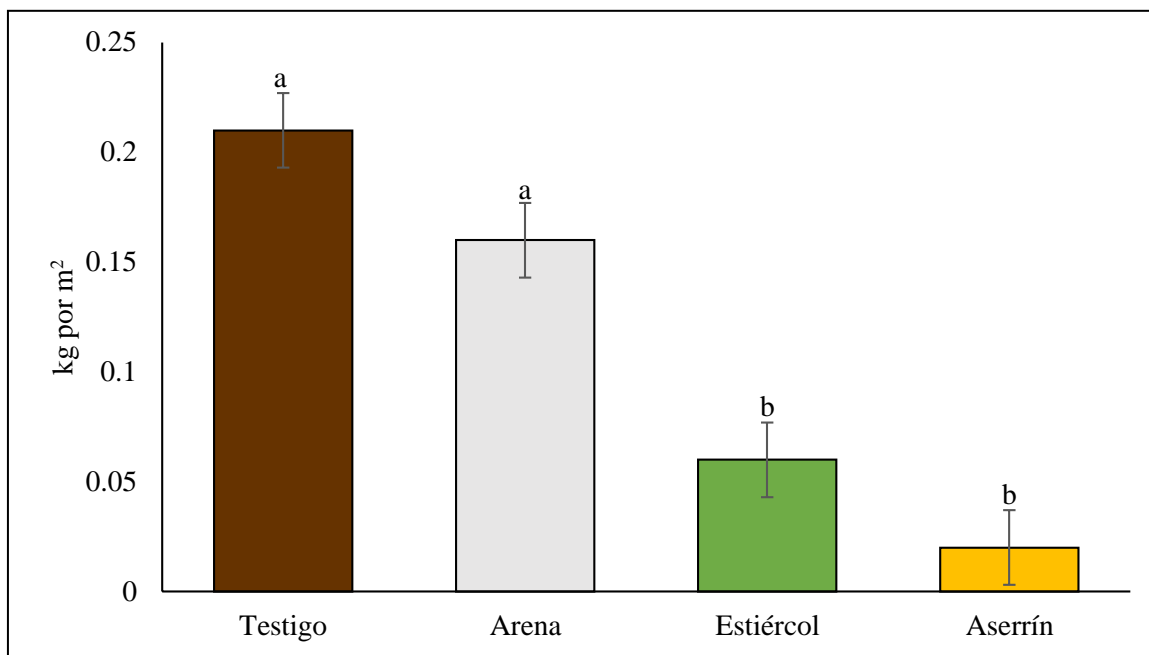


Figura 17. Rendimiento de Quelite en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.

En los sistemas de producción convencionales esta especie es considerada maleza, sin embargo, en sistemas con enfoque agroecológico resultan una oportunidad ya que, de acuerdo con investigaciones donde se promueve la recolección de quelites y la revalorización de los agroecosistemas diversificados (González-Amaro et al. 2009; Jansen Van Rensburg et al. 2004; Vieyra-Odilon and Vibrans 2001), se ha mencionado que la vegetación espontánea puede mejorar la productividad y la seguridad alimentaria de los productores.

Además, es importante mencionar que, a pesar de que los costos de producción fueron similares en los diferentes tratamientos, los gastos relativos a la compra y transporte de acolchado plástico significaron que este tratamiento fuera entre 15.4 y 66% más caro que en el resto. Los demás materiales utilizados (estiércol, aserrín y arena) tuvieron costos altos de transporte, pero al ser considerados desechos de la producción animal, silvícola y minera (extracción de feldespatos) su adquisición no representó costos adicionales. Por ese motivo, la posibilidad de obtener la cosecha de quelite representa un beneficio adicional que agrega valor a los acolchados reciclados.

3.2.2 Brócoli

El rendimiento de brócoli, a diferencia del de calabacita, se maximizó con el uso de acolchado con Estiércol, el incremento fue de 1.01 kg m^{-2} con respecto al tratamiento testigo; con respecto a los acolchados inorgánicos (Plástico y Arena) el incremento fue de 19.4 % en promedio; el acolchado con Aserrín generó un rendimiento de 160 g por metro cuadrado, que fue el menor numéricamente (Figura 18).

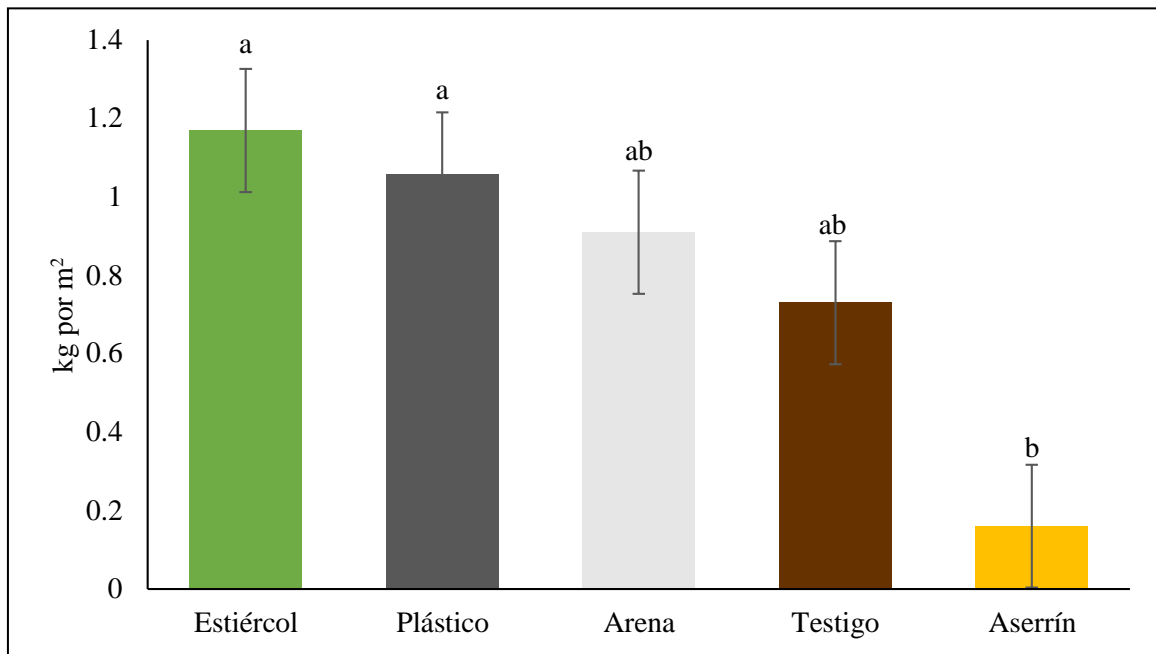


Figura 18. Rendimiento de brócoli en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.

El rendimiento de brócoli se favoreció particularmente con el acolchado con Estiércol, ya que se ha reportado que este material mejora la utilización de agua y el rendimiento de vegetales, pero también contiene nutrientes adicionales que las plantas pueden utilizar (Abd El-Wahed *et al.*, 2017). En contraste, los tratamientos Plástico y Arena sólo pueden ayudar en la reducción de la evaporación del agua de riego. Es posible que el tratamiento Testigo tuviera un rendimiento similar a otros tratamientos debido a la alta fertilidad del suelo utilizado.

3.2.3 Lechuga

El rendimiento de lechuga se maximiza con los acolchados con Estiércol y Plástico, el incremento con respecto al suelo sin acolchado (Testigo) fue de 2.7 y 1.8 kg m⁻², respectivamente (Figura 19). El acolchado con Aserrín generó mejores rendimientos en este cultivo que en calabacita y brócoli, con valores superiores al Testigo y la Arena (Figura 19). El tratamiento con Arena generó el rendimiento más bajo del grupo, 0.6 kilogramos abajo del Testigo (Figura 19).

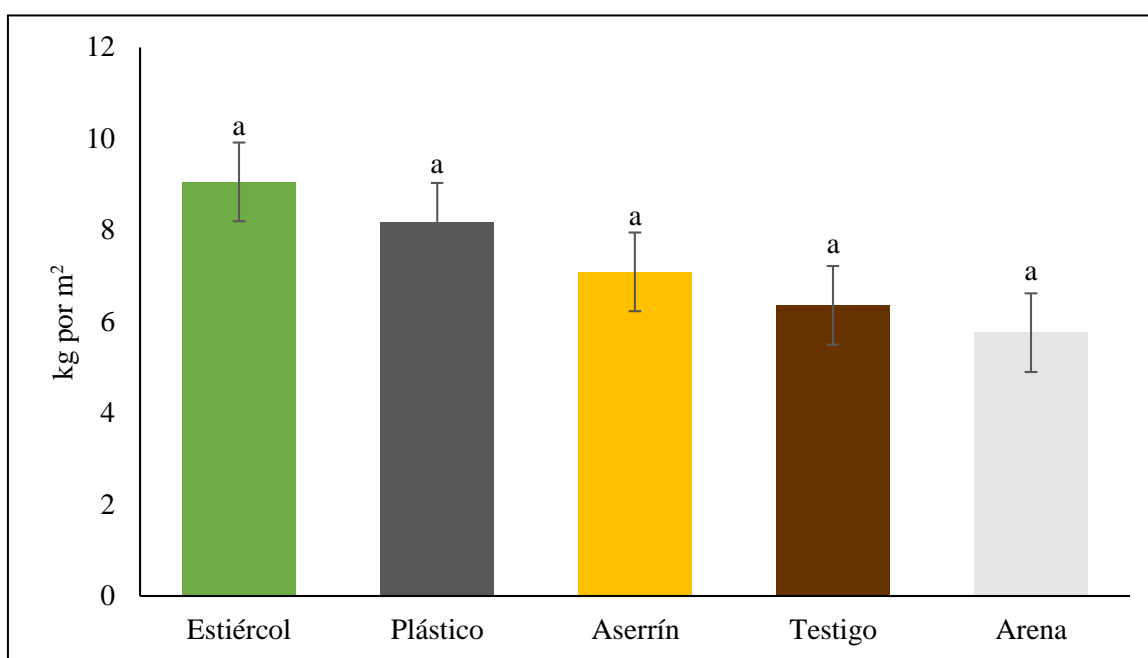


Figura 19. Rendimiento de lechuga en mini-huertos establecidos en Ahuazotepec, Puebla.

Aunque no se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, el efecto de los acolchados de Estiércol y Plástico en el rendimiento de este cultivo fue similar al obtenido en brócoli. Sin embargo, para la lechuga, el Aserrín tuvo un comportamiento diferente al presentado en los demás cultivos lo que se contrapone con lo reportado por Adetunji (1990) quien encontró menores tasas de rendimiento al utilizar este tipo de acolchado.

3.3 Relación entre tipo de acolchado, temperatura y rendimiento

En este experimento, la relación entre temperatura de suelo y rendimiento no fue estadísticamente significativa ($P>0.05$); para calabacita, brócoli y lechuga se obtuvieron correlaciones negativas de 33.9, 58.6 y 62.9 %, respectivamente; para quelite la correlación fue prácticamente nula (0.5 %). Estos resultados coinciden con los encontrados por Gordon et al., (2008) quienes no encontraron correlación entre la temperatura del suelo y el rendimiento total de calabacita.

Para especies como las cucurbitáceas, diferencias en la temperatura mayores a 12 °C pueden ocasionar desestabilización en los procesos relacionados con la conducción del agua lo que se manifiesta en limitaciones en la absorción y transporte de nutrientes, especialmente de fósforo y potasio (Bucki y Siwek, 2019), en este experimento la oscilación de la temperatura máxima fue de 1.7 °C por tanto no tuvo un efecto significativo en el rendimiento de las plantas.

Los rendimientos de brócoli, calabacita y quelite cultivados en Aserrín fueron más bajos que la mayoría de los tratamientos, a pesar de ser uno de los acolchados reciclados con perfiles de temperatura más estables. Esto puede deberse a diferentes factores; por un lado, la presencia de sustancias retardantes del crecimiento en la madera de origen, sin embargo, estudios específicos no han encontrado evidencia de que el aserrín de especies forestales norteamericanas presente fitotoxicidad (Dorais, Ménard and Bégin, 2007). Por otro lado, de acuerdo con Allaire *et al.* (2005), es posible que los resultados obtenidos en el presente experimento indiquen una capacidad de retención de agua más baja y/o tasas de evaporación más altas por parte del aserrín utilizado con respecto a los otros tratamientos, como Arena, Estiércol y Plástico que son reconocidos por su capacidad de reducir la pérdida de humedad en el suelo. Además, si se compara el Aserrín y el Estiércol, se ha visto que el primero contiene un mayor contenido de carbono y un bajo nivel de nitrógeno, lo que causa que la cantidad de nitrógeno en el suelo sea muy baja y se presenten deficiencias en diversas plantas, generando pérdidas de rendimiento en melón, cebolla y pimiento (Aiyelaagbe and Fawusi, 1986; Adetunji, 1994; Gruda, 2008). En el presente experimento, el crecimiento de la mayoría de los cultivos fue limitado en los mini-huertos de aserrín ya que nunca se obtuvo un dosel cerrado. Esto parece indicar que acolchados con

temperaturas de suelo promedio más altas y un perfil térmico balanceado a diferentes profundidades no son suficientes para producir rendimientos altos, sino que se requiere de mayor humedad y de nutrientes balanceados.

De acuerdo con Gruda (2008), el rendimiento de lechuga en parcelas acolchadas con fibras de madera, en comparación con el suelo desnudo o los acolchados inorgánicos como la Arena, puede beneficiarse debido a que este tipo de cubiertas permiten tener una temperatura más alta en el suelo y menores variaciones en diferentes profundidades durante el día, lo cual también se pudo observar en el presente experimento (Figura 12). Los tratamientos con Arena presentaron periodos de temperaturas menores a 16 °C en 5 y 12 cm generando rendimientos de lechuga cuantitativamente menores que el Testigo el cual tuvo variaciones importantes sólo en la profundidad de 5 cm. Para poder utilizar el Aserrín, sería necesario optimizar la frecuencia de riego, el tamaño de partícula para mejorar los rendimientos obtenidos sin que se afecten los perfiles de temperatura, también será importante considerar la relación carbono nitrógeno para no afectar el rendimiento.

CONCLUSIONES

4 CONCLUSIONES

El rendimiento de calabacita se maximiza con el uso de acolchado Plástico, sin embargo, en el contexto de la agricultura de traspatio, este material incrementa los costos de producción con respecto a los otros acolchados utilizados que son desechos de sistemas pecuarios, forestales y mineros. Además, la utilización de plásticos en la agricultura resulta un problema de importancia ambiental, ya que no son materiales reciclables y por tanto se vuelven desechos contaminantes.

Los resultados del experimento indican que la aplicación de estiércol como acolchado produjo rendimientos mayores que el acolchado de plástico en cultivos como el brócoli y la lechuga, sin embargo, su ineficacia en relación con el control de enfermedades y carga laboral en el hogar puede, a la larga, reducir los beneficios, como ocurrió en el cultivo de calabacita.

El uso de materiales granulares como la Arena, es una aplicación amigable con el medio ambiente, que se puede usar según la disponibilidad de recursos y se puede recomendar para el cultivo orgánico de vegetales como calabacita y brócoli.

En este experimento no se encontró una relación significativa entre la temperatura del suelo y el rendimiento de los cultivos evaluados, sin embargo, se considera necesario realizar más pruebas durante diferentes épocas del año con el fin de identificar si bajo otras condiciones este comportamiento pudiera ser diferente.

El estiércol, arena y aserrín como acolchados pueden ser una opción amigable con el medio ambiente que se puede usar según la disponibilidad de recursos, se puede recomendar para el cultivo orgánico de vegetales, sin embargo, es pertinente considerar que tienen menor eficacia para el control de maleza. En cambio, en este tipo de acolchados es posible obtener productos como el quelite que pueden generar ingresos adicionales para los productores.

La utilización de Aserrín como acolchado, si bien genera incrementos en la temperatura del suelo, requiere más estudios que permitan identificar si una modificación en el manejo del riego permitiría mejores resultados en el rendimiento de los cultivos.

La utilización de acolchados orgánicos e inorgánicos en la producción de hortalizas es una práctica común, en este experimento se obtuvieron incrementos en el rendimiento de los

cultivos evaluados y en la temperatura del suelo, además, se observaron otros beneficios que no fueron medidos como menores tiempos de deshierbe y la presencia de plagas y enfermedades.

5 REFERENCIAS

- Abd El-Wahed, M. H., Baker, G. A., Ali, M. M., & Abd El-Fattah, F. A. (2017). Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. *Scientia Horticulturae*, 225, 235–242. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.007>
- Adetunji, I. A. (1990). Effect of mulches and irrigation on growth and yield of lettuce in semi-arid region. *Biotronics*, 19, 93–98.
- Affholder, F. *et al.* (2013) ‘The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics: Assessment and analysis through field surveys and modelling’, *Field Crops Research*, 143, pp. 106–118. doi: 10.1016/j.fcr.2012.10.021.
- Agroware T. (2016). El Mulching para incrementar la calidad de tu producción agrícola. Disponible en: <https://sistemaagricola.com.mx/blog/mulching-mayor-calidad-produccion/>. Consultado el 7/06/2020.
- Aiyelaagbe, I. O. O. and Fawusi, M. O. A. (1986) ‘Growth and yield response of pepper to mulching’, *Biotronics*, 15, pp. 25–29.
- Allaire, S. E., Caron, J., Ménard, C., & Dorais, M. (2005). Potential replacements for rockwool as growing substrate for greenhouse tomato. *Canadian Journal of Soil Science*, 85, 67–74.
- Amezquita, E. (1994). Residuos orgánicos superficiales (Mulch), su importancia en el manejo de los suelos. VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo (págs. 9-15). Bucaramanga - Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Attallah S.Y., 2016. Effect of plastic mulch color on growth and productivity of different summer squash varieties grown off-season. *Assiut J. Agric. Sci.* 47(4), 167-177.
- Banco Mundial. 2012. *Agricultura y Desarrollo Rural*, Vol. 2012.
- Barche, S., Nair, R. and Jain, P. K. (2020) ‘A review of mulching on vegetable crops production’, 9(January 2015), pp. 1889–1893. doi: 10.13140/RG.2.2.14223.33440.
- Biondo, R. y Lee, J. (1997) *Introduction to Plant and Soil Science and Technology*. United States of America: Interstate Publishers, Inc.
- Bockheim, J. G., Gennadiyev, A. N., Hammer, R. D., & Tandarich, J. P. (2005). Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma* (124), 23-36.
- Brown, J. E., Dangler, J. M., Woods, F. M., Tilt, K. M., Henshaw, M. D., Griffey, W. A., & West, M. S. (1993). Delay in Mosaic Virus Onset and Aphid Vector Reduction in Summer Squash Grown on Reflective Mulches. *HortScience*, 28(9), 895–896.

- Buchmann, C. (2009) 'Cuban home gardens and their role in social-ecological resilience', *Human Ecology*, 37(6), pp. 705–721. doi: 10.1007/s10745-009-9283-9.
- Bucki, P. & Siwek, P. (2019). Organic and non-organic mulches impact on environmental conditions, yield, and quality of Cucurbitaceae. *Folia Horticulturae*. 31(1): 129-145.
- Clarkson, V.A. and W.A. Frazier. 1957. Effect of paper and polyethylene mulches and plastic caps on cantaloupe yields and earliness. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 69:400–404.
- Černiauskiene J., Kulaitiene J., Danilčenko H., Jariene E., 2015. Proc. 7th International Scientific Conf. Rural Development, 19-20 November, Akademija
- Coleman, D., Crossley, D. y Hendrix, P. (2004) *Fundamentals of Soil Ecology*. 2nd ed.
- Davis, J. N. *et al.* (2011) 'LA Sprouts: A Gardening, Nutrition, and Cooking Intervention for Latino Youth Improves Diet and Reduces Obesity', *Journal of the American Dietetic Association*. Department of Preventive Medicine, Keck School of Medicine, University of Southern California, Los Angeles, United States: Elsevier Inc., 111(8), pp. 1224–1230. doi: 10.1016/j.jada.2011.05.009.
- Domínguez-Hernández, E. (2020) *Mejoramiento de huertos familiares en Ahuazotepec, Puebla, bajo una visión Transdisciplinaria*. Tesis Doctoral. IPN.
- Dorais, M., Ménard, C., & Bégin, G. (2007). Risk of Phytotoxicity of Sawdust Substrates for Greenhouse Vegetables. *Acta Horticulturae*, 761, 589–594. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.761.82>
- FAO. 2002. Perspectivas por sectores principales: La tierra, el agua y los cultivos. in: *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Roma, Italia, pp. 38-49.
- FAO (2016b) *The state of food and agriculture. Climate change, agriculture and food security*. Rome: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).
- FAO (2014) 'Hacia una Agricultura Familiar más fuerte', *Voces en el año Internacional de la Agricultura Familiar*, p. 31. Available at: <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/prioridades/agricultura-familiar/%5Cnhttp://www.fao.org/3/a-i4171s.pdf>.
- Ferus P., Ferusová S., Kóna J., 2011. Water dynamics and productivity in dehydrated watermelon plants as modified by red polyethylene mulch. *Turk. J. Agric. For.* 35, 391-402.
- Galhena, D., Freed, R. and Maredia, K. M. (2013) 'Home gardens: a promising approach to enhance household food security and wellbeing', *Agriculture & Food Security*, 2(1), p. 8. doi: 10.1186/2048-7010-2-8.

- Gliessman, S. R. (1990) 'Integrating trees into agriculture: the home garden agroecosystem as an example of agroforestry in the tropics', *Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. SpringerVerlag New York, pp. 160–168.
- Gliessman, S. R. (2015) *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. 3rd ed. CRC Press.
- González-Amaro, R. M., Martínez-Bernal, A., Basurto-Peña, F., & Vibrans, H. (2009). Crop and non-crop productivity in a traditional maize agroecosystem of the highland of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5, 3–11. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-5-38>.
- Gordon, G., Foshee, W. Reed, S., Brown, J., Vinson, E. & Woods, F. (2008). Plastic Mulches and Row Covers on Growth and Production of Summer Squash. *Journal of Vegetable Science*, 14:4, 322-338. <http://dx.doi.org/10.1080/19315260802215830>.
- Gruda, N. (2008) 'The effect of wood fiber mulch on water retention, soil temperature and growth of vegetable plants', *Journal of Sustainable Agriculture*, 32(4), pp. 629–643. doi: 10.1080/10440040802395049.
- Gu, X., Li, Y., Du, Y. (2017). Biodegradable film mulching improves soil temperature, moisture and seed yield of Winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Soil & Tillage Research*. 171: 42-50.
- Haapala, T., Palonen, P., Korpela, A., & Ahokas, J. (2014). Feasibility of paper mulches in crop production: A review. *Agricultural and Food Science*, 23(1), 60–79. <https://doi.org/60-79>
- Habimana S., Ngezahimana J.B., Nyabyenda E., Umulisa C., 2014. Growth and yield of watermelon as affected by different spacing and mulching types under Rubona conditions in Rwanda. *Scholarly J. Agric. Sci.* 4(10), 517-520.
- Ham, J. M., Kluitenberg, G. J. and Lamont, W. J. (1993) 'Optical Properties of Plastic Mulches Affect the Field Temperature Regime', *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118(2), pp. 188–193. doi: <http://journal.ashspublications.org/content/118/2/188.short>.
- Hartwig, N., & Ammon, H. (2002). Cover crops and living mulches. *Weed science*, 50 (6), 688-699.

- Henríquez Henríquez S.. (2014). Efecto de acolchados sobre propiedades físicas de un suelo de la sabana de Bogotá y su relación con el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L). En Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias(18 pp). Bogotá DC., Colombia: Facultad de Agronomía. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52257/07790783.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrero, M. *et al.* (2017) 'Farming and the geography of nutrient production for human use: a transdisciplinary analysis', *The Lancet Planetary Health*. The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an Open Access article under the CC BY license, 1(1), pp. e33–e42. doi: 10.1016/S2542-5196(17)30007-4.
- INEGI (2014). Información por Entidad Federativa y Municipio: Ahuazotepec, Puebla. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21> (Consultado: el 25 de septiembre de 2020).
- Infante, A. (2004). Abonos verdes y mulch. *Chile Agrícola* 29:30-31.
- Jansen Van Rensburg, W. S., Venter, S. L., Netshiluvhi, T. R., Van Den Heever, E., Vorster, H. J., & De Ronde, J. A. (2004). Role of indigenous leafy vegetables in combating hunger and malnutrition. *South African Journal of Botany*, 70(1), 52–59. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)30268-4](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)30268-4)
- Jones, A. D. *et al.* (2012) 'Heavy agriculture workloads and low crop diversity are strong barriers to improving child practices in the Bolivian Andes.', *Social Science & Medicine*, 75(9), pp. 1673–1684. doi: 10.1016/j.socscimed.2012.06.025.Heavy.
- Jones, A. D. (2015) 'The production diversity of subsistence farms in the Bolivian Andes is associated with the quality of child feeding practices as measured by a validated summary feeding index', *Public Health Nutrition*, 18(02), pp. 329–342. doi: 10.1017/S1368980014000123.
- Keatinge, J. D. H. *et al.* (2011) 'The importance of vegetables in ensuring both food and nutritional security in attainment of the Millennium Development Goals', *Food Security*, 3(4), pp. 491–501. doi: 10.1007/s12571-011-0150-3.
- Landon-Lane, C. (2005) Los medios de vida crecen en los huertos, Diversificación de los ingresos rurales mediante las huertas familiares. Roma, Italia: FAO. Available at: <http://www.fao.org/3/y5112s/y5112s03.htm#bm3>.

- León E. (2016). Universidad De Cuenca Facultad De Ciencias Agropecuarias. En efecto de la retención de agua y las propiedades físicas del suelo, por la aplicación de tres tipos de coberturas, en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa*), regado mediante goteo. (22 pp). Cuenca, Ecuador: Universidad De Cuenca Facultad De Ciencias Agropecuarias. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24393/1/TESIS.pdf>
- Lorenzo, G. A. et al. (2018) ‘Sand mulching and its relationship with soil temperature and light environment in the cultivation of *Lilium longiflorum* cut flower’, *Scientia Horticulturae*. Elsevier, 240, pp. 453–459. doi: 10.1016/j.scienta.2018.06.025.
- Lourduraj C., A.K.Padmini, R. Rajendran, V. Ravi, T. Pandiarajan, and V.V. Sreenarayanan. 1997. Effect of plastic mulching on bhendi *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.
- Lizeaga, J. Zapiain, M. Lizeaga. (1992). Estudio de las temperaturas del suelo a 15,30 y 45 cm. de profundidad en 3 ecosistemas (Hayedo, Robledal y Argomal) De Artikutza (Navarra). En Cuadernos de Sección. Historia 20 (313-325). Donostia: Eusko Ikaskuntza.
- Mahadeen A.Y., 2014. Effect of polyethylene black plastic mulch on growth and yield of two summer vegetable crops under rain-fed conditions under semi-arid region conditions. *Am. J. Agric. Biologic. Sci.* 9(2), 202-207.
- Majkowska-Gadomska J., 2010. The chemical composition of fruit in selected melon cultivars grown under flat covers with soil mulching. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9(2), 39-52.
- Marsh, R. (1998) ‘Building on traditional gardening to improve household food security’, *FNA/ANA Bulletin*, 22, pp. 4–14. Available at: [http://www.cnisbss.org/Newsline/PDF/LJR_19092007/Building_on_traditional_gardening_to_improve_\(6\).pdf](http://www.cnisbss.org/Newsline/PDF/LJR_19092007/Building_on_traditional_gardening_to_improve_(6).pdf).
- Minuto G., Guerrini S., Versari M., Pisi L., Tinivella F., Bruzzone C., et al. 2008. Use of biodegradable mulching in vegetable production. Proc. 16th IFOAM Organic World Congress, 16-20 June, Modena, Italy.
- Miura, S., Kunii, O. and Wakai, S. (2003) ‘Home gardening in urban poor communities of the Philippines’, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(1), pp. 77–88. doi: 10.1080/0963748031000062010.
- Montenegro, H., & Malagón, D. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Mullins, G. et al. (1996) ‘Impacts of intensive dairy production on smallholder farm women in coastal Kenya’, *Human Ecology*, 24(2), pp. 231–253. doi: 10.1007/BF02169128.

- Mundo-Rosas, V. *et al.* (2014) 'Diversidad de la dieta y consumo de nutrimentos en niños de 24 a 59 meses de edad y su asociación con inseguridad alimentaria', *Salud Publica de Mexico*, 56(SUPPL.1), pp. 39–46.
- Ng, M. *et al.* (2014) 'Global, regional and national prevalence of overweight and obesity in children and adults 1980-2013: A systematic analysis', *Lancet*, 384(9945), pp. 766–781. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60460-8.Global.
- Niñez, V. (1987) 'Household gardens: theoretical and policy considerations.', *Agricultural Systems*, 23(September 1985), pp. 23: 167-186.
- Ngouajio, M., Auras, R., Fernandez, R. T., Rubino, M., Counts, J. W., & Kijchavengkul, T. (2008). Field performance of aliphatic-aromatic copolyester biodegradable mulch films in a fresh market tomato production system. *HortTechnology*, 18(4), 605-610.
- Olney, D. K. *et al.* (2015) 'A 2-year integrated agriculture and nutrition and health behavior change communication program targeted to women in Burkina Faso reduces anemia, wasting, and diarrhea in children 3-12.9 months of age at baseline: a cluster-randomized controlled trial.', *The Journal of nutrition*, 145(6), pp. 1317–24. doi: 10.3945/jn.114.203539.
- Orzolek M.D., Lamont W.J., 2013. Summary and recommendations for the use of mulch color in vegetable production. *Plasticulture*. <https://www.uaf.edu/>. Accessed 7 April 2018.
- Osei, A. *et al.* (2017) 'Combining Home Garden, Poultry, and Nutrition Education Program Targeted to families with Young Children Improved Anemia among children and anemia and underweight among non-pregnant women in Nepal', *Food & Nutrition Bulletin*. Department of Social Affairs, African Union Commission, PO Box 3243, Addis Ababa, Ethiopia, 38(1), pp. 1–16. doi: 10.1177/0379572116676427.
- Perichart-Perera, O. *et al.* (2010) 'Correlates of Dietary Energy Sources with Cardiovascular Disease Risk Markers in Mexican School-Age Children', *Journal of the American Dietetic Association*. Elsevier Inc., 110(2), pp. 253–260. doi: 10.1016/j.jada.2009.10.031.
- Pimentel, D. and Peshin, R. (2014) Integrated pest management: Pesticide problems, vol.3, *Integrated Pest Management: Pesticide Problems, Vol.3*. Edited by D. Pimentel and R. Peshin. Springer Science & Business Media. doi: 10.1007/978-94-007-7796-5.
- Pramanik, P., Bandyopadhyay, K. K., Bhaduri, D., Bhattacharyya, R., & Aggarwal, P. (2015). Effect of mulch on soil thermal regimes - A review. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 8(3), 667–681. <https://doi.org/10.5958/2230-732X.2015.00072.8.html>

- Rahman, M. J., Uddin, M. S., Bagum, S. A., Mondol, A. T., & Zaman, M. M. (2006). Effect of mulches on the growth and yield of tomato in the coastal area of Bangladesh under rainfed condition. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 1, 6-10.
- Ramírez M. R. (2010). AGREGADOS PARA CONCRETO: propiedades y clasificación. En Propuesta de modelo para determinar el impacto técnico-económico en mezclas de concreto hidráulico por el contenido de finos en los agregados del Río Sonora (14 - 26). Sonora, México: Universidad de Sonora. Division de Ingeniería. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21215/Indice.pdf>
- Rapsomanikis, G. (2015) The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries. Rome. doi: 10.1016/j.rausp.2016.10.004.
- Romero-Rodríguez, E., et al.. (2016). Acolchado con malla en cítricos: ventajas para el cultivo, instalación y manejo. 17 de Junio 2021, de Centro IFAPA Sitio web: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/157298-Acolchado-o-mulching-en-citricos-ventajas-para-el-cultivo-instalacion-y-manejo.html>
- Romo-Aviles, M. and Ortiz-Hernández, L. (2018) 'Energy and nutrient supply according to food insecurity severity among Mexican households', *Food Security*. Food Security, 10(5), pp. 1163–1172. doi: 10.1007/s12571-018-0836-x.
- Rose, M. A., & Smith, E. (2001). Ohio State University Extension, online Fact Sheet, "Mulching Landscape Plants", HYG-1083-96. Obtenido de <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/1000/1083.html>
- Roy, S., Arunachalam, K., Dutta, B. K. y Arunachalam, A. (2010) Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. Zea mays, Phaseolus vulgaris and Abelmoschus esculentus, *Applied Soil Ecology*. doi: 10.1016/j.apsoil.2010.02.004.
- Schreinemachers, P., Simmons, E. B. and Wopereis, M. C. S. (2018) 'Tapping the economic and nutritional power of vegetables', *Global Food Security*, 16(June 2017), pp. 36–45. doi: 10.1016/j.gfs.2017.09.005.
- Sellés Van Schouwen, G., Ferreyra Espada, R., Ruiz Schneider, R., Ferreyra Bustos, R., & Ahumada Briones, R. (2012). Compactación de suelos y su control: Estudio de casos en El Valle de Aconcagua. *Boletín INIA* (234), 53.
- Summers, C. G., Mitchell, J. P., & Stapleton, J. J. (2004). Management of aphid-borne (Homoptera: Aleyrodidae) in Zucchini Squash by Using UV Reflective Plastic and Wheat Straw Mulches. *Environmental Entomology*, 33, 1447–1457. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.5.1447>
- Tesi, R. (2000). Medios de protección para la hortoflorofruticultura y los viverismo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España

- Unger, P. W. (2001). Paper pellets as a mulch for dryland grain sorghum production. *Agronomy Journal*, 93, 349-357.
- Vieira M.G.A., da Silva M.A., dos Santos L.O., Beppu M.M., 2011. Natural-based plasticizers and biopolymer films: a review. *Eur. Polym. J.* 47, 254- 263.
- Vieyra-Odilon, L., & Vibrans, H. (2001). Weeds as crops: The Value of Maize Field Weeds in the Valley of Toluca, Mexico. *Economic Botany*, 55(3), 426–443. <https://doi.org/10.1007/BF02866564>
- Walters, S. A. (2003). Suppression of watermelon mosaic virus in summer squash with plastic mulch and rowcovers. *HortTechnology*, 13(2), 352-357.
- Zribi W. (2013). Estructura y fertilidad del suelo. En efectos del acolchado sobre distintos parámetros del suelo y de la nectarina en riego por goteo (11-12). Zaragoza: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/130924/Twz1de1.pdf?sequence=2>
- Zribi W. (2011). Información técnica económica agraria, vol. 107 n. ° 2. En Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas (148-162). Zaragoza: Separata ITEA.