



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**USO Y MANEJO DE ESPECIES VEGETALES ESTABLECIDAS EN
HUERTOS FAMILIARES EXPUESTOS A METALES PESADOS:
ESTUDIO DE CASO EN HAUTLA, MORELOS.**

**TESIS PROFESIONAL
POR ETAPAS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A:
CARLOS ANGEL QUINTANA OCAMPO

**DRA. AMANDA ORTÍZ SÁNCHEZ
DR. EFRAÍN TOVAR SÁNCHEZ**

CUERNAVACA, MORELOS

18 DE MARZO, 2021

Agradecimientos

Es difícil pensar que estoy culminando la licenciatura e incluso me llena de emoción escribir estas últimas palabras con las cuales finalizan el ciclo que jamás pensé que tuviera fin.

Primeramente, quisiera agradecer a mi alma máter por haberme brindado todas las herramientas suficientes para finalizar con mis estudios a nivel licenciatura.

A mi facultad por todas las enseñanzas impartidas por sus profesores. Las horas de tensión en el aprendizaje dentro de las aulas. Anhele algún día llegar a retribuir a todos mis mentores por todos sus conocimientos, por todos sus años dedicados a la construcción de profesionistas, debo reconocer su trabajo, quizá sea el mejor trabajo de todos. ¡De todo corazón gracias!

Quiero agradecer a mis directores de tesis a la Dra. Amanda Ortiz Sánchez y Dr. Efraín Tovar Sánchez, por sus comentarios y enseñanzas que no solo me ayudaran a seguir creciendo como persona.

Agradezco el honor y la fortuna de haber tenido un gran comité sinodal tan lleno de conocimiento y entusiasmo por la enseñanza, por querer innovar día a día. (Dra. María Luisa Castrejón Godínez, Dra. Leticia Isabel Valencia Cuevas, Dra. Patricia Mussali Galante, y al Dr. Alexis Joavany Rodríguez Solís).

Dra. Laura Ortiz Hernández, Dra. Belinda Josefina Maldonado Almanza, y al Mtro. Enrique Sánchez Salinas por sus conocimientos de los cuales perduraran más de una eternidad, muchísimas gracias por sus acertados comentarios, y enseñanzas.

Quizá no sea la mejor manera de agradecer su amistad, su tiempo o ninguna de las anteriores. Debo decir francamente que han sido un gran apoyo, porque han estado conmigo en momentos difíciles tanto como en los mejores. (Alan Morrison /Perico, Xavi/mi amiguito alopécico, Lalo

Santos Herrera/ Junior, Ari serás jabón quimera o pokemón, Gerardo Dirzo/Dorzochan, Yaquelin, Edwin Rueda, Joselyn Suarez Piña, y a todos los demás que faltaron) sin duda alguna jamás olvidare las largas noches que estudiábamos, las sesiones de filosofar, de intercambiar conocimiento, sin duda alguna todos los momentos a su lado los llevare siempre en mi corazón y en mi alma. De ser posible regresaría el tiempo para volver a compartir todas las aventuras nuevamente.

Nadesha Uriostegui, intentare ser breve, lo prometo. Has sido una persona fundamental en mi crecimiento, me has impulsado a hacer más cosas de lo usual. Con anterioridad he intentado pensar sobre cuales serían las palabras ideales para agradecerte todo tu apoyo, comprensión y amor que me has dado. ¡Vaya que si estoy en deuda contigo!, valoro todos los momentos que paso a tu lado, eres una gran mujer, te admiro por tu inteligencia y pasión para realizar alguna encomienda. Que a pesar de tus debilidades nunca te muestras débil o frustrada. Te amo y mucho.

*Finalmente, debo agradecer al destino o a la aleatoriedad por haber tenido a mi familia ** Este va por ustedes** que, a pesar de todos nuestros defectos, seguimos juntos, gracias a ustedes por todo el apoyo Amo a mis padres: Margarita Ocampo Ortiz, y Antonio Quintana Juárez (Los más grandes pilares de mi vida, sin ustedes estaría perdido). Gracias ma y pa por haberme regañado, haberme ayudado a mantener los pies en la tierra y por haberme ayudado a alcanzar este objetivo, gracias por haberme enseñado a valorar las cosas. A mis hermanos por el tiempo que jugamos de niños y por sus enseñanzas que, aunque no me llevaron a ningún lugar jejeje les agradezco incondicionalmente el haberme llevado de la mano al parque y por no haberme dejado a la deriva en ningún momento de mi vida los quiero mucho. A mis sobrinas (Regina Danae Quintana Silva y a Ximena Mayte Quintana Soto) que, a pesar de no ser mis hijas, siempre tratare de estar ahí por ustedes, y guiarlas por un buen camino. ¡Tal vez no sea el mejor tito, pero les aseguro que jamás encontrarán otro que las ame tanto como yo!*

¡Gracias vida por lo aprendido en este tiempo, gracias por dejarme vivir y disfrutar de ti!

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE MAPAS.....	6
ÍNDICE DE ANEXOS	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Huertos familiares	9
1.1.1. Sistemas de clasificación y caracterización de los huertos familiares	10
1.2. Uso y manejo de especies vegetales.....	11
1.3. Minería en México.....	12
1.4. Jales mineros.....	12
1.5. Metales pesados.....	13
1.6. Vías de absorción de metales pesados en plantas.....	14
1.7. Efectos de metales pesados en plantas	14
1.8. Efectos de los metales pesados en la salud humana.....	15
2. ANTECEDENTES.....	16
3. HIPÓTESIS.....	17
4. OBJETIVOS.....	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1 Sitio de estudio	18
5.2 Gradiente de distancia de los huertos familiares del poblado de Huautla con respecto al jale	19
5.3 Criterios de inclusión y selección de los huertos familiares del poblado de Huautla	20
5.4 Entrevistas dirigidas al personal encargado del huerto familiar.....	21
5.5 Colecta de ejemplares de herbario asociados a los huertos familiares de Huautla.....	21
5.6 Determinación de muestras de ejemplares de herbario	22
5.7 Medición de la concentración de metales pesados	23
5.8 Análisis estadístico	23
6. RESULTADOS	26
6.1 . Caracterización de los responsables de los huertos familiares de Huautla.....	26
6.2 . Caracterización física y de similitud vegetal entre huertos familiares de Huautla	26
6.3 . Diversidad de la comunidad vegetal asociada a los huertos familiares ubicados en las diferentes zonas de contaminación del poblado de Huautla.....	27
6.4 . Caracterización del manejo de las especies vegetales en huertos familiares de Huautla.....	27
6.5 . Caracterización del uso de las especies vegetales en huertos familiares de Huautla.....	28
6.6 . Listado de especies vegetales presentes en los huertos familiares de Huautla.....	28
6.7 . Valor de importancia ecológica (VIE) de las especies vegetales asociadas a huertos familiares de Huautla.....	31
6.8 . Valor de importancia de uso (VIU) de las especies vegetales contenidas en los huertos familiares de Huautla	

6.9	Valores de importancia ecológica (VIE) y de uso (VIU) de las especies vegetales de los huertos familiares de Huautla	38
6.10	Usos de especies vegetales asociados a los huertos familiares del poblado de Huautla	40
6.11	Concentraciones de metales pesados presentes en las especies vegetales con mayor valor de importancia ecológica (VIE) y cultural (VIU) en los huertos familiares de Huautla	41
7.	DISCUSIÓN	43
7.1	. Uso y manejo de las especies vegetales de los huertos familiares de Huautla	43
7.2	. Similitud vegetal entre huertos familiares del poblado de Huautla	44
7.3	. Valor de importancia de uso y ecológica de las especies vegetales contenidas en los huertos familiares de Huautla	44
7.4	. Zonificación del poblado de Huautla por medio de la disponibilidad de metales pesados asociados a los huertos familiares	46
7.5	. Bioacumulación de metales pesados en plantas con mayor valor de importancia cultural y ecológica de Huautla	46
8.	CONCLUSIONES	49
9.	PERSPECTIVAS	50
10.	LITERATURA CITADA	51
11.	ANEXOS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Caracterización por zonas de contaminación en la localidad de Huautla, Morelos en relación con la biodisponibilidad de metales pesados.	20
FIGURA 2. Representación del muestreo de especies vegetales dentro de los huertos familiares.	21
FIGURA 3. Representación de las mediciones realizadas a las especies vegetales asociadas a los huertos de Huautla, Morelos.	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de similitud de índices de Jaccard y Czekanowski en porcentaje especies vegetales compartidas entre huertos familiares por zonas de contaminación por metales pesados de Huautla, Morelos.	27
Tabla 2. Matriz de índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, así como prueba estadística delta para comparar entre pares de índices de diversidad (Solow, 1993, **= $P < 0.001$).	27
Tabla 3. Listado de especies vegetales asociadas a los huertos familiares de Huautla, Morelos.	28
Tabla 4. Valor de importancia ecológica (VIE) de las especies vegetales ubicadas en los huertos familiares de Huautla, Morelos.	32
Tabla 5. Valores de uso medicinal, estructura vegetal para el uso medicinal y alimenticio para la obtención del valor de importancia cultural de las especies vegetales asociadas a los huertos familiares de Huautla, Morelos.	35
Tabla 6. Valores de importancia ecológica (VIE) y de uso (VIU) de las especies vegetales de los huertos familiares de Huautla.	38
Tabla 7. Resultados de las lecturas obtenidas de la espectrofotometría de absorción atómica en las diferentes estructuras vegetativas de las plantas con mayor valor de importancia de uso y ecológica de los huertos familiares de Huautla.	42

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación espacial de los huertos familiares donde se colectaron las especies vegetales con mayor valor de importancia ecológica y de uso.	41
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	57
Anexo 2.	59

1. Introducción

Los huertos son también llamados como traspatios, patios, o “camile” (del náhuatl) son definidos como el espacio o terreno libre que constituye una parte de la casa donde suele haber una cierta conexión entre las personas y la naturaleza. Particularmente, los huertos familiares (HF) son sistemas de cultivo que contribuyen a la economía familiar de forma positiva. Estos espacios son el mayor proveedor de alimentos y fuentes medicinales para las familias que dependen de los HF (Mariaca, 2012).

Los huertos familiares son espacios de interacción familiar ligados principalmente al género femenino, a la transmisión de prácticas y saberes, y a la extensión de las tareas domésticas, del cuidado que conlleva a la conservación de los recursos naturales promoviendo la biodiversidad de la zona (Mariaca, 2012; Idohou et al. 2014).

A través de la historia se ha reconocido que los huertos fueron creados para satisfacer las necesidades del hombre, ya sea por uso alimentario, medicinal, leña, religioso, construcción, ornato, entre otras (Mariaca, 2012; Cobo y Paz, 2017).

En algunos huertos familiares podemos encontrar la conjugación entre plantas y animales domésticos. Una de las grandes ventajas de los huertos es que promueven de forma indirecta la conservación, además, los huertos pueden ser áreas de conectividad entre fragmentos de vegetación, y en algunos casos servir como refugio o alimento para fauna asociada (Caballero *et al.* 1998; Villaseñor y Ortíz, 2014).

Los HF son sistemas ecológicos importantes debido a que mantienen funciones ecosistémicas como son los altos niveles de actividad biótica y regulación de la oscilación térmica (Pulido *et al.* 2008), favoreciendo el balance biogeoquímico, lo que contribuye hacia el desarrollo de un sistema sustentable.

La importancia del estudio de los HF radica en que las zonas rurales cada vez se encuentran más influenciadas por perturbaciones que incrementan la reducción del territorio y del paisaje natural, promoviendo pérdidas en la biodiversidad (Alavalapati *et al.* 2004). Los HF pueden ser alterados por las actividades antropogénicas, las cuales afectan la composición de los parámetros edáficos, cambiando la estructura y composición de la vegetación (Alavalapati *et al.* 2004). En la actualidad, se ha documentado que el 65% de los residuos industriales que existen en México son generados por las actividades mineras (Carrizales *et al.* 2005), por lo que se convierte

en una fuente muy peligrosa de contaminación con grandes impactos ambientales, que afectan desde el subsuelo hasta la atmósfera, así como la flora y fauna asociada (Prieto *et al.* 2009).

En las zonas mineras, los residuos originados por esta actividad, comúnmente conocidos como colas, relaves, jales o tailings (Santoyo, 2016), son originados durante los procesos de recuperación de los metales a partir de minerales metalíferos, después de moler las rocas que los contienen y al mezclar las partículas que se forman con agua y pequeñas cantidades de sustancias químicas que facilitan la liberación de los metales (Vega 1999; Sánchez, 2000; Martínez, 2009). Cotidianamente los jales son dispuestos en los alrededores de las minas sin ningún tratamiento, y en muchas ocasiones se ubican en las cercanías de asentamientos humanos, por lo que representan un riesgo potencial para el ambiente y la salud de los pobladores (INEGI, 2007).

Los impactos negativos de los jales derivan principalmente de los elementos potencialmente tóxicos (ETP's) que contienen, como son los metales pesados con alta posibilidad contaminante y los drenajes ácidos que resultan de la oxidación de estos elementos (Reyes *et al.* 2008). Los EPT' contenidos en los jales tienden a ser removidos por el viento y el agua debido a que se encuentran en partículas muy finas ($\leq 50 \mu\text{m}$), propiciando que se acumulen en la capa más superficial del suelo quedando disponibles para ser absorbidos posteriormente por los organismos, y de esta manera incorporarse a las redes tróficas (Velasco *et al.* 2004; Puga *et al.* 2006; Santoyo-Martínez, 2016). En general, los jales se caracterizan por presentar concentraciones elevadas de Ag, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Mn y Fe (Corrales y Romero, 2013), estos elementos son considerados como metales pesados debido a su densidad de 5 g/cm^3 en su forma elemental. No obstante, a pesar de que estos elementos se encuentren en pequeñas concentraciones, son tóxicos para el ser humano (Anderson, 2003; Velasco *et al.* 2004).

Una vez que los metales tienden a ser biodisponibles, pueden ser movilizados hacia los organismos en un proceso denominado bioacumulación, el cual es definido como la tasa de aumento de la concentración de un contaminante en un organismo vivo (Moriarty, 1990; Mussali-Galante, 2013).

Las cadenas alimentarias no son series aisladas, por lo que varias de ellas se entrelazan hasta construir intrincadas redes alimentarias (red trófica), que es una serie compleja de relaciones productor-consumidor (Guerrero, 2004). Los metales pesados en lugar de ser transportados por el agua y el viento, éstos son absorbidos por las plantas, las cuales tienden a acumularlos (Abollino *et al.* 2002; Santoyo, 2016). Los productores primarios (plantas) a su vez son el recurso alimentario de los consumidores primarios (herbívoros) y finalmente llegan a ser degradados por especies detritívoras (Begon *et al.* 2010).

Se ha documentado que la minería en nuestro país inició desde épocas prehispánicas, y es una de las principales actividades económicas. En el estado de Morelos, la minería se desarrolló durante los siglos XVIII, y a principios del siglo XIX, siendo una fuente de suma importancia para la economía de Huautla, poblado ubicado en el municipio de Tlaquiltenango, hasta que la actividad colapsó en la década de 1990. Hoy en día se pueden encontrar remanentes de la actividad minera, ya que muchos de los desechos fueron abandonados, expuestos al ambiente y colocados a escasos 500m del poblado de Huautla.

Otro riesgo potencial es que estos desechos que fueron deliberadamente abandonados a la intemperie al borde del "Arroyo chico" tienen conexión con los arroyos Juchitlán, Salitre y Atlipa, principales cuencas que forman el "Arroyo Grande" que desembocan en el Río Amacuzac (SEMARNAT, 2005).

1.1. Huertos familiares

Los HF son áreas donde la riqueza de especies y la composición florística juegan un papel importante desde el punto de vista ecológico y cultural. En estos espacios se transmiten conocimientos sobre los usos de los recursos, se realiza intercambio de especies vegetales entre los integrantes de las familias y vecinos. Son áreas propicias para el manejo de las especies, el cual va de acuerdo con las necesidades del hogar (Krishnamurthy *et al.* 2017). Caballero *et al.* (1998) y Villaseñor y Ortiz (2014) reportan que las especies vegetales que se aprovechan en los HF usualmente son:

1. *Toleradas*: implica tener acciones dirigidas a mantener dentro de ambientes humanizados, plantas útiles que existían antes de que el ambiente fuera transformado por el hombre.
2. *Fomentadas*: incluye diferentes estrategias dirigidas a aumentar la densidad de población de especies.
3. *Protegidas*: incluye cuidados como la eliminación de plantas competidoras y depredadores, aplicación de fertilizantes, podas y protección contra factores ambientales.

A pesar de que los HF se han ido moldeando conforme a las características del entorno, es muy importante reconocer la principal característica que es cultivar hortalizas frescas en forma intensiva o moderada, y de forma continua durante el año, lo que implica hacer siembras en forma escalonada.

Un factor importante para conocer el tamaño del huerto depende del número de personas que forman la familia. No obstante, tres aspectos importantes que deben tomarse en cuenta para lograr buenos resultados son la disponibilidad de agua y la planeación del propio huerto (la elección de las plantas que se van a cultivar, y el tamaño que se dispondrá para el HF). Es importante tener en cuenta este conocimiento, debido a que algunas hortalizas pueden plantarse sucesivamente durante el año en el mismo lugar.

1.1.1. Sistemas de clasificación y caracterización de los huertos familiares

A pesar de los diferentes esquemas de clasificación de huertos familiares propuestas por especialistas, universalmente no se ha establecido una forma más aceptada (Kehlenbeck, y Maass, 2004), por ello nosotros nos enfocamos en la clasificación por tipo de sustrato en que están contenidas las especies vegetales.

- *Huertos en la tierra*: Las plantas se siembran o trasplantan directamente a la tierra, en la que se desarrollarán hasta el final de su vida, o hasta que se retiren. Por lo regular en este tipo de huerto la tierra depende de la geología del lugar.
- *Huertos en contenedores*: El tipo de sustrato empleado en estos huertos suele variar, una vez que la introducen en un recipiente.

- *Huertos hidropónicos*: El agua que se utiliza para el riego de las plantas establecidas en este sistema, la mayoría de los casos esta agua esta fertilizada por algún tipo de materia orgánica, cabe destacar que en este tipo de plantaciones no existe un sustrato como tal, se tiene un soporte inerte para sostener a la planta y conducir el agua enriquecida hasta las raíces.

Además, las especies vegetales de los HF permite que las familias produzcan y consuman los productos frescos y saludables cultivados en el mismo, a bajo costo. Esta forma de alimentación ayuda a balancear la dieta, y contribuye con la prevención de las enfermedades que comúnmente aquejan a la población (Gelsomina-Martínez *et al.* 2005).

El HF es considerado como el mayor santuario de agrobiodiversidad, ya que son cientos de especies domesticadas y en proceso de domesticación que ahí coexisten. Asimismo, los HF sirven como zonas de amortiguamiento o zonas de reposo para algunas aves migratorias y/o residentes, insectos, reptiles y pequeños mamíferos que encuentran refugio y alimento en estos lugares debido a la fragmentación y reducción de los hábitats naturales para dichas especies. También es el espacio de difusión social, cultural y simbólica, donde especies arbóreas, arbustos y herbáceas convergen en asociación con la agricultura de temporal, perenne y para uso de ganadería (Fernandes y Nair, 1986; Mariaca, 2012).

1.2. Uso y manejo de especies vegetales

El manejo es un conjunto de prácticas dirigidas a adecuar o transformar un sistema. Sus elementos y los procesos que se llevan a cabo son de acuerdo a un plan humano con el fin de satisfacer necesidades, haciendo uso de sus recursos y modificando sus creencias culturales. Estudios anteriores reportan que el número de especies cultivadas y la composición de especies que se encuentran en los huertos domésticos puede atribuirse a las condiciones socioeconómicas de los encargados, las necesidades a atender, así como a la calidad del suelo (Kehlenbeck, y Maass, 2004). En el caso de México, el BADEPLAM (Base de Datos Etnobotánicos de Plantas Mexicanas), registra para nuestro

país un total de 50,000 especies vegetales, donde solo 7,122 registran algún tipo de uso (Villaseñor y Ortíz, 2014).

1.3. Minería en México

La minería es una actividad económica primaria, explora, aprovecha y extrae de forma directa a los minerales. Esta actividad tiene como finalidad explotar una amplia variedad de elementos, los cuales se encuentran al aire libre o en el subsuelo a diferentes niveles de profundidad. A lo largo del territorio mexicano se han registrado un total de 2,957 minas o unidades económicas. En general, la industria metalúrgica contribuye con el 4% del PBI (Producto Interno Bruto), y los principales metales que son extraídos por la actividad minera en México son: plata, bismuto, fluorita, celestita, wollastonita, cadmio, molibdeno, plomo, zinc, diatomita, sal, barita, grafito, yeso, oro y cobre (SGM, 2018).

A pesar de la importancia económica que genera la industria minera, ésta ha ocasionado grandes repercusiones a la naturaleza, principalmente debido al mal manejo del cierre de minas y los desechos generados que han sido abandonados a lo largo de su operación y expuestos al ambiente. En el caso del poblado de Huautla, se pueden encontrar remanentes de la actividad minera, producto del colapso de la actividad en la década de 1990 (Mussali-Galante, 2008).

1.4. Jales mineros

Son un producto de la extracción de los metales a los que se les ha denominado desechos mineros, lodos residuales, tailings o jales (Mussali-Galante, 2008). Algunos ETP's que podemos encontrar en los jales son Ag, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Mn y Fe. El tamaño de los jales es variado, el costo ambiental del abandono de estos residuos minerales es la contaminación del ambiente abiótico (agua, suelo, subsuelo, aire y sedimentos), elementos que también afectan a la flora y fauna del lugar donde se han depositado estos residuos (Prieto *et al.* 2009).

A nivel nacional la problemática de los jales mineros es su ubicación, porque la mayoría de las minas se establecieron cerca, e incluso dentro de zonas rurales, con la justificación de que la minería es propuesta como una actividad de beneficios potenciales

para los pobladores, tales como la creación de empleos, además de brindar servicios de salud, educación y modernizar la infraestructura de las comunidades durante la vida productiva de la mina. Este discurso concibe a la minería como un mecanismo efectivo para mejorar las condiciones de vida de las comunidades, argumento que sirve como base para justificar dicha actividad (Hernández et al. 2018).

1.5. Metales pesados

Los metales pesados presentan un tamaño ($\leq 10\mu\text{m}$), algunos metales se requieren como micronutrientes u oligoelementos porque a menudo actúan en las reacciones bioquímicas, pero en exceso son potencialmente tóxicos (P. ej., Fe, Co, Mn, Zn, V, Ni, Cr, Cu y W). Otros metales como Cd, Hg, Ag, Pb y U no tienen alguna función biológica y en pequeñas concentraciones son muy tóxicos (Prieto *et al.* 2009).

Los metales pesados son tóxicos para la flora y fauna ya que pueden bioacumularse en los organismos. La bioacumulación es el proceso en el que una sustancia(s) química(s) se acumulan en el organismo y causan daño al cuerpo o a las estructuras morfológicas en los órganos, siendo susceptibles a ser acumulados en un nivel trófico y transferirse entre niveles tróficos (Calvo Revuelta *et al.* 2003). La bioacumulación ocasiona el desequilibrio de la cadena trófica, modifica la estructura de la comunidad en términos de riqueza, diversidad, dominancia y composición de especies. En sitios contaminados por jales, los metales pesados son removidos por el agua y el aire, lo que promueve su acumulación y representa un riesgo potencial para la salud (Romero *et al.* 2002; Mussali-Galante, 2013).

La peligrosidad de los metales pesados es mayor que cualquier otro elemento, debido a que no son química ni biológicamente degradables, una vez emitidos perduran en el ambiente por varios e incluso cientos de años. La constante exposición de los seres vivos a diferentes niveles de contaminación y a diferentes agentes capaces de generar daño genotóxico llegando a provocar diversas enfermedades o complicaciones a la salud, motivo que ha generado un mayor interés en desarrollar técnicas para detectar las alteraciones. Por lo anterior, han surgido técnicas denominadas biomarcadores, las cuales son herramientas utilizadas para entender la relación entre la exposición a un

xenobiótico (sustancia exógena al organismo) y la evaluación del daño (Mussali-Galante, 2008).

1.6. Vías de absorción de metales pesados en plantas

La vegetación en general suele ser un indicador muy útil para saber si un sitio está contaminado por metales. Algunas plantas suelen considerarse como organismos centinelas (organismos que de forma natural o artificial nos informan del estado del ecosistema y son sensibles al cambio de condiciones ambientales). Existen dos vías por las cuales los metales pesados pueden incorporarse a los organismos vegetales: 1) vía simplástica y 2) vía apoplástica. La primera, también conocida como la vía rápida, pasa de célula en célula por los plasmodesmos, y por distintas capas de la raíz hasta llegar al xilema. La segunda es el mecanismo de absorción de agua y de algunos minerales, circulan por los espacios intercelulares hasta llegar a la endodermis.

El primer contacto que tienen las plantas con los metales pesados es con la raíz, este órgano vegetal absorbe los metales que se encuentran en el suelo integrándolos al ambiente espacial y temporalmente. Estos contaminantes pueden afectar el crecimiento de las plantas, causar cambios reproductivos (Puga *et al.* 2006). Sin embargo, algunas plantas, encapsulan a los metales pesados y los reincorporan al suelo.

1.7. Efectos de metales pesados en plantas

La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. La acumulación depende en primera instancia de la translocación de los metales pesados, desde que se encuentran biodisponibles en el suelo hasta que llegan a la raíz de la planta porque algunos elementos suelen formar compuestos complejos con elementos esenciales para la planta y que desafortunadamente son tóxicos en pequeñas o altas concentraciones como el cadmio, el plomo, entre otros. Los efectos por la exposición prolongada a metales pesados pueden ser benéficos o desfavorables por los individuos, debido a la susceptibilidad individual por cada organismo.

Se ha documentado que las plantas reaccionan ante los cambios de concentraciones de los factores edáficos, así en ambientes con elevadas concentraciones de MP biodisponibles la interacción planta-suelo establece la dinámica física, química y biológica de la absorción de los nutrientes y MP hacia la raíz y el resto de la planta (Guala *et al.* 2012). Uno de los efectos primarios de la fitotoxicidad de los metales pesados en la planta, es la inhibición de la división celular y consecuentemente del crecimiento en diferentes estructuras (raíz, tallo, hojas y fruto) (Todoreanu y Phillips, 2004). Por lo que, la evasión y la tolerancia de los metales pesados juegan un papel importante en el establecimiento y desarrollo de la planta en sitios contaminados.

La respuesta de las plantas ante las altas concentraciones de MP en sitios mineros ocasionan un mosaico de respuestas, generalmente, las plantas dicotiledóneas son más sensibles que las plantas monocotiledóneas, presentando reducción en sus estructuras macromorfológicas tallo, hojas y raíz, y micromorfológicas como la densidad estomática, número de tricomas foliar (Hernández-Lorenzo, 2015).

1.8. Efectos de los metales pesados en la salud humana

La toxicidad de metales pesados ha sido ampliamente estudiada, donde se ha documentado que la relación entre la exposición a metales y los subsecuentes efectos sobre la salud son un proceso de varias etapas, las cuales incluyen: 1) exposición externa, 2) dosis interna, 3) efectos biológicos tempranos, 4) alteraciones en estructura y función celular, 5) cambios fisiológicos y 6) aparición de la enfermedad (Link *et al.* 1995; Vanden-Heuvel y Davis, 1999). En este contexto, varios metales son bien conocidos debido a su potencial carcinogénico, como el Cr, Cd, As, Ni, Co y Pb (Hartwig, 2000). Por ejemplo, El plomo al ser un catión divalente, se une de manera estrecha a los grupos sulfhidrilos de las proteínas ocasionando su desnaturalización. La exposición a dosis elevadas de este elemento puede ocasionar una serie de efectos adversos a la salud, que incluyen daño cerebral severo e incluso la muerte. En mujeres embarazadas puede provocar aborto, mientras que en hombres altera la espermatogénesis (ATSDR, 2007 y Covarrubias, 2017). Más aún, estos efectos se extienden más allá del nivel individual, originando alteraciones a nivel poblacional (Mussali Galante *et al.* 2013).

2. Antecedentes

El sector minero-metalúrgico en México contribuye de manera importante al PIB (8.2%), asimismo se ubica entre los diez principales productores de 16 diferentes minerales: plata, bismuto, fluorita, celestita, wollastonita, cadmio, molibdeno, plomo, zinc, diatomita, sal, barita, grafito, yeso, oro y cobre (Secretaría de Economía Nacional, 2018). Lamentablemente esta actividad da cavidad a la generación de residuos llamados comúnmente como jales mineros. En particular en Huautla, Morelos se depositaron 780 mil toneladas de residuos como consecuencia de la actividad minera, representando un riesgo potencial para el ambiente (Santoyo, 2016).

Incluso en un estudio realizado por la (SEMARNAT, 2004) en conjunto con el Instituto Nacional de Ecología, determinaron que los jales de Huautla contenían elevadas concentraciones de Pb (hasta 3340 mg/kg) y As (hasta 274 mg/kg) rebasando los límites máximos permisibles propuestos por la PROFEPA para As (20mg/kg en suelo residencial y 40mg/kg suelo industrial) y para Pb (200mg/kg en suelo residencial y 1500 mg/Kg para suelo industrial).

Debido a la cercanía que el poblado de Huautla tiene con los jales mineros, se espera, que los metales pesados se encuentren bioacumulados en los tejidos de las especies vegetales. En general, los estudios que se han realizado muestran que existe una acumulación de MP en el suelo producto de la minería, como consecuencia, los metales pesados son susceptibles a ser removidos por el agua y el aire, lo que atenúa que se acumulen en el suelo, para posteriormente ser absorbidos por algunas especies vegetales (Puga *et al.* 2006).

Un estudio previo realizado por Mussali-Galante (2008), en el poblado de Huautla, menciona que debido al tamaño que tienen algunas partículas como el Pb, As, Cd, Cr, Ni y V encontradas en los jales mineros, por su tamaño aerodinámico ($\leq 10\mu\text{m}$) pueden ser transportadas fácilmente hasta 10 km en el aire.

Los metales biodisponibles como Pb, As y Zn son susceptibles a la bioacumulación en la biota circundante a los jales de Huautla, lo que provoca cambios a los diferentes niveles de organización biológica. Especialmente, los productores primarios porque son elementos clave en la dinámica de los ecosistemas (Santoyo,

2016). Los efectos secundarios que son el resultado de la exposición a ETP's, son una realidad en la población ya mencionada anteriormente, y es un hecho que necesita de atención inmediata (Mussali-Galante, 2008).

Carlos Antonio Vergara (2018) midió la concentración de metales pesados solubles en suelo del poblado de Huautla, Morelos a través de un gradiente de distancia al jale, se detectaron cuatro metales pesados (Cu, Zn, Cd y Pb) y un metaloide (As) soluble, los resultados registraron un efecto significativo de la lejanía al jale sobre la concentración de metales y metaloides solubles en el suelo del poblado. Los sitios más cercanos al jale registraron las mayores concentraciones de metales solubles. También se documentó en este mismo trabajo que existe una relación entre la bioacumulación de MP en frutos de *Zea mays* L. (raza pepitilla) y los niveles de daño genético en plantas establecidas en los traspatios del poblado de Huautla.

A pesar de lo anterior, no existen estudios que evalúen la influencia de la contaminación por MP sobre las plantas en los HF de Huautla, Morelos. En México la mayoría de los estudios sobre HF se han realizado en la Península de Yucatán con un enfoque etnobotánico, agroecológico, cultural, entre otros, en general, estos estudios documentan que el huerto familiar es actualmente el mayor proveedor de alimentos (Mariaca, 2012).

3. Hipótesis

Si los metales pesados presentes en los jales mineros se encuentran biodisponibles, entonces se espera que las especies vegetales establecidas en los HF de la zona de mayor impacto más cercana a los jales mineros registren niveles más altos de bioacumulación de metales con relación a las especies establecidas en HF más alejados al jal minero.

Si la comunidad vegetal establecida en HF es determinada por el dueño de la casa, entonces se espera que las especies con mayor valor de importancia ecológica y cultural sean las especies más utilizadas y manejadas.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Describir el uso y manejo de las especies vegetales establecidas en huertos familiares expuestos a contaminación por los jales mineros de Huautla, Morelos.

4.2 Objetivos particulares

- Caracterizar la comunidad vegetal asociada a los huertos familiares en términos de riqueza, diversidad y abundancia relativa.
- Determinar el valor de importancia cultural y ecológica de la vegetación asociada a los huertos familiares.
- Caracterizar el uso y manejo de las especies vegetales pertenecientes a los huertos familiares.
- Determinar los niveles de bioacumulación de metales pesados en las tres especies vegetales con mayor valor de importancia cultural y ecológica.

5. Materiales y métodos

5.1 Sitio de estudio

Se ubica dentro del municipio de Tlaquiltenango, Morelos, es uno de los más grandes municipios del estado, tiene una superficie de 581.8 km², su población es de 31,534 habitantes y presenta una densidad poblacional de 58 habitantes/Km². Las principales actividades económicas del lugar son la ganadería, destinando 13,691 hectáreas de superficie para esta actividad (INEGI, 2010). El pueblo de Huautla se ubica (N 18°26'31.1"- 099°01'22.7"O, 966 m s.n.m), dentro del municipio de Tlaquiltenango y colinda con los pueblos de Juchitlán, Quilamula, y El limón. El poblado ocupa un espacio dentro del polígono de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH) decretada en el año de 1999. El tipo de vegetación predominante que lo caracteriza es la Selva

Baja Caducifolia, dominando por las familias vegetales: Fabaceae, Poaceae y Asteraceae (Dorado *et al.* 2003).

Existen dos jales cercanos al poblado de Huautla, El jal conocido como “El Pájaro verde” (N 18°26′02.8″ - 099°01′23.70) se encuentra a una altitud de 1,007 m, y siendo el más cercano a una distancia de 500m y el jal llamado “El portón” (N18°26′25.13″ - 099°01′50.98″ O) tiene una elevación de 999 m s.n.m, alejado del pueblo con un kilómetro de distancia aproximadamente. Debido a la cercanía del jale “Pájaro verde” se tomó de referencia el gradiente de distancia y el transecto para la selección de los HF del poblado de Huautla.

5.2 Gradiente de distancia de los huertos familiares del poblado de Huautla con respecto al jale

El lugar de colecta se realizó dentro de los huertos familiares pertenecientes al poblado de Huautla, Morelos. En donde se ubicó un punto de la cima del jale “Pájaro verde” en dirección al poblado, con la ayuda de un Garmin GPS Etrex 10 y se marcó un transecto de 1,200m dividido en tres zonas de manera equidistante cada 400 m, denominando **zona alta** a la más cercana al jale (0-400m); **zona media** distribuida entre los (400-800m) y la **zona baja** ubicada a las afueras del poblado (800-1200m) para abarcar con este transecto al poblado de Huautla con dirección sur-norte, estableciendo así un gradiente de distancia (Allende-Vergara, 2019); en donde se ubicaron 10 casas que tuvieran HF (traspatio) elegidas de manera aleatoria, para obtener un total de 30 HF (Figura 1). El diseño del muestreo se basó en la dirección que toman los vientos dominantes en la región, que son de sur a norte con variantes que van del sur al este u oeste, incluso de este a oeste basado en datos obtenidos en el 2018 por Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA's) del Sistema Meteorológico Nacional (SMN).

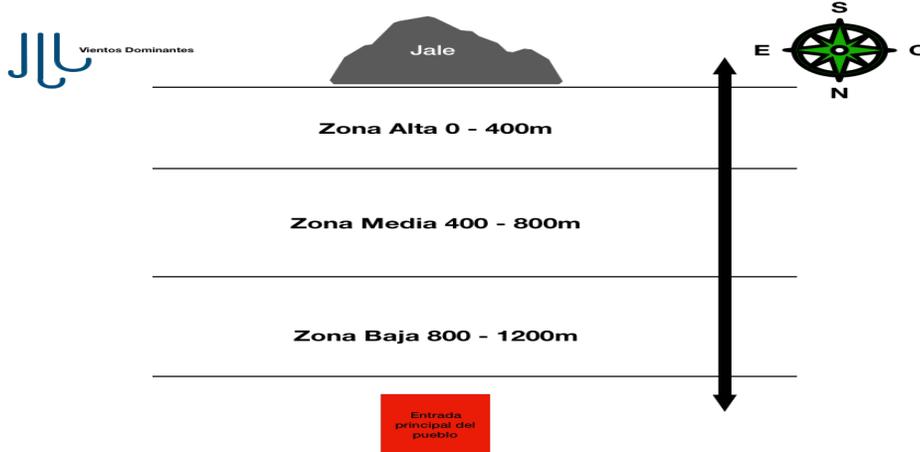


FIGURA 1. Caracterización por zonas de contaminación en la localidad de Huautla, Morelos en relación con la biodisponibilidad de metales pesados.

5.3 Criterios de inclusión y selección de los huertos familiares del poblado de Huautla

Los criterios de selección para los HF serán:

- 1.- Cercanía al punto establecido dentro del jal.
- 2.- No estar expuesto a animales domésticos (vacas, gallinas, perros, etc.) (Preferentemente).
- 3.- Persona encargada del HF: mayoría de edad y originaria(o) de Huautla (Preferentemente).
- 4.- La edad del HF \geq a 10 años.
- 5.- Tamaño de HF sea de espacio suficiente para realizar los tres transectos correspondientes.

5.4 Entrevistas dirigidas al personal encargado del huerto familiar

A los responsables de los HF se les aplicó una entrevista semiestructurada (Troncoso y Amaya, 2016.) las cuales tienen una estructura definida que se mantuvo al momento de ser realizada para cumplir con los objetivos y la metodología del proyecto (Anexo1). Se realizaron un total de 30 entrevistas para conocer y documentar el uso y manejo de las especies vegetales establecidas en cada uno de los huertos familiares seleccionados del poblado de Huautla.

5.5 Colecta de ejemplares de herbario asociados a los huertos familiares de Huautla

Para el muestreo vegetal en cada uno de los HF elegidos, se marcaron tres transectos (Figura 2) con un longímetro o cinta métrica de 30 m. Cada transecto de 10 metros de largo por un metro de ancho para poder formar pequeñas parcelas de un metro de largo por uno de ancho. Para la formación de cada parcela, en cada metro se plantó una estaca y se utilizó rafia para delimitar el área de los cuadrados. En total se formaron 10 parcelas dentro de cada transecto, y de forma aleatoria se seleccionaron 5. Dando así un total de 450 parcelas totales.

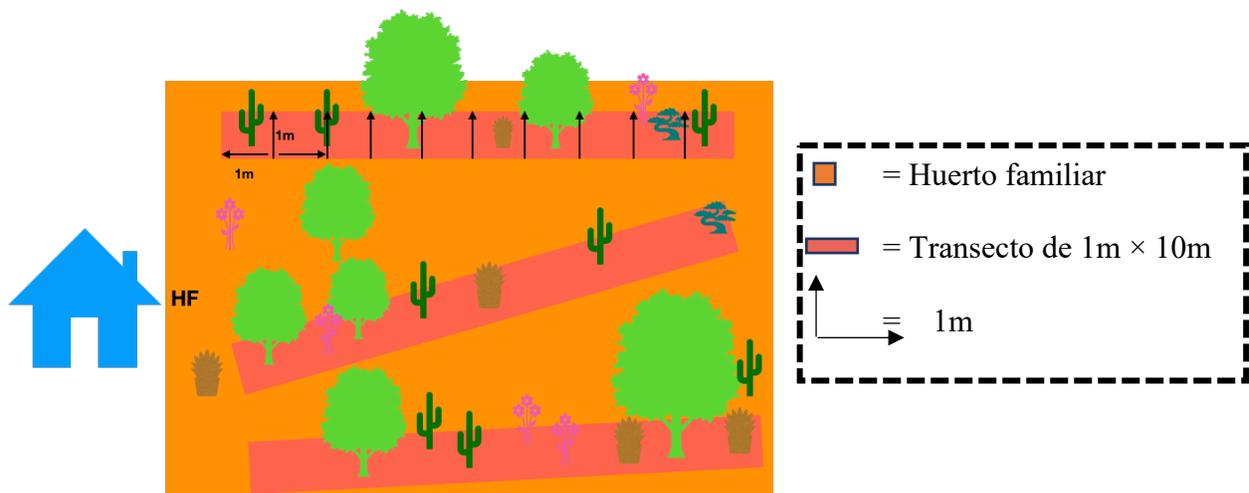


FIGURA 2. Representación del muestreo de especies vegetales dentro de los huertos familiares.

Representación gráfica del muestreo vegetal, se tomaron los siguientes datos y medidas: Nombre del individuo, altura, cobertura 1 (alto de la copa), cobertura 2 (largo de la copa), las medidas fueron tomadas usando un flexómetro de 10m y a los individuos de forma vegetativa (arbórea) se midió el diámetro altura de pecho con una cinta métrica, a las especies vegetales con forma vegetativa (arbustiva y herbácea) se midió la cobertura basal con la ayuda de un Calibrador Vernier Digital (Figura 3). Posteriormente, se tomaron ejemplares de herbario (tallo, hoja, flor, fruto, etc.) para su identificación.

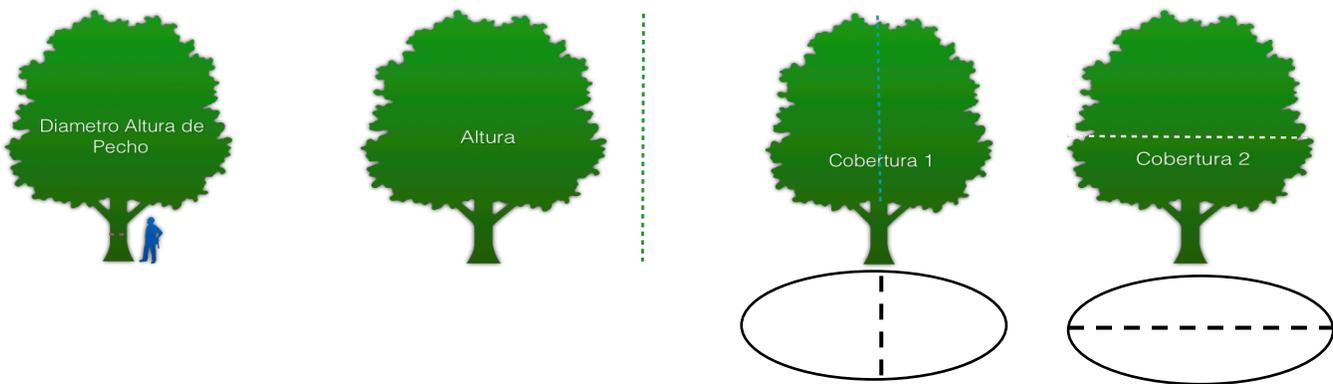


FIGURA 3. Representación de las mediciones realizadas a las especies vegetales asociadas a los huertos de Huautla, Morelos.

5.6 Determinación de muestras de ejemplares de herbario

Los ejemplares de herbario se secaron en una estufa eléctrica a 70 °C durante 1 semana aproximadamente. Posteriormente las muestras vegetales se llevaron al herbario (HUMO) del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC) para su identificación con la ayuda del M. en C. Gabriel Flores Franco curador y encargado del HUMO.

5.7 Medición de la concentración de metales pesados

Se muestrearon las tres especies vegetales con los mayores valores de importancia ecológica y cultural establecidas dentro de los HF. En cada una de las diferentes zonas de contaminación (alta, media y baja), se colectaron de manera aleatoria seis individuos de cada especie vegetal. En particular, se muestrearon las partes vegetales que utilizan o consumen los pobladores de Huautla, tales como: raíz, hojas, tallo, flor, fruto o semilla. Y con apego a lo señalado por NOM-117-SSA1-1994, que establece que los métodos de prueba para la determinación de distintos metales en alimentos, por espectrofotometría de absorción atómica.

Las muestras obtenidas fueron transportadas al Laboratorio de Investigaciones Ambientales del Centro de Investigación en Biotecnología (CEIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Posteriormente, se secaron en una estufa eléctrica a 80°C hasta obtener un peso seco constante. Se tomaron 25 g de cada muestra para ser pulverizada. Las muestras fueron digeridas con HNO₃ suprapuro concentrado bajo presión, en horno microondas, diluyéndose posteriormente el extracto líquido obtenido con agua desionizada para el tipo y contenido de metales. Posteriormente las muestras se llevaron a espectrofotometría de absorción atómica.

5.8 Análisis estadístico

Para caracterizar la comunidad vegetal asociada a los HF de Huautla, Morelos se determinó la riqueza de especies usando las siguientes fórmulas, las cuales nos dicen (S), cobertura y el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (D') (Zar, 2010).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Y donde p_i es la proporción de individuos registrados en la especie i .

$$D' = 1/D$$

donde $D = \sum p_i^2$

Para comparar los índices de diversidad entre HF y entre el gradiente de contaminación, se calculó el índice delta (δ ; Solow, 1993) en el programa Species Diversity and Richness ver. 3.0.3. (Henderson y Seaby, 2002) con el motivo de medir los grados de confiabilidad de los índices de riqueza de especies.

Para determinar la similitud de especies vegetales entre HF y gradiente de contaminación se calculó el coeficiente de similitud de Jaccard (CSJ) y Czekanowski (CSC), de misma manera para determinar que el porcentaje resultante fuese confiable.

$$ISJ = \frac{C}{A + B - C} \times 100$$

donde C es el número de especies que comparten ambas comunidades, A es el número de especies de la comunidad A, y B es número de especies de la comunidad B,

$$ISC = \frac{\sum (2m_i)}{\sum (a_i + b_i)} \times 100$$

donde a_i es la abundancia de la especie i en la comunidad A, b_i es la abundancia de la especie i en la comunidad B, m_i es el valor mínimo para la especie i (de tal manera, que puede ser a_i o b_i dependiendo cuál parámetro tenga el valor más pequeño), y S es la riqueza específica acumulada de las dos comunidades.

Se realizaron análisis de varianza de dos vías (ANOVA) para determinar el efecto del HF (hf) y gradiente de contaminación (gc), así como de la interacción $s \times e$ sobre la cobertura y riqueza de plantas vegetales registradas, y en caso de encontrar diferencias significativas se realizaron comparaciones *post hoc* mediante prueba de Tukey. Estos análisis estadísticos se realizaron en el programa STATISTICA ver. 8 (StatSoft, 2007).

Se calculó el valor de importancia de uso (VIC), como medida cuantitativa para asignar a las especies vegetales un valor de importancia basado en las categorías de uso reportadas por las personas entrevistadas que resultaran más importantes para las personas de acuerdo a sus necesidades. Este valor se calculó en todos los huertos con la fórmula:

$$VIC = (FR) + (FR) / (FR)$$

El índice de importancia o valor ecológico (Modificada de Krebs, 1985). Donde DR es la densidad relativa de las especies vegetales, FR es la frecuencia relativa de las especies vegetales y CR es la cobertura relativa de las especies vegetales.

$$VIE = (DR) + (FR) + (CR)$$

6. Resultados

6.1. Caracterización de los responsables de los huertos familiares de Huautla

En total, se realizaron 30 entrevistas semiestructuradas con 55 reactivos a las personas encargadas de los HF, para conocer el uso y el manejo que les dan a las especies vegetales. El promedio de edad (\pm desviación estándar) de los encargados es de 50.4 ± 16.9 años, en un intervalo de edad que oscila de 21 a 82 años. El 60% de los encargados fueron del sexo femenino y su edad promedio fue de 52.8 ± 16.0 (de 28 a 80 años), el 40% restante corresponde a hombres y su edad promedio fue de 46.7 ± 17.6 (de 21 a 82 años).

6.2. Caracterización física y de similitud vegetal entre huertos familiares de Huautla

Los HF del poblado de Huautla, Morelos son diferentes en estructura espacial, composición, manejo, y uso. De acuerdo a la clasificación de huertos utilizada y mencionada con anterioridad, el 100% de los HF pueden ser clasificados como mixtos, ya que el tipo de sustrato en el que estaban establecidas las plantas era en sustrato suelo y contenido en algún tipo de recipiente.

Los HF se caracterizan por presentar características edáficas y climáticas similares, de igual manera presentan un área superior a 20 m^2 . Sin embargo, los HF establecidos en las diferentes zonas de contaminación por metales pesados (alta, media y baja) muestran diferencias entre ellos en cuanto al porcentaje de especies vegetales compartidas.

Los índices de similitud de Jaccard (presencia/ausencia) y Csekanowski (abundancia relativa/presencia) (Tabla 1) muestran que la composición florística entre los HF tiene el siguiente patrón de similitud para ambos índices: Baja-Media > Alta-Media > Alta-Baja.

Tabla 1. Matriz de similitud de índices de Jaccard y Czekanowski en porcentaje especies vegetales compartidas entre huertos familiares por zonas de contaminación por metales pesados de Huautla, Morelos.

Zonas en contaminación	Jaccard	Czekanowski
Alta-Baja	40.91	25.71
Baja-Media	53.93	36.36
Alta-Media	45.83	29.73

6.3. Diversidad de la comunidad vegetal asociada a los huertos familiares ubicados en las diferentes zonas de contaminación del poblado de Huautla

El índice de diversidad de Shannon-Wiener y el índice de diversidad de Simpson mostraron el siguiente patrón de diversidad vegetal entre zonas de contaminación: media > alta > baja. Por su parte, el índice delta mostró que las diferencias en los valores de diversidad entre zonas de contaminación son estadísticamente diferentes (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, así como prueba estadística delta para comparar entre pares de índices de diversidad (Solow, 1993, ***=P<0.001).

		Zonificación		
		Baja	Media	Alta
Zonificación	Baja	8.04	$\delta = 7.853^{***}$	$\delta = 6.269^{***}$
	Media	13.45	$\delta = -5.411^{***}$	$\delta = 5.014^{***}$
	Alta	12.03	$\delta = 3.984^{***}$	$\delta = -1.427^{***}$

6.4. Caracterización del manejo de las especies vegetales en huertos familiares de Huautla

Las entrevistas semiestructuradas aplicadas en este modelo de estudio, nos permitió conocer el uso y el manejo, de las especies vegetales establecidas en los HF.

Los encargados de los HF son los responsables de mantener el buen estado del huerto, además promueven el establecimiento y propagación de algunas especies

vegetales de uso medicinal y comestible. El 90 % de los encargados del huerto negaron haber usado algún tipo de fertilizante químico para enriquecer el crecimiento de las especies vegetales.

El riego empleado en los HF varía entre zonas de estudio. i) La zona alta se abastece de un pozo de agua de la mina pájaro verde, ii) la zona media se abastece tanto de la presa de la población Cruz Pintada, así como de una toma de agua proveniente del poblado de Ajuchitlán, iii) la zona baja recibe el recurso hídrico de pozos perforados en el río que atraviesa a la población de Huautla.

6.5. Caracterización del uso de las especies vegetales en huertos familiares de Huautla

Se documentaron 83 especies vegetales asociadas a HF con los siguientes usos: 26.5% son plantas medicinales, 37.3% son especies vegetales comestibles, y el restante 36.2% son plantas con algún otro tipo de uso, pero que omitieron mencionarlas los entrevistados.

El 6.7% de los entrevistados reportaron que algunos de los frutos (P. ej., nanche y limón) que cosechan en sus huertos son utilizados para venta (especies vegetales provenientes en los huertos ubicados en la zona baja).

6.6. Listado de especies vegetales presentes en los huertos familiares de Huautla

En total, se documentaron 83 especies vegetales contenidas en 75 géneros pertenecientes a 44 familias. Las familias más representativas en cuanto al número de especies son: Fabaceae (n=7) > Rutaceae (n=6) > Poaceae (n=4), valores mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Listado de especies vegetales asociadas a los huertos familiares de Huautla, Morelos.

Familia	Especie	Nombre común
Asparagaceae	<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	Lengua de vaca
Acanthaceae	<i>Justicia spicigera</i> Schltld.	Muicle
Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L). Mossyakin & Clements	Epazote

Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
	<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Guanabana
	<i>Annona scuamosa</i> L.	Anona
Apocinaceae	<i>Vinca major</i> L.	Vinca
	<i>Plumeria rubra</i> L.	Cacaloxochitl
	<i>Taberaemontana tomentosa</i> L.	Vaquita
Araceae	<i>Singonium erectum</i> Schot.	Anturio
	<i>Spathiphyllum</i> sp.	Sin nombre
Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Agave
Asteraceae	<i>Verbesina crocata</i> (Cav.) Less.	Capitaneja
Berberaceae	<i>Lipia graveolens</i> . Kunth.	Oregano
Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i> Kunth	Coatecomate/Cirian
	<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	Tronadora
Bignoniaceae	<i>Parmentiera acuelata</i> Kunth.	Cuajilote
Boraginaceae	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	Roble prieto
	<i>Tournefortia densiflora</i> martens & galeotti	Flor del prieto
Burseraceae	<i>Bursera linanoe</i> Rzedowski.	Copal
Cactaceae	<i>Pereskia aculeata</i> Mill.	Uña de gato
	<i>Opuntia</i> sp.	Nopal
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya
	<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	Bonete
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro
Comelinaceae	<i>Tradescantia</i> sp.	Sin nombre
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita argyrosperma</i> Huber.	Calabaza
	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	Chayote
Cupressaceae	<i>Cupressus</i> sp.	Sin nombre
Ebenaceae	<i>Diospyros nigra</i> Jacq., Pl. hort. schoenbr.	Zapote
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus oconitifolius</i> (Mill.) I. M. Johnst	Chaya
	<i>Codiaeum</i> sp.	Croto

Fabaceae	<i>Gliricida sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Steud	Matarrata
	<i>Leucaena escuelenta</i> (Moc. & Sessé Ex. Dc.) Benth	Guaje Blanco
	<i>Acacia cochliantha</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd	Huizache
	<i>Denolix regia</i> (Bger) Raf.	Tabachín
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wif.	Guaje
	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guamúchil
Lamiaceae	<i>Plectranthus hadiensis</i> (Fossk.) Schweinf. Ex Sprenger	Vaporub
	<i>Menta spicata</i> L.	Hierbabuena
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Albacar
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate
Lythraceae	<i>Ponica granatum</i> L.	Granada
	<i>Lagerstroemia indica</i> (L.) Pers.	Árbol de Jupiter
Malpigiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Nanche
	<i>Bunchosia canescens</i> (Aiton) DC.	Nanche de perro
Malvaceae	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Jamaica
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Cuaulote
Meliaceae	<i>Melia azederach</i> L.	Neem
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> Kunth.	Ficus
	<i>Ficus trigonata</i> kunth	Ficus
	<i>Ficus insipida</i> Kunth.	Ficus/ Amate
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> LAM.	Moringa
Myrtaceae	<i>Psidium guajaba</i> L.	Guayaba
	<i>Eucalyptus globolus</i> Labill.	Eucalipto
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Bugambilia morada
Oleaceae	<i>Olea europea</i> L.	Olivo
	<i>Jaminum</i> sp.	Jazmín
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambolo
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo

	<i>Piper</i> sp.	Sin nombre
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Té Limón
	<i>Phyllostachys aurea</i> Rivière & C. Rivière	Bambú
	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Caña de azúcar
	<i>Hilaria cenchroides</i> Kunth	Hilaria
Rosaceae	<i>Rosa chinesis</i> Jacq.	Rosa
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Limón
	<i>Ruta graveolens</i> L.	Ruda
	<i>Citrus sinencis</i> (L.) Obeck	Naranja
	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarino
	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Naranja Jasmín
	<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle	Lima
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Chicomamey
	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Cainito
	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Steam	Mamey
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Pistache
Solanaceae	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill.	Jitomate
	<i>Capsicum annum</i> L.	Chile
	<i>Solanum</i> sp.	Sin nombre
Sterculiaceae	<i>Waltheria americana</i> L.	Quitamanteca
Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> L.	Cecropia

6.7. Valor de importancia ecológica (VIE) de las especies vegetales asociadas a huertos familiares de Huautla

Las especies vegetales que registraron los mayores valores de frecuencia relativa en los huertos familiares de Huautla son: limón > mango > palo prieto = naranja > ficus = guamuchil. Por su parte, las especies con los mayores valores de cobertura relativa fueron: guamúchil > ficus > anono > eucalipto > mamey > tamarindo. Por otro lado, las plantas con mayor densidad relativa fueron: limón > mango > naranja > palo prieto >

papayo > guamuchil. Por último, las especies con mayor valor de importancia ecológica son: mango > limón > guamuchil > naranjo > palo prieto > guaje (Tabla 4).

Tabla 4. Valor de importancia ecológica (VIE) de las especies vegetales ubicadas en los huertos familiares de Huautla, Morelos. En negritas se denotan las especies con los mayores valores registrados.

****Nota:** Las especies que no reportaron el nombre común se usó el nombre científico.

Espece	Frecuencia relativa	Cobertura relativa	Densidad relativa	VIE
Acacia	0.73	0.93	0.75	0.81
Agave	0.73	0.04	0.75	0.51
Aguacate	1.09	0.25	1.12	0.82
Albacar	0.73	0.01	0.75	0.49
Almendro	0.36	0.28	0.37	0.34
Anono	2.18	5.28	2.25	3.28
Anturio	0.36	0.03	0.37	0.26
Árbol de Jupiter	0.36	0.11	0.37	0.28
Bambú	0.36	0.28	0.37	0.34
<i>Spathiphyllum</i> sp.	1.09	0.07	1.12	0.76
<i>Piper</i> sp.	0.36	0.08	0.37	0.28
Bonete	0.36	0.09	0.37	0.28
Bugambilia	2.18	0.84	2.62	1.89
Bursera	0.36	0.91	0.37	0.56
Cacaloxóchitl	1.09	0.1	1.12	0.77
Calabaza	0.36	0.0	0.37	0.25
Caña Agría	1.09	0.01	1.12	0.42
Caña de azúcar	1.09	0.0	1.12	0.74
Carambolo	0.36	0.13	0.37	0.74
Cecropia	0.73	0.04	0.75	0.29
Ceiba	1.09	1.64	1.12	0.51
Chaya	1.09	0.41	1.12	1.3
Chayote	0.36	0.0	0.37	0.88
Chicomamey	1.45	2.17	1.12	0.25
Chile	1.09	0.01	1.12	1.6
Cainito	0.36	0.5	0.37	0.74

Ciruelo	2.91	2.48	3.00	2.82
Cordoncillo	0.73	0.5	0.75	0.66
Croto	0.73	0.04	0.75	0.5
Cuajillote	0.73	0.75	0.75	0.75
Cuatecomate	0.36	1.09	0.37	0.62
Cuna de Moises	0.36	0.01	0.37	0.25
Epazote	0.36	0	0.37	0.25
<i>Solanum</i> sp.	0.36	0.02	0.37	0.25
Eucalipto	0.36	4.48	0.37	1.77
Ficus	3.64	10.65	0.37	4.97
Granado	1.09	0.91	1.12	1.05
Guaje	2.91	4	3.00	3.33
Guaje Blanco	0.36	0.63	0.37	0.46
Guaje Rojo	0.36	0.4	0.37	0.38
Guamúchil	3.64	12.12	3.75	6.59
Guanábana	1.45	1.23	1.50	1.4
Guayabo	2.55	1.82	2.62	2.34
Hierbabuena	0.73	0.01	0.75	0.49
Hilaria	0.36	0.04	0.37	0.26
Jamaica	0.36	0.11	0.37	0.28
Jasmín	0.36	0.13	0.37	0.29
Jitomate	0.73	0.05	0.75	0.51
Lima	0.73	0.32	0.75	0.6
Limón	8.36	3.84	8.61	6.97
Mamey	1.45	4.34	1.50	2.46
Mandarino	1.45	1.17	1.50	1.38
Mango	7.27	10.1	7.49	8.36
Mesquite	0.73	1.63	0.75	1.05
Moringa	0.73	0.48	0.75	0.66
Muicle	1.09	0.07	1.12	0.76
Muñeca	0.73	0.06	0.75	0.51
Nanche	2.91	2.34	3.00	2.77
Naranja	4.36	3.86	4.87	4.39
Neem	1.09	1.08	1.12	1.1
Ninfa	0.36	0.01	0.37	0.25
Nopal	0.36	0.01	0.37	0.25

Orégano	0.36	0.02	0.37	0.25
Palmera	0.73	0.15	0.75	0.54
Palo Prieto	4.36	2.88	4.49	3.93
Papayo	3.27	0.61	3.37	2.42
<i>Cupressus</i> sp.	1.09	0.61	1.12	0.95
Piña	0.36	0	0.37	0.25
Pistache	0.36	0.02	0.37	0.25
Quita manteca	0.36	0.03	0.37	0.26
Rosa	0.73	0.06	0.75	0.51
Ruda	0.73	0.01	0.75	0.49
Savila	2.18	0.02	2.25	1.48
Siempre viva	0.36	0.01	0.37	0.25
Tabachin	1.45	2.93	1.50	1.98
Tamarindo	1.09	4.21	1.12	2.17
Té Limón	0.36	0.01	0.37	0.25
Té Negro	0.36	0.00	0.37	0.25
Tomate	0.73	0.00	0.75	0.49
Toronja	0.36	0.03	0.37	0.26
Tronadora	0.36	0.18	0.37	0.31
Uña de gato	0.36	1.02	0.37	0.59
Vaporub	0.36	0.01	0.37	0.25
Total				100

6.8. Valor de importancia de uso (VIU) de las especies vegetales contenidas en los huertos familiares de Huautla

Las especies vegetales que registraron los mayores valores de frecuencia relativa de uso medicinal son: Té limón > limón > cordoncillo = cuajilote = mango = neem = nopal = té negro. Los valores más altos de frecuencia relativa de la estructura vegetativa para uso medicinal son: Limón > caña agria = neem = nopal > bugambilia = epazote = guayabo = hierbabuena = sávila = vaporub. Por otra parte, las plantas con la frecuencia relativa más alta para el uso alimenticio son: Epazote = nopal > albacar = calabaza = chaya = chile = cuajilote = granado = guaje = hierbabuena = jitomate = limón > aguacate = anono = carambolo = chicomamey = ciruelo = guamúchil = guanábana = lima = mandarina = mango = nanche = naranjo y papayo = tamarindo = toronja = uña de gato. Mientras que

los valores más altos del VIU de las plantas presentes de los huertos familiares de Huautla son: Limón > nopal > epazote > chaya > té limón > neem. Lo anterior, se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Valores de uso medicinal, estructura vegetal para el uso medicinal y alimenticio para la obtención del valor de importancia cultural de las especies vegetales asociadas a los huertos familiares de Huautla, Morelos. En negritas se denotan las especies con los mayores valores registrados

Especie	Frecuencia relativa			VIU
	uso medicinal	estructura vegetal uso medicinal	uso alimenticio	
Acacia	0.00	0.00	0.00	0.00
Agave	0.00	0.00	0.00	0.00
Aguacate	0.00	0.00	2.27	0.76
Albacar	2.86	2.70	4.55	3.37
Almendro	0.00	0.00	0.00	0.00
Anono	0.00	0.00	2.27	0.76
Anturio	0.00	0.00	0.00	0.00
Árbol de Jupiter	0.00	0.00	0.00	0.00
Bambú	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Spathiphyllum</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Piper</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00
Bonete	0.00	0.00	0.00	0.00
Bugambilia	2.86	5.41	0.00	2.75
Burcera	0.00	0.00	0.00	0.00
Cacaloxochitl	0.00	0.00	0.00	0.00
Calabaza	0.00	0.00	4.55	1.52
Caña Agria	2.86	8.11	0.00	3.66
Caña de azúcar	0.00	0.00	0.00	0.00
Carambolo	0.00	0.00	2.27	0.76
Cecropia	0.00	0.00	0.00	0.00

Ceiba	0.00	0.00	0.00	0.00
Chaya	8.57	2.70	4.55	5.27
Chayote	0.00	0.00	0.00	0.00
Chicomamey	0.00	0.00	2.27	0.76
Chile	0.00	0.00	4.55	1.52
Cainito	0.00	0.00	0.00	0.00
Ciruelo	2.86	2.70	2.27	2.61
Cordoncillo	5.71	2.70	0.00	2.81
Croto	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuajillote	5.71	2.70	4.55	4.32
Cuatecomate	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuna de Moises	0.00	0.00	0.00	0.00
Epazote	2.86	5.41	9.09	5.78
<i>Solanum</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00
Eucalipto	0.00	0.00	0.00	0.00
Ficus	0.00	0.00	0.00	0.00
Granado	0.00	0.00	4.55	1.52
Guaje	0.00	0.00	4.55	1.52
Guaje Blanco	0.00	0.00	0.00	0.00
Guaje Rojo	0.00	0.00	0.00	0.00
Guamuchil	0.00	0.00	2.27	0.76
Guanavana	0.00	0.00	2.27	0.76
Guayabo	2.86	5.41	0.00	2.75
Hierbabuena	2.86	5.41	4.55	4.27
Hilario	0.00	0.00	0.00	0.00
Jamaica	0.00	0.00	0.00	0.00
Jazmin	0.00	0.00	0.00	0.00
Jitomate	0.00	0.00	4.55	1.52
Lima	0.00	0.00	2.27	0.76
Limón	8.57	10.81	4.55	7.98
Malvon	0.00	0.00	0.00	0.00
Mamey	0.00	0.00	0.00	0.00
Mandarino	0.00	0.00	2.27	0.76

Mango	5.71	2.70	2.27	3.56
Mesquite	0.00	0.00	0.00	0.00
Moringa	0.00	0.00	0.00	0.00
Muicle	2.86	2.70	0.00	1.85
Muñeca	0.00	0.00	0.00	0.00
Nanche	0.00	0.00	2.27	0.76
Naranja	0.00	0.00	2.27	0.76
Neem	5.71	8.11	0.00	4.61
Ninfa	0.00	0.00	0.00	0.00
Nopal	5.71	8.11	9.09	7.64
Oregano	0.00	0.00	0.00	0.00
Palmera	0.00	0.00	0.00	0.00
Palo Prieto	0.00	0.00	0.00	0.00
Papayo	2.86	2.70	2.27	2.61
<i>Cupressus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
Piña	0.00	0.00	0.00	0.00
Pistache	0.00	0.00	0.00	0.00
Quita manteca	0.00	0.00	0.00	0.00
Rosa	0.00	0.00	0.00	0.00
Ruda	0.00	0.00	0.00	0.00
Savila	2.86	5.41	0.00	2.75
Siempre viva	2.86	2.70	0.00	1.85
Tabachin	0.00	0.00	0.00	0.00
Tamarindo	0.00	0.00	2.27	0.76
Té Limón	11.43	2.70	0.00	4.71
Té Negro	5.71	2.70	0.00	2.81
Tomate	0.00	0.00	0.00	0.00
Toronja	2.86	2.70	2.27	2.61
Tronadora	0.00	0.00	0.00	0.00
Uña de gato	0.00	0.00	2.27	0.76
Vaporub	2.86	5.41	0.00	2.75
Total	100	100	100	100

6.9 Valores de importancia ecológica (VIE) y de uso (VIU) de las especies vegetales de los huertos familiares de Huautla

La comparación de los resultados más altos obtenidos en los valores de importancia cultural (limón > nopal > epazote) y ecológico (mango > limón > guamúchil) mostró el siguiente patrón: Limón > mango > nopal > guamúchil > chaya > epazote. Los resultados se muestran a continuación (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de importancia ecológica (VIE) y de uso (VIU) de las especies vegetales de los huertos familiares de Huautla. En negritas se denotan las especies con los mayores valores registrados

Espece	VIU	VIE	VIU+VIE/2
Acacia	0.00	0.81	0.41
Agave	0.00	0.51	0.25
Aguacate	0.76	0.82	0.79
Albacar	3.37	0.49	1.93
Almendro	0.00	0.34	0.17
Anono	0.76	3.28	2.02
Anturio	0.00	0.26	0.13
Árbol de Jupiter	0.00	0.28	0.14
Bambú	0.00	0.34	0.17
<i>Spathiphyllum</i> sp.	0.00	0.76	0.38
<i>Piper</i> sp.	0.00	0.28	0.14
Bonete	0.00	0.28	0.14
Bugambilia	2.75	1.89	2.32
Burcera	0.00	0.56	0.28
Cacaloxochitl	0.00	0.77	0.39
Calabaza	1.52	0.25	0.88
Caña Agria	3.66	0.42	2.04
Caña de azúcar	0.00	0.74	0.37
Carambolo	0.76	0.74	0.75
Cecropia	0.00	0.29	0.14
Ceiba	0.00	0.51	0.25
Chaya	5.27	1.30	3.28
Chayote	0.00	0.88	0.44
Chicomamey	0.76	0.25	0.50
Chile	1.52	1.60	1.56
Cainito	0.00	0.74	0.37
Ciruelo	2.61	2.82	2.71
Cordoncillo	2.81	0.66	1.73

Croto	0.00	0.50	0.25
Cuajillote	4.32	0.75	2.53
Cuatecomate	0.00	0.62	0.31
Cuna de Moisés	0.00	0.25	0.13
Epazote	5.78	0.25	3.02
<i>Solanum</i> sp.	0.00	0.25	0.13
Eucalipto	0.00	1.77	0.89
Ficus	0.00	4.97	2.48
Granado	1.52	1.05	1.28
Guaje	1.52	3.33	2.42
Guaje Blanco	0.00	0.46	0.23
Guaje Rojo	0.00	0.38	0.19
Guamúchil	0.76	6.59	3.67
Guanábana	0.76	1.40	1.08
Guayabo	2.75	2.34	2.55
Hierbabuena	4.27	0.49	2.38
Hilario	0.00	0.26	0.13
Jamaica	0.00	0.28	0.14
Jazmín	0.00	0.29	0.15
Jitomate	1.52	0.51	1.01
Lima	0.76	0.60	0.68
Limón	7.98	6.97	7.47
Mamey	0.00	2.46	1.23
Mandarino	0.76	1.38	1.07
Mango	3.56	8.36	5.96
Mesquite	0.00	1.05	0.52
Moringa	0.00	0.66	0.33
Muicle	1.85	0.76	1.31
Muñeca	0.00	0.51	0.26
Nanche	0.76	2.77	1.76
Naranja	0.76	4.39	2.57
Neem	4.61	1.10	2.86
Ninfa	0.00	0.25	0.12
Nopal	7.64	0.25	3.94
Orégano	0.00	0.25	0.13
Palmera	0.00	0.54	0.27
Palo Prieto	0.00	3.93	1.97
Papayo	2.61	2.42	2.52
<i>Cupressus</i> sp.	0.00	0.95	0.47
Piña	0.00	0.25	0.12
Pistache	0.00	0.25	0.13
Quita manteca	0.00	0.26	0.13
Rosa	0.00	0.51	0.26

Ruda	0.00	0.49	0.25
Savila	2.75	1.48	2.12
Siempre viva	1.85	0.25	1.05
Tabachin	0.00	1.98	0.99
Tamarindo	0.76	2.17	1.46
Té Limón	4.71	0.25	2.48
Té Negro	2.81	0.25	1.53
Tomate	0.00	0.49	0.25
Toronja	2.61	0.26	1.43
Tronadora	0.00	0.31	0.16
Uña de gato	0.76	0.59	0.68
Vaporub	2.75	0.25	1.50
Total			100.00

6.10 Usos de especies vegetales asociados a los huertos familiares del poblado de Huautla

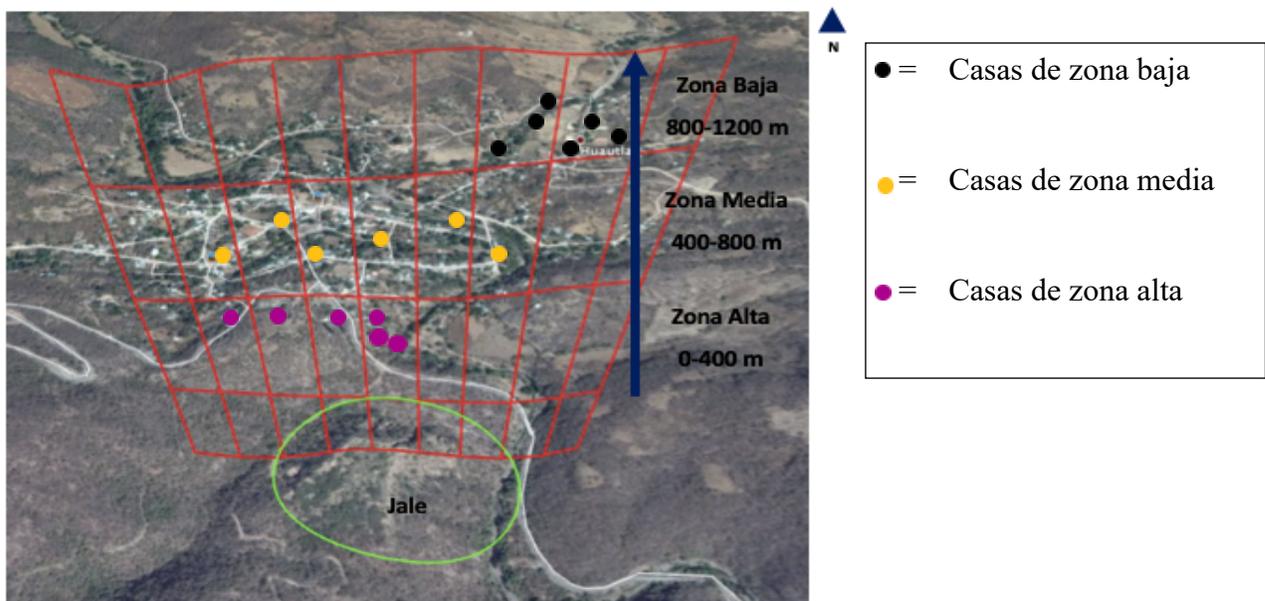
En este estudio los entrevistados reportaron un total de 32 especies vegetales de uso comestible y 23 de uso medicinal pertenecientes a los HF. Las formas de consumo más frecuentes son: fruto fresco > diferentes guisados > agua fresca > salsa > condimento = atole. Mientras que los padecimientos más frecuentes atendidos con plantas medicinales fueron: gripa y tos > diarrea o problemas estomacales > diabetes > cálculos renales = colesterol = laxante = cólicos = cáncer > artritis = heridas = la vista.

Las partes vegetativas con mayor frecuencia de consumo para el uso alimenticio son las siguientes: Fruto > hoja > semilla > tallo > flor, ninguno de los entrevistados mencionó hacer uso de la raíz. Por otra parte, las estructuras vegetativas para uso medicinal mostraron el siguiente patrón: Hoja > tallo > fruto > flor, en este caso las entrevistas semiestructuras no se mencionó hacer uso de la raíz ni de la semilla. Esta información esta contenida en Anexo 2.

6.11 Concentraciones de metales pesados presentes en las especies vegetales con mayor valor de importancia ecológica (VIE) y cultural (VIU) en los huertos familiares de Huautla.

Se colectaron las estructuras vegetativas con mayor valor de uso medicinal y comestible pertenecientes a las tres especies vegetales con mayor valor de VIE y VIU. Las especies vegetales muestreadas fueron: limón, mango y nopal, y las estructuras colectadas fueron las siguientes: hojas del limón, fruto del limón, las hojas del mango y nopal.

Las tres especies vegetales fueron muestreadas en huertos familiares ubicados en las tres diferentes zonas de contaminación del poblado (baja, media y alta), la ubicación espacial de cada huerto al interior del poblado de Huautla se muestra en el mapa 1.



Mapa 1. Ubicación espacial de los huertos familiares donde se colectaron las especies vegetales con mayor valor de importancia ecológica y de uso.

Se midió la concentración de cobre, cadmio y plomo en las tres especies vegetales con mayor valor de importancia ecológica y de uso, en las distintas estructuras vegetales utilizadas por los pobladores. Los resultados obtenidos se compararon con los límites máximos permisibles propuestos por la CODEX Alimentariu – FAO. Los niveles de

bioacumulación de los tres MP evaluados se relacionaron con la zona de contaminación donde fueron colectadas las plantas en los huertos familiares, denotando el siguiente patrón de bioacumulación: zona alta > zona media > zona baja (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados de las lecturas obtenidas de la espectrofometría de absorción atómica en las diferentes estructuras vegetativas de las plantas con mayor valor de importancia de uso y ecológica de los huertos familiares de Huautla.

Metal	Especie	Zona		
		Alta	Media	Baja
Plomo (mg/Kg)	nopal	(0.045±0.031)	(0.014±0.001)	
	limón fruto	(0.462±0.043)	(0.007±0.001)	
	limón hoja			
	mango hojas		(0.038±0.004)	(0.026±0.013)
Cobre (mg/Kg)	nopal	(0.274±0.005)	(0.075±0.001)	(0.091±0.005)
	limón fruto	(0.085±0.001)	(0.063±0.003)	(0.060±0.002)
	limón hoja	(0.096±0.003)	(0.062±0.001)	(0.069±0.003)
	mango hojas	(0.103±0.001)	(0.070±0.001)	(0.088±0.002)
Cadmio (mg/Kg)	nopal	(1.014±0.005)		
	limón fruto			
	mango hojas	(1.665±0.021)		
	limón hoja			

7. Discusión

Existen diversos estudios que documentan que la minería es una de las actividades con mayor impacto en nuestro país tanto económico y socio-cultural (Alavalapati, 2004). Económicamente esta actividad representa el 8.2% del PIB (Producto Interno Bruto) y culturalmente la actividad minera esta muy arraigada desde tiempos inmemoriales. Sin embargo, es importante documentar las repercusiones causadas por esta actividad y estudiar sus efectos desde diferentes puntos de vista porque se generan grandes cantidades de residuos conocidos como jales que contienen elementos potencialmente tóxicos ETP's.

Los ETP's como MP pueden ser bioacumulados por las especies vegetales, pudiendo ser susceptibles a incorporarse a la cadena trófica. En particular el poblado de Huautla que se encuentra a escasos 500 m de jales que contienen 780,000 toneladas de residuos con MP solubles, lo que es un riesgo potencial para los pobladores, debido a que las viviendas cuentan con huertos familiares, donde cultivan especies vegetales que utilizan para alimento o medicina para consumo local como para consumo regional. Existen registros sobre las especies vegetales de traspatio que bioacumulan MP (Zhou et al., 2016). motivo de interés para estudiar a las especies vegetales del poblado, porque se registra que una cuarta parte de las plantas útiles son de uso medicinal y alimenticio, siendo éstas las vías de exposición directa a los habitantes. En los siguientes apartados se discute sobre las especies vegetales establecidas en lo HF, los usos que los pobladores dan a las mismas, así como los niveles de acumulación de metales pesados.

7.1. Uso y manejo de las especies vegetales de los huertos familiares de Huautla.

Los HF de Huautla, Morelos son manejados en un 60%, por el género femenino y el 40% restante por el género masculino, éstos resultados contrastan con lo reportado por Mariaca (2012) quien reporta que para el estado de Yucatán, los HF son espacios de uso exclusivo para el género femenino. Lo anterior, puede estar influido por el flujo constante de emigración e inmigración, ya que los habitantes de manera frecuente (tanto hombres como mujeres) salen a otros estados o fuera del país. Asimismo, de manera

esporádica hay habitantes que se integran a la comunidad. Lo antes mencionado, propicia por un lado una modificación en la cultura hacia el manejo de las especies vegetales en HF, así como una mayor diversidad cultural en los usos que se les puede dar a las diferentes especies.

En general, los encargados de los HF son los responsables en establecer el tipo de distribución espacial que tienen los huertos familiares. Ellos deciden determinados lugares para ciertas especies, así como el recipiente en donde establecen las diferentes especies vegetales. Se pudo observar en Huautla que el abanico de especies vegetales que componen los HF está ligado al conocimiento que el encargado tiene sobre las especies, así como de las necesidades que se requiere cubrir en cada familia.

7.2. Similitud vegetal entre huertos familiares del poblado de Huautla.

El intercambio de especies vegetales entre HF es una práctica que promueve el flujo de especies. Los índices de similitud de Jaccard y Czekanowski mostraron que las zonas media/ baja fueron las que más especies vegetales comparten. Lo anterior, puede ser explicado debido a la cercanía que mantienen los HF entre zonas de estudio, es decir la vecindad entre huertos y la cercanía social entre pobladores (vecinos) puede ser uno de los factores más fuertes en el intercambio de especies y de conocimiento cultural sobre los usos y manejo de las mismas. Lo anterior, es soportado por Ellen y Platten (2011) quienes documentan que el intercambio de especies entre HF es una estrategia para la dispersión y conservación de la diversidad vegetal. Además, especialistas reconocen a las especies vegetales pertenecientes de los HF actúan como reservorios de germoplasma y facilitadores de la estabilidad de la naturaleza (González 2018).

7.3. Valor de importancia de uso y ecológica de las especies vegetales contenidas en los huertos familiares de Huautla

Las especies con mayor valor de importancia ecológica y de uso contenidas en los HF son principalmente las mismas que los pobladores mencionan en las encuestas. Lo anterior, sugiere que los encargados de los HF son selectivos en el establecimiento de especies y que éstas son seleccionadas siempre y cuando tengan un uso potencial para los pobladores.

En este estudio, las especies vegetales con mayor valor de importancia de uso y ecológica fueron: 1) El limón, es una especie con amplio uso en nuestro país reportado por Salazar (1994) y Albuquerque (2005) y a nivel mundial. Un ejemplo es, en el año 2007 la venta de limón representó ganancias superiores a los 175 millones de dólares, no obstante, este fruto es un alimento codiciado por su contenido nutricional. En el año 2012, la Fundación Española de Nutrición, realizó un estudio donde reportó los siguientes aportes nutricionales: Proteínas, lípidos, hidratos de carbono, fibra, agua, calcio, hierro, yodo, magnesio, zinc, sodio, potasio, fósforo, selenio, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina A, B, C, y E. Por otro lado, la importancia ecológica de esta especie vegetal Monroy (2013) le atribuye a esta planta la formación de micorrizas con (*Brachiaria brizantha*, *B. dictyoneura* y *Paspalum notatum*) que además de proteger el suelo, aportan nutrientes esenciales y contribuyen al crecimiento y desarrollo de las plantas cercanas.

2) El caso del nopal, a pesar de ser un recurso nativo de las zonas áridas y semiáridas de México CONABIO (2019), es uno de los recursos de mayor importancia económica de la flora mexicana. De acuerdo con estadísticas del SIA- SAGARPA (2016), a nivel nacional se estimó que para su producción se destinaron alrededor de 3 millones de hectáreas y se obtuvo un valor económico que oscila entre los 9 y 10 millones de dólares. No obstante, este recurso vegetal es de gran importancia agronómica y cultural, debido a sus múltiples formas de consumo y por sus aportaciones nutricionales, lo que hace de este producto vegetal una opción óptima para su consumo. González (2016) reportó que el 15.23% del peso del nopal en crudo constituye a proteína. Mientras que el resto de su peso crudo son extractos libres de nitrógeno, carbohidratos, grasa vegetal y fibra. Por otro lado, Rosique-Hueso (2013), evaluó la capacidad de los cladodios de *Opuntia* y concluyó que esta especie vegetal presenta una óptima capacidad de retención de cadmio.

3) Por último, pero no menos importante, el mango, es una planta que comúnmente se consume en México, Albuquerque (2005) y su propagación facilita la reproducción de esta planta muy consumida por su fruto, se estima que en el mundo se han destinado 3.7 millones de hectáreas para su cultivo reportado por Parvez (2016). A pesar de que esta especie vegetal no es nativa para el país, se estimaron de ganancias

económicas de 259 mil millones de pesos en su producción. El mango ha sido codiciado por la población debido a su sabor y a sus propiedades, Wall-Medrano (2015) sustenta esta idea mostrando la siguiente lista de la composición nutricional del mango: Agua, proteína, grasa, carbohidratos, fibra, azúcares, calcio, hierro, magnesio, potasio, fósforo, sodio, y zinc, lo que hace de esta planta, otra característica que tiene el mango es que es un buen bioacumulador de metales pesados. De manera específica, en estudios anteriores como en el de Sengupta (2011), donde observó que las hojas del mango bioacumulan los siguientes metales: Cd, Pb y Cr. De igual forma esto se puede colaborar con los resultados obtenidos con mi proyecto.

7.4. Zonificación del poblado de Huautla por medio de la disponibilidad de metales pesados asociados a los huertos familiares.

La evaluación de sitios contaminados por la actividad minera usando un gradiente de distancia, muestra ser un modelo efectivo para poder evaluar los niveles de contaminación en zonas expuestas a jales mineros, debido al tamaño de partícula que oscila entre $<45\mu\text{m}$ a $2\mu\text{m}$ lo que incrementa su susceptibilidad de la dispersión de estas partículas. Por otra parte, Solís-Miranda (2016) reportó los siguientes metales para el caso de los jales de Huautla, dividiendo en zonas superficial, media, y base del jale. Pudiendo observar que los porcentajes de biodisponibilidad en diferentes grados, por ejemplo, Pb registro su porcentaje más alto en la superficie (68.1%), mientras que el Cd lo mostró en la base (28.6%), el Cu mostro porcentajes muy altos comenzando en la parte media con el 83.3% seguido de la superficie que registró el 80.0%, para el caso del Zn se reporta su porcentaje más alto en la base (40.11%), al igual que el Fe con 24.8% y por último el Mn con el 47.6% en la base y 44.4% en la parte media.

7.5. Bioacumulación de metales pesados en plantas con mayor valor de importancia cultural y ecológica de Huautla

Las especies vegetales son susceptibles a la bioacumulación de ETP's, en la localidad de Huautla se han realizado diversos estudios donde se han utilizado como modelo de estudio para la bioacumulación, distintas especies vegetales: *Vachellia farnesiana*, *Pithecellobium dulce*, *Zea Mays* (especies vegetales de importancia alimenticia y ecológica para la población). Es importante mencionar que las plantas reportadas que

bioacumularon ETP's rebasan los límites máximos permisibles. En este estudio la bioacumulación en *Citrus limon*, *Mangifera indica*, y *Opuntia* sp. de MP en sus diferentes tejidos se debió a distintos factores, como los descritos por Bautista-Cruz (2006): tipos de elementos químicos disponibles, pH, agua disponible en el suelo, materia orgánica disponible, factores que propician a la biodisponibilidad de MP. En el caso de Huautla, el suelo se caracterizó por su color oscuro en la parte superficial debido a su alto contenido de materia orgánica, lo que propicia a la biodisponibilidad de los MP (Pb, Zn, Cd, Fe, Mn y Cu).

1) Efectos en la salud por la bioacumulación de metales pesados en las plantas

Lamentablemente la contaminación por metales pesados cada vez es más frecuente, así como la disponibilidad y acumulación de estos. El presente estudio permitió mostrar que, en Huautla los niveles de bioacumulación de MP en plantas alimenticias sobrepasan los niveles máximos permisibles por la CODEX- STAN 193-1995.

Kabata-Pendias en el 2001, reporta que existe una creciente preocupación ambiental por el Cd, debido a que es uno de los metales más ecotóxicos (exhibe efectos altamente adversos sobre la actividad biológica del suelo, cambiando el metabolismo de las plantas y afectando la salud de los seres humanos y del reino animal). Este metal usualmente se encuentra depositado en suelos de arcillas y lutitas. El Cd es un elemento que usualmente se encuentra asociado a suelos ricos en Zn, Mn, Fe, y S. Además otra característica que hace del Cd un elemento tóxico altamente soluble y suele formar varios iones complejos y quelatos orgánicos. Asimismo, también el mismo autor reporta que el Cd es un metal que es más móvil en suelos ácidos dentro del rango de pH 4.5 a 5.5, una caída en el pH de solo 0.2 unidades resulta en un aumento de 3 a 5 veces en la concentración de Cd (Asami, 1984., Kabata-Pendias, 2001).

Aunque se considera que el Cd es un elemento no esencial para los procesos metabólicos, los sistemas de raíces y hojas lo absorben de manera efectiva, y también se acumulan en los organismos del suelo. En casi todos los casos, se informa una

relación lineal entre el Cd en el material vegetal y el Cd en el medio de crecimiento debido a la asociación que suelen hacer con los grupos carbonatos.

De manera específica en este proyecto, los niveles de acumulación de Cd, el cladodio del nopal y las hojas de mango presentaron valores arriba de 1.0 mg/Kg los cuales están rebasando por más del doble. Las concentraciones máximas permisibles para este elemento a hortalizas distintas de las cucurbitáceas 0,05 mg/Kg, siendo este un factor de riesgo, debido a que se le atribuyen una serie de daños a la salud. Covarrubias (2016) reportó los siguientes efectos del Cd a la salud crónica: anemia, disfunción renal, cálculos renales, osteoporosis, osteomalacia, trastornos respiratorios, hipertensión, trastornos nerviosos, cefalea, vértigo, alteración del sueño, sudoración, epilepsia, paresia, contracciones musculares involuntarias, pérdida de peso y apetito, cáncer de próstata, neumonitis, edema pulmonar, gastroenteritis, náuseas, vómito, dolor abdominal, diarrea, y en casos muy graves puede causar la muerte.

Los resultados obtenidos de la espectrofotometría de absorción atómica del Pb fue de .462 mg/Kg, el cual comparado con el nivel máximo permisible para frutos cítricos que es de .1 mg/Kg, lo cual es muestra de que el factor de riesgo es inminente. Riesgos que Covarrubias (2016) describe como daños a la salud en la siguiente lista: Parestesia, dolor, debilidad muscular, crisis hemolítica, anemia grave, hemoglobinuria, afectación de riñones con oliguria, albuminuria, daño gastrointestinal, daño neuromuscular, daño nervioso, daño hematológico, daño renal, reproductivo, y en casos muy severos de exposición o intoxicación puede causar la muerte.

8. Conclusiones

1. La zona alta presentó los niveles más altos de bioacumulación de MP en las tres especies con mayor valor de importancia de ecológica y cultural, las cuales fueron: *Citrus limon* (Limón) > *Manguifera indica* (Mango) > *Opuntia* sp (Nopal).
2. La bioacumulación de metales pesados siguió el siguiente patrón: zona alta > media > baja.
3. Las tres especies con mayor valor de importancia cultural fueron: *Citrus limon* (limón) > *Opuntia* sp (nopal) > *Dysphania ambrosioides* (epazote).
4. Las tres especies con mayor valor de importancia ecológica fueron: *Manguifera indica* (mango) > *Citrus limon* (limón) > *Pithecellobium dulce* (guamúchil).
5. El poblado de Huautla se encuentra expuesto a elementos potencialmente tóxicos como los metales pesados y el poblado puede ser zonificado de acuerdo a la biodisponibilidad de MP solubles en suelo.
6. Los niveles de bioacumulación reportados por la caracterización de MP en las tres especies más importantes fueron más altos que los valores máximos permisibles reportados por la CODEX- STAN 193-1995.
7. El manejo de los huertos familiares se lleva a cabo por las mujeres en un 60% y los hombres en un 40%
8. La edad promedio de las personas encargadas de los huertos familiares es de 50 años.
9. No se utilizan químicos (fertilizantes, plaguicidas) en las plantas establecidas en los huertos familiares.
10. Las especies vegetales con mayor valor de importancia ecológica y cultural bioacumulan metales pesados no esenciales como el Pb y Cd, lo que puede promover un aumento en las enfermedades por su ingesta.

9. Perspectivas

Lamentablemente no se han establecido los límites máximos permisibles en alimentos, y espero que mediante la obtención de los resultados de este proyecto de tesis, los datos fueran utilizados para la realización de una propuesta de normas sobre los límites máximos permisibles en los alimentos, motivo por el cual debería de ser prioritario para zonas principal aquellas que se cultivan o se encuentren cercanas a las minas o a zonas industriales.

Además serviría como fuente de rastreo de posibles enfermedades que esten repercutiendo en estas zonas afectadas por la actividad antropogenica, ya que es bien conocido que los agentes exogenos son casantes de distintas enfermedades y de la mayoría de las enfermerdades emergentes.

Por otra parte, como estudiante es mi deber difundir la información obtenida a lo largo de este proyecto para que la población de Huautla este consiente de la contaminación la cual se encuentra biodisponible, asimismo para que la gente tome interés en la mitigación del problema, de igual forma las instituciones edcucativas como la UAEM, las cuales deben apoyar a las poblaciones guiandolas para remediar este tipo de problematicas.

10. Literatura Citada

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C. y Barberis, R. 2002. Distribution and mobility of metals in contaminated sites. Chemometric investigation of pollutant profiles. *Pub Med*, 119: 93-177.
- Alavalapati, J.R.R., Shrestha R.K., Stainback G.A. y Matta J.R. 2004. Agroforestry development: An environmental economic perspective. *Agroforestry Systems*, 61: 135-152.
- Albuquerque, U.P., Andrade, L.H.C., y Caballero, J. 2005. Structure and floristics of homegardens in Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments* 62:491–506.
- Anderson P.R., y Cristensen T.H. 1988. Distribution coefficients of Cd, Co, Ni and Zn in soil. *Journal Soil Science*, 39: 15-22
- Arifin H.S., Sakamoto, K., y Chiba, K. 1997. Effects of the fragmentation and change of the social and economical aspects on the vegetation structure in the rural homegardens of West Java. *J Jap Inst. Landscape Architect*, 60: 489-494.
- Begon, M., Harper, J.L., y Townsend C.R. 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. 3rd edition. Blackwellscience. Italia.
- Bernard, R. 2006. Structured interviewing. In: Bernard R. Ed. *Research Methods in Cultural Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*. 2nd edition. Pp. 237–255, Altamira Press, Londres.
- Caballero, J., Casas, A., Cortés-Zárraga L., y Mapes, C. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas indígenas de México. *Estudios Atacameños*, 16: 181-195.
- 1.8.1. Calvo Revuelta, C., Álvarez-Benedí, J., Andrade Benítez, M., Marinero, P., y Bolado S. 2003. Contaminación por arsénico en aguas subterráneas en la provincia de Valladolid: variaciones estacionales. *Estudios de la Zona no Saturada del Suelo*, 6: 91-98.
- 1.8.2. Chablé-Pascual, R. Chablé-Pascual, D. Vázquez-Navarrete, C., Ruiz-Rosado, C., Mariaca, M.R., y Ascensio-Rivera, J. 2015. Estructura, diversidad y uso de las

- especies en huertos familiares de la Chontalpa, Tabasco, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2: 23-39.
- Cobo-Gonzales, R. y Paz-Paredes, L. 2017. *Traspatios Campesinos de Morelos*. Textual, 70: 51-68.
- Corrales-Pérez, D., y Romero, F. 2013. Evaluación de la peligrosidad de jales de zonas mineras de Nicaragua y México y alternativas de solución. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65: 427-446.
- Covarrubias, S., y Peña-Cabriales, J., 2017. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Contam. Ambie*, 33: 7-21.
- Dorado, O., Arias, D.M., Alonso, G., y Maldonado, B. 2002. Educación ambiental para la biodiversidad en el trópico seco, Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México. *Tópicos en Educación Ambiental*, 12: 23-33.
- García, I., y Dorronsoro, C. 2005. Contaminación por Metales Pesados. En *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola.
- Durand, L. 2010. Pensar positivo no basta. actitudes en torno a la conservación en la reserva de la biosfera sierra de Huautla, México. *Interciencia*, 35: 430-436.
- Escobar, M., Bello, E., y Estrada, E. 2015. Intercambio de plantas entre huertos y otros espacios: ¿Una estrategia de conservación para el bosque mesófilo de montaña del Volcán Tacaná, Chiapas, México?. *Pueblos front*, 10: 20-34.
- Fernandes, M., y Nair, R. 1986. An Evaluation of the Structure and Function of Tropical Homegardens. *Agrycultural Systems*, 21: 279-310.
- Gelsomina-Martínez, C., Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA). 2005. *Manejo del Huerto Integrado*. Serie Divulgativa.
- González, D., Ramírez, R., Mendoza, M., Mosqueta, S., Reyes, A., y García-Muñoz, A. 2016. Estudio nutricional del nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) en sus diferentes tipos de cocción, 13: 48.

- González, A., González, M., y Castellanos, A. 2018. El Huerto familiar y la cultura un espacio destinado a las plantas medicinales en Xochipala, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1):215 – 227.
- Hernández, U., Martínez, A., García, L., Fini, D., y Alcántara R. 2018. Minería y Privilegios. Captura Política y desigualdad en el Acceso a los Bienes Comunes Naturales de México. Estudio de caso sobre San José del Progreso Oaxaca. OXFAM. 1 – 78.
- Kehlenbeck, K., Maass, B. 2004. Crop diversity and classification of homegardens in Central Sulawesi, Indonesia. *Agroforestry Systems*, 63: 53-62.
- Kulkarn, V., y Jamakhandi, V. 2018. Medicinal uses of *Pithecellobium dulce* and its health benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2): 700-704.
- Krishnamurthy, L.R.S., Krishnamurthy, I., Rajagopal A. y Peralta-Solares A. 2017. Agricultura familiar para el desarrollo rural incluyente. *Terra Latinoamericana*, 35: 135-147.
- Mariaca, M.R. 2012. El Huerto Familiar del Sureste de México. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur. ECOSUR. Villahermosa, Tabasco. México, 230-244.
- Marín-Corba, C., Cárdenas-López, D., y Suárez-Suárez, S. 2005. Use Value usefulness in ethnobotany. Case study in Putumayo department (Colombia). *Caldasia*, 27(1): 89-101.
- Martínez, C. 2009. Efecto de los metales pesados en jales mineros sobre la comunidad vegetal de la microcuenca de Huautla y el daño de genotóxico en su herbívoro dominante *Peromyscus levipes* (Rodentia: Muridae). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Mussali-Galante, P. 2001. ¿Es la técnica de electroforesis unicelular (ensayo cometa) capaz de predecir el efecto de fármacos antineoplásicos? estudio inicial sobre la inducción de daño al ADN de sustancias antineoplásicas con mecanismos de acción conocidos. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mussali-Galante, P. 2008. Estudio sobre la inducción de daño al ADN en sangre periférica de individuos expuestos a metales en agua de bebida en la población

- de Huautla, Morelos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mussali-Galante, P. 2013. Análisis de poblaciones de *Peromyscus* sp. (Rodentia: Muridae), Asociadas a jales dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México: Un enfoque Ecotoxigenómico. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Monroy H., Salamanca, C., Cano, C., Moreno-Conn, L., y Orduz-Rodríguez, J. 2013. Influencia de las coberturas formadoras de micorrizas arbusculares en Oxisoles del piedemonte llanero colombiano. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 14(1):53-65.
- Ortiz-Sánchez, A. 2015. Conocimiento ecológico tradicional para el uso y manejo de los recursos florísticos en los huertos familiares de Tilzapotla, Morelos. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Parvez, M. 2016. Pharmacological Activities of Mango (*Mangifera indica*): A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5(3): 01-07.
- Prieto, J., González, C., Román, A., y Prieto, F. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10: 29-44
- Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T., Quintana, C., y Campos, A. 2006. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Ecología Aplicada*, 5: 149-155.
- Pulido-Salas, M., Ordóñez, M., y Cáliz, H. 2016. Flora, usos y algunas causales de cambio en quince huertos familiares en el municipio de José María Morelos, Quintana Roo, México. *Península*, 12: 119-145.
- Pernía, B., De Sousa, A., Reyes, R., y Castrillo, M. 2008. Biomarcadores de contaminación por cadmio en las plantas. *Interciencia*, 33: 112-119.
- Idohou, R., Fardohan, B., kolawolé-Salako, V., Kassa, B., Castro-Gbèdomon, R., Yédomonhan, H., Glèlè-kakai, R., Ephrem-Assogbajo, A. 2014. Biodiversity conservation in home gardens: traditional knowledge, use patterns and implications for management, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 10: 89 – 100.

- Salazar, A. M.E. 1994. Elementos agroecológicos de los huertos tradicionales de Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Sánchez, A., León, S., Casillas, P., Schu, S., y Arancibia, I. 2000. efecto de metales pesados provenientes de jales mineros sobre la comunidad vegetal del poblado de Huautla en la reserva de la biosfera sierra de Huautla, Morelos. XX congreso de investigación.
- Sengupta, S., Chatterjee, T., Ghosh, P., Sarkar, S., y Saha, T., 2011. Heavy metal contamination in leaves of *Mangifera indica* around a coal fired thermal power plant in India. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 3(14): 446-454.
- Servicio Geológico Mexicano. 2019. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2018. Edición 2019. Subsecretaría de Minería, 48:
- Santoyo, M. 2016. Bioacumulación, daño genotóxico y cambios en la morfología foliar de *Acacia farnesiana* en los jales de Huautla, Morelos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Romero, F., Armienta, M., Gutiérrez, M., y Villaseñor, G. 2008. Factores geológicos y climáticos que determinan la peligrosidad y el impacto ambiental de Jales Mineros. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 24: 43-54.
- Tapasi-Das., y Ashesh-Kumar, D. 2005. Inventorying plant biodiversity in homegardens: A case study in Barak Valley, Assam, North East India. *Current Science*, 10:155-163.
- Troncoso-Pantoja, C., y Amaya-Placencia, A. 2016. Interview: a practical guide for qualitative data collection in health research, *Rev. Fac. Med*, 65: 329-332.
- Vergara-Allende, C. 2019. Bioacumulación de metales pesados y daño genotóxico en cultivos de traspatio *Zea mays* L. (raza pepitilla) En suelos expuestos a jales mineros, en Huautla, Morelos: Bases para generar una propuesta de mitigación. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Villaseñor-Ríos, J.L., y Ortiz, E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 134-142.
- Volke-Sepulveda, T., Velasco-Trejo J.A., y de la Rosa-Pérez D.A. 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su

remediación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México, México, 144.

Wall-Medrano, A., Olivas-Aguirre, F., Veldarrain-Rodríguez, G., González-Aguilar, A., Rosa, L., López-Díaz, A., y Álvarez-Parrilla. 2015. Revisión El mango: Aspectos agronidustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud. *Nutrición hospitalaria*, 31(1): 67-65.

11. Anexos

Anexo 1. Formato para la entrevista sobre el uso y manejo de las especies vegetales asociadas a los huertos familiares.

 <p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS</p>	<p>Este estudio forma parte de un proyecto de tesis de licenciatura de la Facultad de Ciencias Biológicas en coordinación del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). La información obtenida es de carácter estrictamente confidencial y será utilizado con fines meramente científicos.</p>	 <p>CIByC CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN</p>
---	--	--

Fecha:		No. Folio:					
Huerto:	Coordenadas (UTM):		Zona de Impacto:	Ba (1)	Me (2)	Al (3)	
Sexo del Entrevistado:	F (1)	M (2)	Edad (años):				
1. ¿Cultiva plantas alimentarias?	No (1)	Sí (2)	1.a. ¿Son para autoconsumo?		No (1) ¿Cuales No?	Sí (2)	
1. En caso afirmativo señale cuáles:							
2. ¿De éstas cuáles son las 3 plantas que más usa?	a. b. c.			Anotar usos de sp a),b),c) comestibles.			
3. ¿Cuál es la parte de las 3 plantas mas utilizadas que más usa?:	a. Hojas (1) b. Hojas (1) c. Hojas (1)	a. Tallo (2) b. Tallo (2) c. Tallo (2)	a. Flor (3) b. Flor (3) c. Flor (3)	a. Fruto (4) b. Fruto (4) c. Fruto (4)	a. Raíz (5) b. Raíz (5) c. Raíz (5)	a. Toda la planta (6) b. Toda la planta (6) c. Toda la planta (6)	
2. ¿Cultiva plantas medicinales?	No (1)	Sí (2)	2.a. ¿Son para autoconsumo?		¿No (1) Cuales No?	Sí (2)	
1. En caso afirmativo señale cuáles:							
2. 1.2. ¿De éstas cuáles son las 3 plantas que más usa?	a. b. c.			Anotar usos de sp a),b),c) medicinales.			
3. ¿Cuál es la parte de la planta que más usa?:	a.Hojas (1) b.Hojas (1) c.Hojas (1)	a.Tallo (2) b.Tallo (2) c.Tallo (2)	a.Flor (3) b.Flor (3) c.Flor (3)	a.Fruto (4) b.Fruto (4) c.Fruto (4)	a.Raíz (5) b.Raíz (5) c.Raíz (5)	a.Toda la planta (6) b.Toda la planta (6) c.Toda la planta (6)	

						c.Toda la planta (6)
3. ¿Qué cuidados y que manejo le da a su huerto (limpia, poda, como lo riega y protege, propagación, siembra por semilla o de forma vegetativa)?						
1. Cuidados para la especie a. Alimentaria/ a. medicinal						
2. Cuidados para la especie b.alimentaria/ b.medicinal						
3. Cuidados para la especie c.alimentaria/ c.medinal						
4. •Ha utilizado fertilizantes en su huerto?:	No (1)	Sí (2)				
1. En caso afirmativo señale cuáles:						
5. •Ha utilizado fungicidas en su huerto:	No (1)	Sí (2)				
5.1 En caso afirmativo señale cuáles:						
6. Ha utilizado plaguicidas en su huerto:	No (1)	Sí (2)				
6.1 En caso afirmativo señale cuáles:						
7. ¿Ha utilizado tierra de los jales para sus plantas?:	No (1)	Sí (2)				
7.1 En caso afirmativo señale a cuáles plantas aplicó jales:	Plantas alimentarias (1) ¿Cuáles?		Plantas medicinales (2) ¿Cuáles?			
8. ¿Ha observado algún cambio en sus plantas después de usar tierra de jales?:	No (1)	Sí (2)	Qué cambios ha observado:			
9. ¿De donde obtiene el agua para regar sus plantas?	Pozo (1)	Llave (2)	Garrafón (3)	Lluvia (4)	Río (5)	

Anexo 2. Estructuras vegetativas usadas para el uso medicinal o consumo en las diferentes especies de plantas asociadas a los huertos familiares de Huautla, Morelos. Partes vegetativas utilizadas: 1 = tallo, 2 = hoja, 3 = raíz, 4 = flor, 5 = fruto, 6 = semilla.

Especie	Uso alimenticio		Uso medicinal	
Acacia				
Agave				
Aguacate	fruto fresco y en salsa	5		
Albacar	condimento	1,2	Infusiones para evitar el dolor de estómago	1,2
Almendro				
Anono	fruto fresco	5		
Anturio				
Árbol de Jupiter				
Bambú				
<i>Spathiphyllum</i> sp.				
<i>Piper</i> sp.				
Bonete				
Bugambilia			infusiones para evitar la tos	2
Burcera				
Cacaloxochitl				
Calabaza	diferentes guisados, fruto, flor y semilla	4,5,6		
Caña Agria			infusiones para evitar cálculos renales	1,2,4
Caña de azúcar				
Carambolo	fruto en fresco	5		
Cecropia				
Ceiba				
Chaya	ensalada, y agua fresca	1,2	contrarestan la diabetes, el colesterol.	2
Chayote				
Chicomamey	fruto en fresco	5		
Chile	diferentes guisados, y salsa	5,6		
Cainito				
Ciruelo	fruto fresco, diferentes guisados, y atole	5	laxar o quitar el estreñimiento	1,2
Cordoncillo			infusiones para aliviar los colicos, y diarreas	2
Croto				
Cuajillote	fruto fresco	5,6	control de la diabetes y de la artritis	2
Cuatecomate				
Cuna de Moisés				
Epazote	diferentes guisados	1,2,4,6	infusiones para aliviar el dolor de estomago	2,5
<i>Solanum</i> sp.				
Eucalipto				

Ficus				
Granado	fruto fresco	5,6		
Guaje	diferentes guisados	2,5		
Guaje Blanco	diferentes guisados	2,5		
Guaje Rojo	diferentes guisados	2,5		
Guamúchil	fruto fresco	5		
Guanábana	fruto fresco	5		
Guayabo	fruto fresco y agua fresca	2,5,6	infusiones para aliviar el dolor de estómago	1,2
Hierbabuena	diferentes guisados	1,2	infusiones con las hojas para aliviar el dolor de estómago	1,2,4,5
Hilario				
Jamaica	agua fresca	2		
Jazmín				
Jitomate	diferentes guisados	5,6		
Lima	fruto fresco	5		
Limón	fruto fresco, diferentes guisados y agua fresca	2,5,6	infusiones para aliviar la tos, el estómago, la gripa.	2,5
Mamey				
Mandarino	fruto fresco	5		
Mango	fruto fresco	2,5	infusiones para aliviar la gripa y tos	1,2,5
Mesquite				
Moringa				
Muicle			utilizan las hojas para hacer infusiones para evitar el cancer	2
Muñeca				
Nanche	fruto fresco	5		
Naranja	fruto fresco	5		
Neem			infusiones para evitar el cancer y la diabetes	1,2
Ninfa				
Nopal	fruto fresco, y diferentes guisados	1,2,5,6	disminuye el colesterol y ayuda a prevenir diabetes	5
Orégano			infusiones para evitar el resfriado.	1,2,5
Palmera				
Palo Prieto				
Papayo	fruto fresco	5	comen el fruto para quitar el estreñimiento	2
<i>Cupressus</i> sp.				
Piña				
Pistache				
Quita manteca				
Rosa				
Ruda				
Savila			utilizan para curar heridas,	1,2
Siempre viva			utilizan gotas para aliviar la irritación en los ojos	1
Tabachin				
Tamarindo	fruto fresco	5		
Té Limón			infusiones para la tos, fiebre, combate espasmos y colicos	2
Té Negro			infusiones para mejorar la memoria, y reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares	2

Tomate				
Toronja	fruto fresco	5	comen el fruto fresco o en jugo contra la gripe	2
Tronadora				
Uña de gato	fruto fresco	5		
Vaporub			Infusiones para evitar la tos	2

Cuernavaca, Morelos a 8 de marzo de 2021

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **Carlos Ángel Quintana Ocampo**, con el título del trabajo: **Uso y manejo de especies vegetales establecidas en huertos familiares expuestos a metales pesados: Estudio de caso en Huautla, Morelos.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación de **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el artículo 33° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

DRA. MARÍA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ

DRA. LETICIA ISABEL VALENCIA CUEVAS

DR. EFRAÍN TOVAR SÁNCHEZ

DRA. PATRICIA MUSSALI GALANTE

DR. ALEXIS JOAVANY RODRÍGUEZ SOLÍS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

EFRAN TOVAR SANCHEZ | Fecha:2021-03-08 14:28:47 | Firmante

SIX0AP+xnnkWHZT6klpMjKRazJblSvMcQFVBerZ+U28SKTeOpEN3GmTNRDPPfonV+QwCin1wbzU6kL8qQ1Xjpi+QQkuewuvEKj9QzLAW+DdX/CT1rq9ST3GGGrK2aZiVBkflLiuXzJP7G4Nmub3kECHBxnV+/Nh0TvYX9Jim10q5aw6fVb4vMBTJ/vlPd45VQnSgfHjSmgPRYvnuikQph7cEkxwW7v/tmrN22ldfpm46leQ0RvJcmA1e7ep7l+zl3GP2pYBxTWmiWslYis6z7Sto1F/f3jXNL/NEb9EuG0JiGydizBfkcCajciSL8N0TOEJQDLRUfK6JuPFgrbWlbg==

MARIA LUISA CASTREJON GODINEZ | Fecha:2021-03-08 14:36:10 | Firmante

E57pQM0WdTMyrpruaVY+PSveJBX43geJuNT6VxBsrRsEU2RzTPA80Km1bqspj1cheYy7Dj9li0BcMEQ8OW+xWAVF1zEr6SOJwuzEsiEdZKQXsF44j0N0CflL3oby1xMS4kbN1/MrqteVUSTveUO5rvEWMdh3JKPHzAKSs5b8G83dmlwKeqnpXENJO9atrGwYUvSpMnXuKbq/OxlyTVqy9exHML2NxxK9ennyUzCuEakwDHXSiR5eBtix3w0WcBsQ/IHDqbKXm6peBcv3kUfUvkkzpk1y2IQI712VRM7H/Ltin0bmMTPOn9IQ4cZs4uNpFzWYdyWNBp0Q7nh9aX6Jvg==

ALEXIS JOAVANY RODRIGUEZ SOLIS | Fecha:2021-03-08 14:36:37 | Firmante

knStGp+bFr6YiXOoMMWnN/4QcVcgWVnkrDnPHezeW0j1Nzmjr75O9V1kubvbdwLO9C2n68BWka74rrSpWGSnr6MDNoCcos88bOUvOjbFK9Q3KACzfV7EyHAuB4JV1ci6WGwum7cxl5D36M8W8ejnesH8XV8USKI/UaoRN42+BXBpawJH0t0lgm8jT4Y0JS7bQN0p6tSN2fRKZklg++ehPva85OJ1qzuJ5zMU5eyMjggfyr3apGPQjPSYPVh72XKlxj5K+idTTImMW0TqPg7Wu33QfJ/4DVgVZpiu59SIUJCQ4KTSb2pA6RXr1/mA64T+LWZ1idhM8Dp7NNOsSwS+A==

LETICIA ISABEL VALENCIA CUEVAS | Fecha:2021-03-08 16:48:07 | Firmante

QE1BouW2KzOrtdluo4RF5D51kMzUpVfKVCotWzVp/lALJrm7Ag4PSG4nvmSEJscQGUDpEJyVG0v5xe6kbySglpyxzQdMBrkGVPXcX1zE3ejjMoFaW7u4Auv/E5C7rGNmeyTxiyXUIKqKjKQJC1dh3VLmnG+FHeKc+YQgxE1bFY9oHP23+43BA6H04I72HOzmns+a0YMcLeTkgPObnX/+g1zMGnLREsAN9Qb9eM9JNdlvtS0AHG29fIKfsbNW5pO3BhgncwGSaeujznczA4ptbHXemgymyDCilGqM2D5e9umEM5j8zBmGkj3+epvdPmayzGaPvruYn44pEGVIQsHwkg==

PATRICIA MUSSALI GALANTE | Fecha:2021-03-10 11:08:49 | Firmante

i8AwUhn0iBLzINH2onOGMDwXOML5HO3RVs5pGU79kk3VgEaQxDX1s5Mn2LjPrUcQMTpp+CeeyGSvwnKg3KQBKyEKNvt7kQitFlwuS3RfkepDnrMPYN2DWR11bYHMcnkwxrwu4JnB6OvRecZrJ1n6AOZebeTLGeLcR73OJCCpTtCaDOpwf6csyf0AWOnaLy0/b3wznKMS/ukNZhigtDsz4SSfryzmGzuGH2j6psCnnT Udvo8MOKu0ylFLnMOOMx85kQe30DwQQtP5AoMF5x3mXDYCCzyeSNOuyA0iUkhID4N5uVqpe/hMifJGwl+9cm+k1v6DTuillXkVj3bwEAJw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



05gqoL

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/cdkfij13BriceEuVZRfdm8x4yz2H7MQb>

