



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL



DESEMPEÑO AGRONÓMICO DEL TORONJIL
(*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*)
E IDENTIFICACIÓN DE SUS USOS MEDICINALES
EN LA ZONA NORTE DE GUERRERO

JUDITH MORALES BARRERA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y GESTIÓN LOCAL

DIRECTORA: DRA. MIRNA VÁZQUEZ VILLAMAR
CODIRECTOR: DR. MIGUEL ANGEL GRUINTAL SANTOS

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA GRO., MEX. MARZO 2024

La presente tesis titulada "DESEMPEÑO AGRONÓMICO DEL TORONJIL (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) E IDENTIFICACIÓN DE SUS USOS MEDICINALES EN LA ZONA NORTE DE GUERRERO", realizada por la alumna Judith Morales Barrera, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTORA

DRA. MIRNA VÁZQUEZ VILLAMAR

CODIRECTOR

DR. MIGUEL ANGEL GRUINAL SANTOS

ASESORA

DRA. TEOLINCACIHUATL ROMERO ROSALES

ASESORA

DRA. TANIA DE JESÚS ADAME ZAMBRANO

ASESOR

DR. SAÚL ROJAS HERNÁNDEZ

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud, sabiduría y por permitirme llegar a esta etapa de mi vida profesional.

UAGro, Universidad Autónoma de Guerrero, por haberme formado profesionalmente en su casa de estudios

FCAA, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y ambientales por haberme permitido formarme académicamente y por todos esos conocimientos transmitidos que serán útiles en mi vida profesional.

A todo el pueblo de Mexico, por la beca otorgada a mi persona a través del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (**CONAHCYT**), para culminar con mis estudios de postgrado.

Dr. Blas Cruz Lagunas por haberme brindado su apoyo en la planeación y conducción de esta investigación, su disponibilidad para el acompañamiento en campo desde que se estableció el experimento hasta la conclusión del mismo, por sus aportaciones durante la escritura de la tesis y sobre todo por su paciencia y dedicación al enseñarme.

Dr. Miguel Angel Gruintal Santos por impulsarme para que yo siguiera estudiando este posgrado, por sus valiosos consejos y por sus explicaciones a cada una de mis dudas a lo largo de esta investigación.

Dra. Tania de Jesús Adame Zambrano por sus valiosas aportaciones durante la investigación en las comunidades, así como en la escritura de la tesis.

Dra. Mirna Vázquez Villamar por su importante participación y asesoría durante la investigación, esas valiosas observaciones al trabajo y su amabilidad para guiarme.

Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales por haber facilitado el espacio para el establecimiento del experimento en Taxco y sus valiosas observaciones en la escritura del presente trabajo.

Dr. Saúl Rojas Hernández por sus valiosas aportaciones tanto en la redacción de la tesis, como en la preparación de las presentaciones de seminarios, gracias por compartir sus conocimientos conmigo.

A todas las personas de la localidad de Cajones, Agua Escondida y San Juan Tenería pertenecientes al municipio de Taxco, Guerrero, por la confianza que nos brindaron, su amabilidad y por su asistencia a los talleres para poder realizar la investigación correspondiente a la parte de gestión local.

DEDICATORIAS

A mis padres

Francisco Morales Reyes e Higinia Barrera Santos, por todo el apoyo que me han brindado.

A mis hermanos

Esperando que este esfuerzo les pueda servir como ejemplo de superación y logren ser mejor cada día, a cada uno de ellos sin excluir alguno.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
HOJA DE FIRMAS DEL CONSEJO PARTICULAR.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN GENERAL	1
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
1.1. Bibliografía	7
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
III. JUSTIFICACIÓN.....	10
IV. HIPÓTESIS	11
4.1. Hipótesis general	11
4.2. Hipótesis específicas	11
V. OBJETIVOS.....	11
5.1. Objetivo general	11
5.2. Objetivos específicos	11
VI. DESEMPEÑO AGRONÓMICO DEL TORONJIL (<i>Agastache mexicana</i> subsp. <i>mexicana</i>), EN AMBIENTES CONTRASTANTES, CON DIFERENTES FORMAS DE REPRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN.....	12
6.1. Resumen.....	12
6.2. Abstract	13
6.3. Introducción.....	14
6.4. Materiales y métodos	17
6.4.1. Localización del área de estudio.....	17
6.4.2. Material vegetal y sustrato	17
6.4.3. Tratamientos y variables	19
6.4.4. Nutrición al cultivo.....	21
6.4.5. Riegos.....	23

6.4.6. Análisis estadístico.....	23
6.5. Resultados y discusión	24
6.5.1. Temperatura y humedad relativa registrada durante el experimento	24
6.5.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables evaluadas...	26
6.5.3. Comparación de medias y curvas de crecimiento de variables evaluadas en el toronjil.	29
6.6. Conclusión	51
6.7. Recomendaciones	52
6.7. Bibliografía	53
VII. CONSUMO Y PRESERVACIÓN DEL TORONJIL (<i>Agastache mexicana</i> subsp.<i>mexicana</i>) Y OTRAS PLANTAS MEDICINALES EN LA SIERRA DE TAXCO, GUERRERO, MÉXICO	58
7.1. Resumen.....	58
7.2. Abstract	59
7.3. Introducción.....	60
7.4. Materiales y métodos	60
7.4.1. Área de estudio.....	61
7.4.2. Obtención de datos a través de entrevistas semiestructuradas.....	61
7.4.3. Recolección de información	63
7.4.4. Recolección y conservación de material botánico	63
7.4.5. Análisis de los datos	63
7.4.6. Resultados y discusión	64
7.5. Conclusiones.....	75
7.6. Referencias	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Análisis de la fertilidad del suelo utilizado en el experimento.	19
2	Tratamientos resultantes de la combinación de los tres factores evaluados.	20
3	Composición química de la solución nutritiva de Steiner.	21
4	Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en el producto comercial Hortihumus® de 5 L de capacidad.	22
5	Nutrientes presentes en los ácidos húmicos y fúlvicos.	22
6	Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza para cuatro variables evaluadas.	26
7	Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza para cuatro variables evaluadas.	27
8	Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza para tres variables evaluadas.	28
9	Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza para la variable contenido relativo de clorofila en tres estratos de la planta.	29
10	Comparación de medias de 12 tratamientos evaluados y su efecto en seis variables estudiadas en la planta de toronjil.	29
11	Comparación de medias de 12 tratamientos evaluados y su efecto en cinco variables estudiadas en la planta de toronjil.	43
12	Comparación de medias de 12 tratamientos evaluados y su efecto en el contenido relativo de clorofila en tres estratos de la planta de toronjil.	46

13	Comparación de medias del contenido relativo de clorofila en dos fechas de medición.	47
14	Peso de semillas de la inflorescencia principal y de ramas de los doce tratamientos evaluados.	48
15	Número de semillas obtenidas por cada tratamiento evaluado.	49
16	Número de encuestas por cada localidad de estudio, obtenidas a través de la población mayor de 18 años.	62
17	Lista de plantas medicinales usadas por los pobladores de las tres localidades de estudio.	64
18	Lista de plantas medicinales usadas por los pobladores de las tres localidades de estudio.	66
19	Número de encuestas por cada localidad de estudio, obtenidas a través de la población mayor de 18 años.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Temperatura (°C) registrada durante el periodo del experimento en el ambiente de Iguala.	24
2	Humedad relativa (%) registrada durante el periodo del experimento en el ambiente de Iguala.	25
3	Temperatura (°C) registrada durante el periodo del experimento en el ambiente de Taxco.	25
4	Humedad relativa (%) registrada durante el periodo del experimento en el ambiente de Taxco.	25
5	Curvas de crecimiento obtenidas de la altura de la planta de doce tratamientos evaluados.	31
6	Curvas de crecimiento obtenidas del número de hojas de doce tratamientos evaluados.	33
7	Curvas de crecimiento obtenidas del número de entrenudos de doce tratamientos evaluados.	34
8	Curvas de crecimiento obtenidas del número de ramas de doce tratamientos evaluados.	38
9	Curvas de crecimiento obtenidas del diámetro de tallo de doce tratamientos evaluados.	39
10	Curvas de crecimiento obtenidas del número rizomas emergidos de doce tratamientos evaluados.	41
11	Porcentaje de floración obtenido por cada tratamiento evaluado.	47
12	Población que conoce y consume el toronjil en las tres localidades de estudio de la sierra de Taxco, Guerrero, México.	71

13	Padecimiento o síntomas que son tratados con la planta de toronjil por las tres localidades de estudio de la sierra de Taxco, Guerrero, México.	72
14	Partes de la planta de toronjil que son utilizadas por las personas de la sierra de Taxco, Guerrero, México.	73
15	Valor económico que le dan al toronjil en las tres localidades de estudio de la sierra de Taxco, Guerrero, México.	74
16	Interés de la población en la preservación del toronjil en las tres localidades de estudio de la sierra de Taxco, Guerrero, México.	75

RESUMEN GENERAL

El toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) es una planta medicinal endémica de México que crece en climas templados, tiene una alta demanda por sus propiedades medicinales que posee, sin embargo, a pesar de la gran importancia que representa es una especie extraída principalmente del medio natural, además de esto, sus semillas presentan bajo porcentaje de germinación, por lo que ambas situaciones contribuyen a la disminución de la población. Debido a esto es necesario crear estrategias de manejo para la especie que favorezcan su crecimiento y rendimiento, así como su adaptación a otras zonas geográficas fuera de su hábitat natural. De igual manera es sumamente importante la recopilación y conservación del conocimiento sobre los usos medicinales del toronjil y otras plantas medicinales en las comunidades donde son utilizadas y este conocimiento ponerlo a disposición de todos. El trabajo de investigación fue realizado en dos etapas, en la primera se estudió el desempeño agronómico del toronjil, para ello las plantas fueron establecidas en dos ambientes contrastantes, con tres formas de nutrición y dos formas de reproducción. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 3$ correspondiente a 2 ambientes (Iguala y Taxco), 2 formas de reproducción (sexual-semilla botánica y asexual-rizoma) y 3 formas de nutrición (química-solución nutritiva universal de Steiner 1984, orgánica-Hortihumus y testigo-solo se adiciono agua). En total se evaluaron 12 tratamientos, 6 por cada ambiente, cada uno con 10 repeticiones. Las plantas que fueron establecidas en el ambiente de Iguala respondieron de manera favorable, se observó un buen desarrollo en las variables de estudio y se obtuvo mayor contenido de biomasa en comparación con las plantas de Taxco, por lo que se puede decir que la planta se puede adaptar a un ambiente que se consideraba no adecuado para la especie. El uso de los bioestimulantes resultan ser una alternativa para la producción orgánica del cultivo de toronjil, ya que las plantas presentaron mejores resultados cuando se les aplico Hortihumus, por otra parte, las plantas obtenidas a partir de semillas presentaron mejor desarrollo de las estructuras vegetales en comparación con los rizomas, por lo tanto, para el establecimiento del cultivo este es un factor muy importante para considerar. En la segunda etapa se llevó a cabo un estudio etnobotánico en tres comunidades pertenecientes a la sierra del municipio de Taxco,

las comunidades fueron: Cajones, Agua Escondida y San Juan Tenería, con el objetivo de rescatar y conservar el conocimiento sobre los usos medicinales del toronjil y otras plantas medicinales que son aprovechadas por los habitantes locales. En los resultados se identificaron 52 especies de plantas medicinales agrupadas en 26 familias botánicas, la familia que más sobresale es Lamiaceae con (12 especies), seguida de Asteraceae (7). Las personas mencionan que las plantas medicinales las usan principalmente para problemas gastrointestinales (39 %), seguido para los problemas respiratorios y osteomusculares (17 %), la forma de utilización más común es mediante decocción (63 %), las hojas son la parte que más utilizan de la planta con el (47 %). Las plantas utilizadas provienen principalmente del medio silvestre (47 %) y solo el (40 %) son cultivadas; Respecto al Toronjil, las tres localidades coinciden en conocer la planta, lo han consumido y la tienen en casa, dándole cuatro categorías de uso, dolor de estómago y/o cólicos, problemas respiratorios, nervios y para filiación cultura, la forma de consumo es en cocción para té utilizando mayormente las hojas. Los habitantes muestran interés en la preservación de la especie, para lo cual el 90 % de los entrevistados están interesados en el cultivo en sus huertos familiares para dar un manejo sostenible y evitar la disminución de la especie.

Palabras clave: Toronjil, planta medicinal, desempeño agronomico, conservación, etnobotánica.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las plantas medicinales han sido utilizadas por el ser humano para aliviar diferentes malestares o enfermedades, este conocimiento sobre sus usos se ha transmitido de generación en generación. En la actualidad, se han calculado que aproximadamente 50, 000 especies de plantas tienen alguna propiedad medicinal, las cuales corresponden al 10 % de todas las existentes en el mundo (Maldonado *et al.*, 2020). En México se han registrado 4,500 plantas medicinales posicionándose en segundo lugar a nivel mundial (Zhang *et al.*, 2021). Principalmente las plantas medicinales son usadas mediante decocciones o infusiones, seguidas de productos homeopáticos, en cuanto a las partes utilizadas de las plantas van desde hoja, tallo, flor, fruto, semilla, corteza o toda la planta (Akram *et al.*, 2020).

Agastache mexicana subsp. *mexicana* es una de las plantas aromáticas y medicinales más importantes de México, debido a la composición química de su aceite esencial y extractos, los cuales tienen diversos efectos farmacéuticos (González-Trujano *et al.*, 2015). Los compuestos principales y de mayor abundancia del aceite esencial extraído de *Agastache mexicana* incluyen el limoneno, metil chavicol (estragol) y linalol (Estrada-Reyes *et al.*, 2004). En el extracto se encuentra presente la acacetina 7-O- β -glucósido (Estrada-Reyes *et al.*, 2014), que ha demostrado ser útil en el tratamiento de lesiones cerebrales traumáticas, accidentes cerebrovasculares y para afecciones posquirúrgicas causadas por neurocirugía o enfermedades como Alzheimer (Gálvez *et al.*, 2015). A su vez la tilianina es el flavonoide que más destaca en los extractos metanólicos y acuosos de *Agastache mexicana* (Ventura-Martínez *et al.*, 2017). Se le han otorgado a la tilianina varias propiedades farmacológicas y biológicas beneficiosas, como un efecto antidiabético, antihiperlipidémico, antiinflamatorio y vasorrelajante (Carmona-castro, 2018).

A pesar de la gran importancia que tiene esta especie no se cultiva a gran escala y es cosechada de plantas silvestres afectando así sus poblaciones (Martínez-Gordillo *et al.*, 2017), a esto también hay que agregarle que sus semillas presentan baja viabilidad para germinar dificultando un poco más su reproducción (Carrillo Galván *et al.*, 2020). Por otra parte, son pocos los estudios que permitan el establecimiento de la planta

como un cultivo y con ello reducir su extracción del medio natural, al mismo tiempo que los productores puedan ampliar la variedad de plantas medicinales cultivadas ante la creciente demanda debido a la amplia gama de propiedades farmacológicas, como es el caso de *Agastache mexicana* subsp. *mexicana* que posee un gran potencial farmacológico. Debido a esto es importante crear estrategias de manejo para esta especie que favorezca su crecimiento y rendimiento, así como su adaptación a otras zonas geográficas fuera de su hábitat natural.

En un sistema de producción agrícola, la nutrición del cultivo es el factor más importante por considerar, debido a que el exceso o la falta de nutrientes limita el desarrollo óptimo de la planta y afecta directamente su rendimiento (Gastelum-Osorio *et al.*, 2013). En este sentido la aplicación de fertilizantes tiene como función principal proporcionar nutrientes a las plantas que permitan su buen desarrollo y con ello incrementar la producción, al mismo tiempo poder contribuir a la seguridad alimentaria ante el crecimiento acelerado de la población a nivel mundial (Horst, 2017).

En relación con lo mencionado el uso de la solución nutritiva (SN) permite proporcionar los nutrientes necesarios a los cultivos favoreciendo su desarrollo y crecimiento y por consiguiente obtener altos rendimientos, así como favorecer la calidad de los productos (Steiner, 1984). Los aspectos más importantes de la solución nutritiva son la relación mutua entre aniones y cationes, la conductividad eléctrica, el pH, la relación $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ y la temperatura. La relación mutua entre aniones y cationes debe corresponder con la demanda de las plantas y las relaciones deben ser modificadas de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encuentre (Herrera, 1999).

Siguiendo en el mismo contexto las sustancias húmicas y fúlvicas han sido ampliamente utilizadas como bioestimulantes en la agricultura y han demostrado efectos directos e indirectos sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas (Tan, 2003). En el efecto directo las sustancias húmicas son absorbidas eficientemente a través del tejido vegetal provocando una elevación en algunos aspectos bioquímicos como los aminoácidos, nutrientes y vitaminas. En el indirecto incluye la mejora de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, a través de retención de agua y nutrientes, ventilación, permeabilidad, mayor capacidad de intercambio catiónico,

favorecen la disponibilidad de nutrientes, contribuyen a mejorar la actividad microbiana (bacterias, hongos y actinomicetos) promoviendo el desarrollo radicular (Tan, 2003; Melo, 2006; Cooper y Abi-Ghanem, 2017; Veobides-Amador, 2018).

Por otro lado, muchas especies de plantas se reproducen de forma sexual y asexual. Las dos formas de reproducción contribuyen a la persistencia de la población de plantas (Chen *et al.*, 2015). La propagación vegetativa tiene importantes beneficios ya que contribuye al crecimiento de la población local a través de una rápida propagación a corta distancia (Xiao *et al.*, 2011), sin embargo, la reproducción de plantas de forma asexual dan como resultado una reducción de la diversidad genética, por lo que la alta densidad y la uniformidad genética de las poblaciones clonales aumentan la susceptibilidad a enfermedades, perturbaciones, brotes de insectos y trastornos ambientales (Lei, 2010). Los propágulos vegetativos en comparación con las semillas son generalmente más vulnerables a la desecación y tienen una vida más corta (Boedeltje *et al.*, 2008). Mientras que la propagación o multiplicación de plantas por medio de semillas (propagación sexual) permite obtener descendencia genéticamente diversa, la cual conduce a obtener plantas vigorosas con resistencia a estreses bióticos (plagas de insectos y enfermedades) y abióticos (condiciones ambientales) con una larga vida (Chauhan *et al.*, 2021). Las semillas adquieren la capacidad de tolerar condiciones ambientales más severas en comparación con las plantas clones. Inclusive si el hábitat sufre cambios catastróficos, gracias al banco de semillas, la población todavía tiene la oportunidad de sobrevivir y florecer nuevamente (Bai *et al.*, 2009). Por lo tanto, las semillas desempeñan el papel más importante en las etapas pioneras de la vegetación al permitir el (re)establecimiento de rodales genéticamente diversos (Álvarez *et al.*, 2005; Nielsen *et al.*, 2006). En el caso del toronjil debido al bajo porcentaje de germinación de las semillas en los pocos trabajos que se han realizado referente a la parte agronómica han utilizado rizomas dejando a un lado la obtención de plantas por semilla, es por ello que en esta investigación se evalúa el comportamiento de las plantas utilizando ambas formas de reproducción.

Teniendo en cuenta todo lo antes mencionado el objetivo de esta investigación fue analizar el desempeño agronómico del toronjil en dos ambientes contrastantes, a través de reproducción sexual y asexual, aplicando nutrición química, orgánica y

adicionando únicamente agua a las plantas. Al mismo tiempo identificar los usos medicinales del toronjil y la importancia que tiene en tres localidades de la sierra de Taxco, Guerrero, México.

1.1. Bibliografía

- Akram, M., Riaz, M., Noreen, S., Shariati, M. A., Shaheen, G., Akhter, N., ... & Zainab, R. (2020). Therapeutic potential of medicinal plants for the management of scabies. *Dermatologic Therapy*, 33(1), e13186. <https://doi.org/10.1111/dth.13186>
- Alvarez, M. G., Tron, F., & Mauchamp, A. (2005). Sexual versus asexual colonization by *Phragmites australis*: 25-year reed dynamics in a Mediterranean marsh, southern France. *Wetlands*, 25(3), 639-647.
- Bai, W., Sun, X., Wang, Z., & Li, L. (2009). Nitrogen addition and rhizome severing modify clonal growth and reproductive modes of *Leymus chinensis* population. *Plant Ecology*, 205, 13-21.
- Boedeltje, G., Ozinga, W. A., & Prinzing, A. (2008). The trade-off between vegetative and generative reproduction among angiosperms influences regional hydrochorous propagule pressure. *Global Ecology and Biogeography*, 17(1), 50-58.
- Carmona-Castro, G., Estrada-Soto, S., Arellano-García, J., Arias-Duran, L., Valencia-Díaz, S., & Perea-Arango, I. (2019). High accumulation of tilianin in in-vitro cultures of *Agastache mexicana* and its potential vasorelaxant action. *Molecular biology reports*, 46, 1107-1115. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4570-4>
- Carrillo-Galván, G., Bye, R., Eguiarte, L. E., Cristians, S., Pérez-López, P., Vergara-Silva, F., & Luna-Cavazos, M. (2020). Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: *Agastache* (Lamiaceae)—an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00368-2>
- Chauhan, A., Sharma, D., Kumar, R., Shiwani, K., & Sharma, N. (2021). Methods of propagation in vegetable crops. *New Delhi, India*, 270-281.
- Chen, X., Li, Y., Xie, Y., Deng, Z., Li, X., Li, F. y Hou, Z. (2015). Compensación entre la asignación a ramets reproductivos y yemas de rizoma en poblaciones de *Carex brevicuspis* a lo largo de un gradiente de elevación a pequeña escala. *Informes científicos*, 5, 12688. doi: 10.1038/srep12688
- Cooper, L., & Abi-Ghanem, R. (2017). El valor de las sustancias húmicas en el ciclo de vida del carbón de los cultivos: Ácidos húmicos, ácidos fúlvicos.
- Estrada-Reyes, R., Hernández, EA, García-Argáez, A., Hernández, MS, Linares, E., Bye, R., & Martínez-Vázquez, M. (2004). Composición química comparativa de *Agastache mexicana* subsp. *mexicana* y *A. mexicana* subsp. *xolocotziana*. *Sistemática bioquímica y ecología*, 32 (7), 685-694. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2004.01.005>
- Estrada-Reyes, R., López-Rubalcava, C., Ferreyra-Cruz, O. A., Dorantes-Barrón, A. M., Heinze, G., Aguilar, J. M., & Martínez-Vázquez, M. (2014). Central nervous system effects and chemical composition of two subspecies of *Agastache*

- mexicana; an ethnomedicine of Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(1), 98-110. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.12.057>
- Galvez, J., Estrada-Reyes, R., Benítez-King, G., Araujo, G., Orozco, S., Fernandez-Mas, R., ... & Calixto, E. (2015). Implicación del sistema GABAérgico en los efectos neuroprotectores y sedantes de la acacetina 7-O-glucósido en roedores. *Neurología restaurativa y neurociencia*, 33 (5), 683-700.
- Gastelum-Osorio, D. A., Sandoval-Villa, M., Trejo-López, C., & Castro-Brindis, R. (2013). Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 19(2), 197-210.
- Gonzalez-Trujano, M. E., Ponce-Muñoz, H., Hidalgo-Figueroa, S., Navarrete-Vázquez, G., & Estrada-Soto, S. (2015). Depressant effects of *Agastache mexicana* methanol extract and one of major metabolites tilianin. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(3), 185-190.
- Herrera, A. L. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra latinoamericana*, 17(3), 221-229.
- Horst, W. 2017. Los Retos Multifacéticos de la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 87. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- Lei, S. A. (2010). Benefits and costs of vegetative and sexual reproduction in perennial plants: a review of literature. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 42(1), 9-14.
- Maldonado, C., Paniagua-Zambrana, N., Bussmann, R. W., Zenteno-Ruiz, F. S., & Fuentes, A. F. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia*, 55(1), 1-5. http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v55n1/v55n1_a01.pdf
- Martínez-Gordillo, M., Bedolla-García, B., Cornejo-Tenorio, G., Fragoso-Martínez, I., García-Peña, M. D. R., González-Gallegos, J. G., & Zamudio, S. (2017). Lamiaceae de México. *Botanical Sciences*, 95(4), 780-806.
- Melo López, L. (2006). Análisis y caracterización de ácidos fúlvicos y su interacción con algunos metales pesados.
- Nielsen, U. N., Riis, T., & Brix, H. (2006). The importance of vegetative and sexual dispersal of *Luronium natans*. *Aquatic Botany*, 84(2), 165-170.
- Rodríguez, M. G. L. (2021). Crecimiento vegetativo de toronjil morado *Agastache mexicana* ssp. *mexicana* en respuesta al pH y concentración de hierro de la solución nutritiva.
- Steiner AA (1984) The Universal Nutrient Solution. En Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult. pp. 633-649.

- Tan, K. H. (2003). Humic matter in soil and the environment: principles and controversies. CRC press.
- Ventura-Martínez, R., Rodríguez, R., González-Trujano, ME, Ángeles-López, GE, Déciga-Campos, M., & Gómez, C. (2017). Actividades espasmogénicas y espasmolíticas de *Agastache mexicana* ssp. *mexicana* y *A. mexicana* ssp. *extractos metanólicos de xolocotziana* en ileon de cobayo. *Revista de etnofarmacología*, 196, 58-65.
- Veobides-Amador, H., Guridi-Izquierdo, F., & Vázquez-Padrón, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos tropicales*, 39(4), 102-109.
- Xiao, Y., Tang, J., Qing, H., Zhou, C., Kong, W. y An, S. (2011). Compensaciones entre crecimiento, reproducción clonal y sexual en una planta invasora *Spartina alterniflora* que responde a la inundación y la integración clonal. *Hidrobiología*, 658, 353–363.
- Zhang, Y., Long, Y., Yu, S., Li, D., Yang, M., Guan, Y., ... & Peng, W. (2021). Natural volatile oils derived from herbal medicines: a promising therapy way for treating depressive disorder. *Pharmacological research*, 164, 105376.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe una disminución de la población de la especie, la cual es causada por el saqueo de la planta del medio natural para la comercialización, otras causas son la deforestación, los incendios forestales, lo que la ponen en riesgo de extinción. Así mismo, las semillas de toronjil presentan baja viabilidad para germinar, lo que dificulta aún más su reproducción en el medio natural, por otra parte, son escasos los estudios que permitan el establecimiento de la planta como un cultivo.

Con base a lo expuesto surgen las siguientes preguntas de investigación:

¿El ambiente cálido favorecerá la producción de toronjil en comparación con un ambiente templado, así mismo la aplicación de fertilizantes junto con la forma de reproducción ayudarán en el crecimiento y desarrollo de la planta?

El estudio etnobotánico ¿podría contribuir en el rescate y conservación sobre los usos medicinales del toronjil en las comunidades donde se utiliza?

III. JUSTIFICACIÓN

Muchas plantas aromáticas y medicinales se cultivan a gran escala, sin embargo, la mayoría, todavía se obtienen de colectas de poblaciones silvestres, este aumento de la sobreexplotación ha generado que muchas de ellas se encuentren amenazadas y en el peor de los casos en peligro de extinción, al mismo tiempo las condiciones ambientales impiden que ciertas especies puedan establecerse en lugares fuera de su hábitat natural para su cultivo, es por ello que esta investigación aporta información para la adaptación del toronjil a nuevas áreas introducidas para su cultivo, incrementar su producción, que los productores puedan ampliar la variedad de plantas medicinales cultivadas y por consiguiente que deje de ser saqueada del medio natural. De igual manera que el estudio etnobotánico contribuya en el rescate y la conservación del conocimiento de los usos medicinales del toronjil y poder dar un manejo sostenible a la especie.

IV. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis general

- El análisis del desempeño agronómico del toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) proporciona información para la adaptación y cultivo de la especie en diferentes condiciones ambientales, así mismo conocen y utilizan la especie por sus propiedades medicinales.

4.2. Hipótesis específicas

- Las condiciones climáticas de los ambientes contrastantes, la forma de reproducción y la nutrición, producen diferencias en el desempeño agronómico de la planta de toronjil.
- Las localidades de estudio conocen y usan el toronjil por sus propiedades medicinales, además muestran interés en la preservación del cultivo.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Analizar el desempeño agronómico del toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) e identificar sus usos medicinales en la zona Norte de Guerrero.

5.2. Objetivos específicos

- Comparar el desempeño agronómico del toronjil en dos ambientes contrastantes, con diferentes formas de reproducción y nutrición en la zona Norte de Guerrero.
- Identificar los usos medicinales del toronjil en tres localidades de la sierra de Taxco, Guerrero.

VI. DESEMPEÑO AGRONÓMICO DEL TORONJIL (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*), EN AMBIENTES CONTRASTANTES, CON DIFERENTES FORMAS DE REPRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN

6.1. Resumen

En la presente investigación se estudió la respuesta productiva del toronjil establecido en (dos ambientes contrastantes, con dos formas de reproducción y tres formas de nutrición), con el objetivo de determinar el efecto de estos factores en el crecimiento y rendimiento del cultivo, al mismo tiempo crear estrategias de manejo que favorezcan la adaptación de la especie a otras zonas geográficas fuera de su hábitat natural. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial 2×2×3 correspondiente a 2 ambientes (Iguala y Taxco), 2 formas de reproducción (sexual-semilla botánica y asexual-rizoma) y 3 formas de nutrición (química-solución nutritiva universal de Steiner 1984, orgánica-Hortihumus y testigo-solo se adiciono agua). En total se evaluaron 12 tratamientos, 6 por cada ambiente, cada uno con 10 repeticiones. Las plantas que fueron establecidas en el ambiente de Iguala respondieron de manera favorable, se observó un buen desarrollo en las variables de estudio y se obtuvo mayor contenido de biomasa en comparación con las plantas de Taxco, por lo que se puede decir que la planta se puede adaptar a un ambiente que se consideraba no adecuado para la especie. El uso de los bioestimulantes resultan ser una alternativa para la producción orgánica del cultivo de toronjil, ya que las plantas presentaron mejores resultados cuando se les aplicó Hortihumus, por otra parte, las plantas obtenidas a partir de semillas presentaron mejor desarrollo de las estructuras vegetales en comparación con los rizomas, por lo tanto, para el establecimiento del cultivo este es un factor muy importante para considerar.

Palabras clave: Planta medicinal, Nutrición, Rendimiento, Bioestimulantes, Biomasa

6.2. Abstract

In the present investigation, the productive response of lemon balm established in (two contrasting environments, with two forms of reproduction and three forms of nutrition) was studied, with the objective of determining the effect of these factors on the growth and yield of the crop, at the same time. time create management strategies that favor the adaptation of the species to other geographical areas outside its natural habitat. A completely randomized statistical design was used with a $2 \times 2 \times 3$ factorial arrangement corresponding to 2 environments (Iguala and Taxco), 2 forms of reproduction (sexual-botanical seed and asexual-rhizome) and 3 forms of nutrition (chemical-nutrient solution universal from Steiner 1984, organic-Hortihumus and control-only water was added). In total, 12 treatments were evaluated, 6 for each environment, each with 10 repetitions. The plants that were established in the Iguala environment responded favorably, good development was observed in the study variables and a higher biomass content was obtained compared to the Taxco plants, so it can be said that the plant was can adapt to an environment that was considered unsuitable for the species. The use of biostimulants turns out to be an alternative for the organic production of lemon balm cultivation, since the plants presented better results when Hortihumus was applied, on the other hand, the plants obtained from seeds presented better development of the plant structures in comparison with rhizomes, therefore, for the establishment of the crop this is a very important factor to consider.

Keywords: Medicinal plant, Nutrition, Yield, Biostimulants, Biomass

6.3. Introducción

El toronjil morado (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) es una planta medicinal endémica de México, se distribuye geográficamente por los estados de Puebla, México, Hidalgo, Morelos, Guerrero, Jalisco y Michoacán (UNAM, 2009). Es una de las plantas aromáticas y medicinales más importantes de México, esto se debe a la composición química de su aceite esencial y extractos, los cuales presentan diversos efectos farmacéuticos (González-Trujano *et al.*, 2015). En *A. mexicana* subsp. *mexicana* se han aislado los metabolitos secundarios como mentona, camfeno, β -pineno, limoneno, p-cimeno, citronelal y pulegona, los cuales presentan una amplia gama de actividades biológicas, entre ellas (carminativo, estomacal, antiespasmódico, antiinflamatorio, analgésico, aperitivo, antiséptico, expectorante y espasmolítico) (Reyes *et al.*, 2005), por su parte Estrada-Reyes *et al.* (2014) en el extracto de *A. mexicana* subsp. *mexicana* identificaron la acetina 7-O- β -glucósido, quien ha demostrado ser útil en el tratamiento de lesiones cerebrales traumáticas, accidentes cerebrovasculares y para afecciones posquirúrgicas causadas por neurocirugía o enfermedades como Alzheimer (Gálvez *et al.*, 2015).

Estrada-Reyes *et al.* (2014), señalan que esta especie es utilizada en la medicina tradicional mexicana para problemas de filiación cultural como “susto” o “espanto” y como inductor del sueño, a su vez Carrillo-Galván *et al.* (2020), mencionan toronjil morado (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) junto con el toronjil blanco (*Agastache mexicana* subsp. *xolocotziana*) es utilizado para aliviar los problemas gastrointestinales, menstruales y para los nervios. Sin embargo, a pesar de la gran importancia que tiene esta especie no se cultiva a gran escala y es cosechada de plantas silvestres afectando así sus poblaciones (Martínez-Gordillo *et al.*, 2017), a esto también hay que agregarle que sus semillas presentan baja viabilidad para germinar, dificultando un poco más su reproducción (Carrillo Galván *et al.*, 2020). Por otra parte, son escasos los estudios que permitan el establecimiento de la planta como un cultivo y con ello reducir su extracción del medio natural, al mismo tiempo que los productores puedan ampliar la variedad de plantas medicinales cultivadas ante la creciente demanda debido a la amplia gama de propiedades farmacológicas, como es el caso de *A. mexicana* subsp. *mexicana* que posee un gran potencial farmacológico. Debido

a esto es importante crear estrategias de manejo para esta especie que favorezca su crecimiento y rendimiento, así como su adaptación a otras zonas geográficas fuera de su hábitat natural.

En un sistema de producción agrícola, la nutrición del cultivo es el factor más importante por considerar, debido a que el exceso o la falta de nutrientes limita el desarrollo óptimo de la planta y afecta directamente su rendimiento (Gastelum-Osorio, 2013). En este sentido la aplicación de fertilizantes tiene como función principal proporcionar nutrientes a las plantas que permitan su buen desarrollo y con ello incrementar la producción, al mismo tiempo poder contribuir a la seguridad alimentaria ante el crecimiento acelerado de la población a nivel mundial (Horst, 2017).

En relación con lo mencionado el uso de la solución nutritiva (SN) permite proporcionar los nutrientes necesarios a los cultivos favoreciendo su desarrollo y crecimiento y por consiguiente obtener altos rendimientos, así como favorecer la calidad de los productos (Steiner, 1984). Los aspectos más importantes de la solución nutritiva son la relación mutua entre aniones y cationes, la conductividad eléctrica, el pH, la relación $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ y la temperatura. La relación mutua entre aniones y cationes debe corresponder con la demanda de las plantas y las relaciones deben ser modificadas de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encuentre (Herrera, 1999).

Siguiendo en el mismo contexto las sustancias húmicas y fúlvicas han sido ampliamente utilizadas como bioestimulantes en la agricultura y han demostrado efectos directos e indirectos sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas (Tan, 2003). En el efecto directo las sustancias húmicas son absorbidas eficientemente a través del tejido vegetal provocando una elevación en algunos aspectos bioquímicos como los aminoácidos, nutrientes y vitaminas. En el indirecto incluye la mejora de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, a través de retención de agua y nutrientes, ventilación, permeabilidad, mayor capacidad de intercambio catiónico, favorecen la disponibilidad de nutrientes, contribuyen a mejorar la actividad microbiana (bacterias, hongos y actinomicetos) promoviendo el desarrollo radicular (Tan, 2003; Melo, 2006; Cooper y Abi-Ghanem, 2017; Veobides-Amador, 2018).

Por otro lado, muchas especies de plantas se reproducen de forma sexual y asexual. Las dos formas de reproducción contribuyen a la persistencia de la población de plantas (Chen *et al.*, 2015). La propagación vegetativa tiene importantes beneficios ya que contribuye al crecimiento de la población local a través de una rápida propagación a corta distancia (Xiao *et al.*, 2011), sin embargo, la reproducción de plantas de forma asexual dan como resultado una reducción de la diversidad genética, por lo que la alta densidad y la uniformidad genética de las poblaciones clonales aumentan la susceptibilidad a enfermedades, perturbaciones, brotes de insectos y trastornos ambientales (Lei, 2010). Los propágulos vegetativos en comparación con las semillas son generalmente más vulnerables a la desecación y tienen una vida más corta (Boedeltje *et al.*, 2008). Mientras que la propagación o multiplicación de plantas por medio de semillas (propagación sexual) permite obtener descendencia genéticamente diversa, la cual conduce a obtener plantas vigorosas con resistencia a estreses bióticos (plagas de insectos y enfermedades) y abióticos (condiciones ambientales) con una larga vida (Chauhan *et al.*, 2021). Las semillas adquieren la capacidad de tolerar condiciones ambientales más severas en comparación con las plantas clones. Inclusive si el hábitat sufre cambios catastróficos, gracias al banco de semillas, la población todavía tiene la oportunidad de sobrevivir y florecer nuevamente (Bai *et al.*, 2009). Por lo tanto, las semillas desempeñan el papel más importante en las etapas pioneras de la vegetación al permitir el (re)establecimiento de rodales genéticamente diversos (Álvarez *et al.*, 2005; Nielsen *et al.*, 2006). En el caso del toronjil debido al bajo porcentaje de germinación de las semillas en los pocos trabajos que se han realizado referente a la parte agronómica han utilizado rizomas dejando a un lado la obtención de plantas por semilla, es por ello que en esta investigación se evalúa el comportamiento de las plantas utilizando ambas formas de reproducción. Teniendo en cuenta lo antes mencionado el objetivo de esta investigación fue analizar la adaptación y el desempeño agronómico del toronjil en dos ambientes contrastantes, aplicando nutrición química (solución nutritiva de Steiner 1984), orgánica (ácidos húmicos y fúlvicos mediante el producto comercial Hortihumus) y al testigo se le adiciono únicamente agua y para la obtención de la planta fue a través de reproducción sexual y asexual.

6.4. Materiales y métodos

6.4.1. Localización del área de estudio

Para evaluar el desempeño agronómico de la planta de toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) el experimento fue establecido a campo abierto en dos localidades contrastantes de la región Norte del estado de Guerrero.

El primero con ubicación en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales Unidad “Tuxpan”, perteneciente al municipio de Iguala de la Independencia, Guerrero, México: entre las coordenadas 18°20'38.706" N y -99°30'6.06" O, con una altitud de 735 msnm. De acuerdo con la clasificación de Köppen el clima es considerado cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw0). La temperatura media anual es de 26.4 °C. La precipitación anual aproximada es de 1,100 mm (García, 2005). Para obtener datos de la temperatura y la humedad relativa del ambiente, durante el experimento fue colocado un datalogger marca Elitech el cual registro esta información.

El segundo experimento se estableció en el Rancho Agroecológico “El Romerito” ubicado al sureste del municipio de Taxco de Alarcón, Guerrero, México: entre las coordenadas 18°35'06.83" N y -99°40'21.09" O, con una altitud de 2,334 msnm. De acuerdo con la clasificación de Köppen el clima es considerado Cwb templado con lluvias en verano. La temperatura media anual es 18.4 °C en Taxco. La precipitación anual aproximada es de 1,252 mm (García, 2004). Igualmente, para obtener datos de la temperatura y la humedad relativa del ambiente, fue colocado un datalogger marca Elitech durante el experimento.

6.4.2. Material vegetal y sustrato

Se utilizaron plantas de toronjil obtenidas a través de reproducción sexual (semillas) y asexual (rizomas). Se procedió a obtener plantas por semilla, para lo cual se realizó la cosecha de semillas maduras de plantas adultas de toronjil, las cuales se encontraban establecidas en el Rancho Agroecológico “El Romerito”.

Las semillas fueron tratadas con citocininas (Citomax a una dosis de 1 cc·L⁻¹ agua) con un tiempo de remojo de 24 h, posteriormente se retiraron de la solución y fueron

colocadas en cajas Petri, sobre doble capa de toalla de papel (sanitas), humedecidas con agua esterilizada, esta actividad fue realizada dentro de un laboratorio el día 8 de julio de 2022, durante el proceso de germinación se registró una temperatura máxima de 33.9 °C y mínima de 28.4 °C, la humedad relativa máxima fue de 61.4 % y mínima de 51.2 %. A los seis días después de la siembra (14 de julio) comenzó a salir la radícula de las primeras semillas, para el día 16 se observó que el 85 % de las semillas habían germinado, al aparecer los cotiledones (17 de julio) las plántulas se trasplantaron en almácigos portátiles de unicel de 200 cavidades. El sustrato utilizado en el almácigo fue una mezcla de turba de Canadá (peat moss) y vermiculita en proporción 3:2 V/V, respectivamente.

Se aplicaron riegos ligeros diariamente y se continuo con el monitoreo de las plantas, para el día 13 de agosto las plantas ya habían alcanzado una altura de entre 8 a 12 cm y con un promedio de 6 a 10 hojas desarrolladas.

La otra forma de obtención de plantas fue a través de reproducción vegetativa (rizomas), para esto plantas adultas de un año de edad que se encontraban en el Rancho agroecológico el “Romerito” fueron podadas para estimular la aparición de nuevos tallos, esto se realizó el día 22 de julio del 2022, para el día 13 de agosto ya se tenían plantas con alturas de entre 10 a 15 cm, con un promedio de 6 a 10 hojas.

Una vez teniendo plantas por semilla y por rizoma se llevó a cabo el trasplante (13 de agosto), se seleccionaron plantas con la misma altura y vigor para trabajar con unidades experimentales homogéneas y evitar sesgos en la información.

Al momento del trasplante, las raíces de las plantas obtenidas por semilla y por rizoma se sometieron a remojo en una solución de enraizador Raicin a una proporción de 7 g de producto comercial por litro de agua durante 5 min.

Las plantas fueron trasplantadas en bolsas negras de polietileno de 40×40 cm (15 L de capacidad), esta actividad se realizó por la tarde para evitar deshidratación en las plantas y se aplicó un riego de 1000 mL por bolsa, como sustrato para la siembra en campo se utilizó una mezcla de humus de suelo de monte y suelo arcilloso en una proporción 50:50 V/V, respectivamente, al cual se le realizo un análisis de suelo por el

laboratorio Fertilab, el contenido de nutrientes presentes se encuentra en el (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de la fertilidad del suelo utilizado en el experimento.

Determinación	Contenido	Unidad de medida
pH	6.76	
MO	21.7	%
N-NO ₃	30.7	ppm
P	3.81	ppm
K	110	ppm
Ca	2193	ppm
Mg	323	ppm
Na	<25	ppm
Fe	24.3	ppm
Zn	2.11	ppm
Mn	25.6	ppm
Cu	0.35	ppm
B	0.40	ppm
S	0.10	ppm

6.4.3. Tratamientos y variables

Se trabajó con un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial 2×2×3 correspondiente a 2 ambientes (Iguala y Taxco), 2 formas de reproducción (sexual-semilla botánica y asexual-rizoma) y 3 formas de nutrición (química-solución nutritiva universal de Steiner 1984, orgánica-Hortihumus y testigo-solo se adiciono agua).

Se hizo una combinación de estos factores y se obtuvieron 12 tratamientos con 10 repeticiones, la unidad experimental fue una bolsa de polietileno negra con una planta por bolsa, en total se evaluaron 120 plantas, 60 en el ambiente de Iguala y 60 en el ambiente de Taxco, los tratamientos resultantes se pueden observar en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos resultantes de la combinación de los tres factores evaluados.

N. TRATAMIENTOS	FACTORES
τ_1	I+R+Q
τ_2	I+R+O
τ_3	I+S+Q
τ_4	I+S+O
τ_5	I+R+T
τ_6	I+S+T
τ_7	T+R+Q
τ_8	T+R+O
τ_9	T+S+Q
τ_{10}	T+S+O
τ_{11}	T+R+T
τ_{12}	T+S+T

I= Ambiente (Iguala); T= Ambiente (Taxco); R= Propagación asexual (Rizoma); S= Propagación sexual (Semilla); Q= Nutrición (Química); O= Nutrición (Orgánica); T= Testigo (Agua).

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- ❖ Altura de planta (ADP), tomada desde la superficie del sustrato hasta el meristemo apical del tallo principal con un flexómetro (cm).
- ❖ Número de hojas (NDH), se contó el número de hojas del tallo principal (n).
- ❖ Número de entrenudos (NDE), se contó el número de entrenudos del tallo principal (n).
- ❖ Número de ramas (NDR), se contó el número de ramas del tallo principal (n).
- ❖ Diámetro de tallo (DDT), fue medido con un vernier digital SURTEK a cada 10 cm de longitud hasta llegar a los 100 cm, tomando como base la superficie del sustrato (mm).

- ❖ Número de rizomas (NDR), se realizó el conteo de los rizomas emergidos en cada maceta (n).
- ❖ Longitud de Inflorescencia (LDI), fue medida con un flexómetro a partir del primer verticilo de la inflorescencia hasta el último verticilo (cm).
- ❖ Número de verticilos de la Inflorescencia (NDVI), se realizó el conteo de los verticilos de la inflorescencia del tallo principal (n).
- ❖ Contenido relativo de clorofila (CRC), la lectura fue tomada con el medidor de clorofila SPAD-502 (Konica Minolta), el cual evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de la hoja (650 a 940 nm) siempre a la 01:00 PM, obteniendo medidas en tres estratos de la planta, estrato bajo, medio y alto, en etapa vegetativa y reproductiva de la planta.
- ❖ Índice de área foliar (IAF), calculada mediante el software ImageJ® (cm²).
- ❖ Peso húmedo (PH), el material vegetal (tallo y hojas) fueron pesados en una balanza granataria (g).
- ❖ Peso seco (PS), el material vegetal deshidratado se pesó en una balanza granataria (g), el cual fue secado a temperatura ambiente durante 7 días dentro de un laboratorio, durante el proceso de secado se registró una temperatura máxima de 35.8 °C y mínima de 30.1 °C, la humedad relativa máxima fue de 37.3 % y mínima de 30.8 %.

6.4.4. Nutrición al cultivo

Como nutrición química se aplicó la solución nutritiva de Steiner 1984, los fertilizantes que se utilizaron para preparar esta solución fueron nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, nitrato de potasio KNO_3 , sulfato de magnesio MgSO_4 , sulfato de potasio K_2SO_4 y fosfato de potasio monobásico KH_2PO_4 .

Cuadro 3. Composición química de la solución nutritiva de Steiner.

Concentración de la solución nutritiva %	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}
	mEq·L ⁻¹					
100	12.00	1.00	7.00	7.00	9.00	4.00

Los microelementos se aplicaron mediante la mezcla comercial Bayfolan®, en dosis de 5 g · L⁻¹ agua como se indica en la etiqueta del producto.

Como nutrición orgánica se aplicó el producto comercial Hortihumus®, el cual está elaborado a base de ácidos húmicos y fúlvicos, se agregaron 2 mL · L⁻¹ agua.

Cuadro 4. Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en el producto comercial Hortihumus® de 5 L de capacidad.

Análisis		% P/V
Ácidos Húmicos		12.00
Ácidos Fúlvicos		12.00
Extractos	Húmicos	24.00
Totales		

Cuadro 5. Nutrientes presentes en los ácidos húmicos y fúlvicos.

Determinación	Unidad de medida	Contenido
pH		11.7
Cond. Eléctrica	dS/m	68.9
Macronutrientes		
Nitrógeno (N)	%	0.29
Fosforo (P)	%	0.0030
Potasio (K)	%	2.51
Calcio (Ca)	%	0.05
Magnesio (Mg)	%	0.06
Azufre (S)	%	1.02
Sodio (Na)	%	1.29
Micronutrientes		
Hierro (Fe)	ppm	390
Manganeso (Mn)	ppm	29
Zinc (Zn)	ppm	3

Cobre (Cu)	ppm	1
Boro (B)	ppm	17

Por último, al testigo absoluto se le adiciono únicamente agua. Con respecto a la nutrición se estuvo aplicando 1 L de nutrición a cada maceta una vez por semana.

6.4.5. Riegos

Los riegos fueron de forma manual, para el caso del Romerito los riegos se realizaron semanalmente, la cantidad de agua se fue incrementando a medida que transcurrió el tiempo y aumento la temperatura, por lo que las plantas requerían de más agua. Del mes de agosto hasta diciembre se aplicó 1 L de agua a cada maceta, a partir de enero hasta febrero se aplicaron 2 L por maceta y a partir de marzo hasta abril se aplicaron 2.5 L de agua.

Para el caso de Iguala del mes de agosto a septiembre se aplicaron 2 L de agua semanalmente, esto porque había lluvias y permitía que los riegos fueran espaciados, a partir del mes de octubre a diciembre se aplicaron tres riegos por semana aplicándose 1.5 L por maceta y para el mes de enero hasta el mes de abril se aplicaron de igual forma tres riegos por semana, pero ahora se aplicaron 2 L de agua a cada maceta.

6.4.6. Análisis estadístico

Se realizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial $2 \times 2 \times 3$ con diez repeticiones. Los datos obtenidos se organizaron en una hoja de cálculo del programa Excel®, las variables registradas se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con el software estadístico SAS (*Statistical Analysis System*) versión 9.0, finalmente para el trazado de las curvas de crecimiento de las variables que fueron tomadas cada 15 días se utilizó el programa OriginPro versión 8.6.

6.5. Resultados y discusión

6.5.1. Temperatura y humedad relativa registrada durante el experimento

En el ambiente de Iguala durante el periodo del experimento (13 de agosto del 2022 al 14 de abril del 2023) se registró una temperatura media de 30.2 °C, máxima de 37.8 °C y mínima de 21.9 °C, humedad relativa media de 49.9 %, máxima de 71.2 % y mínima de 31.5 %. En el ambiente de Taxco se registró una temperatura media de 13.2 °C, máxima de 32.9 °C y mínima de 1.8 °C, humedad relativa media de 58.4 %, máxima de 100 % y mínima de 1.7 %. Estos datos se muestran en las Figuras 1, 2, 3 y 4.

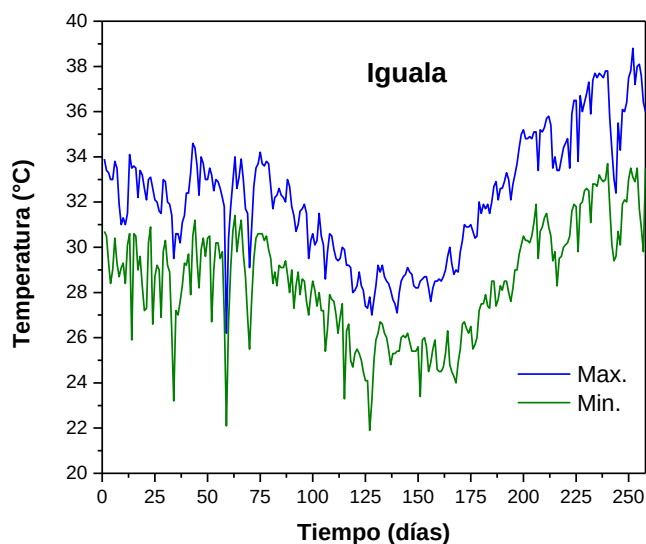


Figura 1. Temperatura (°C) registrada durante el periodo del experimento en el ambiente de Iguala.

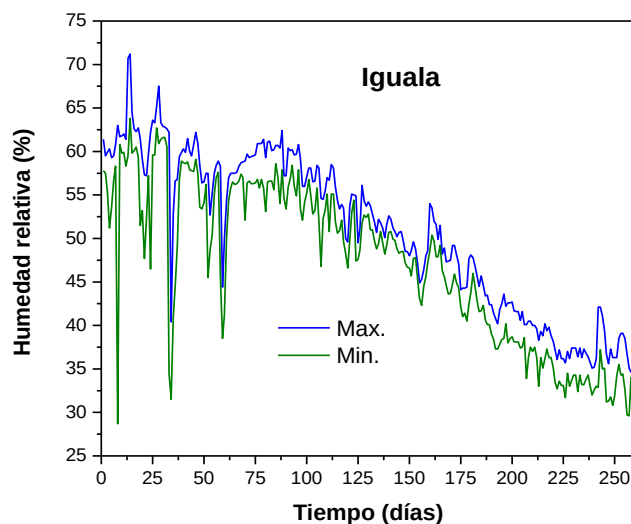


Figura 2. Humedad relativa (%) registrada durante el periodo del experimento en el ambiente de Iguala.

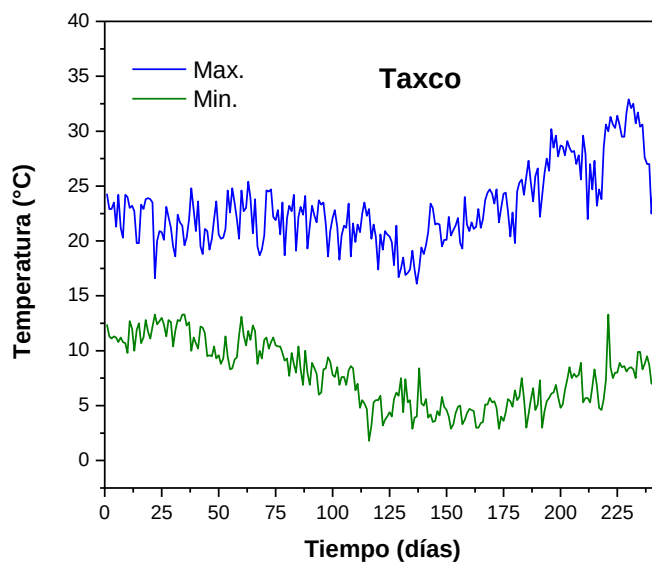


Figura 3. Temperatura (°C) registrada durante el periodo del experimento en el ambiente de Taxco.

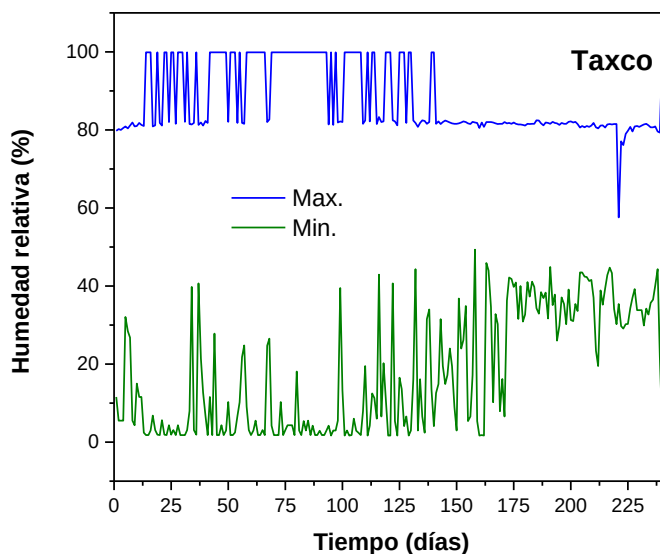


Figura 4. Humedad relativa (%) registrada durante el periodo del experimento en el ambiente de Taxco.

6.5.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables evaluadas.

En el Cuadro (6) se reportan los cuadrados medios con su significancia estadística, así mismo los coeficientes de variación y porcentajes de determinación (R^2) del análisis de varianza para las variables altura de planta (ADP), número de hojas (NDH), número de entrenudos (NDE) y número de ramas (NDR). Se registro diferencia altamente significativa por ambiente, reproducción y nutrición para estas cuatro variables. En la combinación de dos factores ambiente*nutrición, ambiente*reproducción y reproducción*nutrición se presentó diferencias altamente significativas para estas variables, a excepción de la variable número de ramas no hubo diferencias significativas en la combinación reproducción*nutrición. En la combinación de tres factores ambiente*reproducción*nutrición se presentó diferencia altamente significativa para las cuatro variables. En cuanto a los resultados obtenidos de estas variables los coeficientes de variación muestran que son confiables al presentar valores por debajo del 30 %.

Cuadro 6. Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza para cuatro variables evaluadas.

F. V.	GL	ADP	NDH	NDE	NDR
Ambiente	1	806205.56 **	32288.94 **	8044.41 **	2159.70 **
Reproducción	1	263233.92 **	17471.02 **	4367.75 **	36975.11 **
Nutrición	2	60205.65 **	638.03 **	159.71 **	2432.42 **
Ambiente*Nutri	2	10739.86 **	406.74 **	104.08 **	970.51 **
Ambiente*Repro	1	8692.41 **	315.29 **	78.82 **	473.67 **
Repro*Nutri	2	2267.19 **	271.92 **	67.98 **	53.30 NS
Ambiente*Repro*Nutri	2	614.20 **	78.73 **	19.98 **	588.37 **
R^2		1.0	0.96	0.96	0.93
C. V. (%)		0	7.59	7.62	23.33

F.V.= Factor de variación; GL= Grados de libertad; C.V. %= Coeficiente de variación; R^2 = Porcentaje de determinación; DDP= Altura de planta; NDH= Número de hojas; NDE= Numero de entrenudos; NDR= Número de ramas.

* = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$

En el Cuadro (7) se presentan los cuadrados medios y la significancia estadística para las variables diámetro de tallo (DDT), número de rizomas emergidos (NDRE), longitud de inflorescencia (LDI) y número de verticilos de la inflorescencia (NDVI). Se encontró diferencias altamente significativas por ambiente, reproducción y nutrición para estas

variables excepto en el número de rizomas emergidos no hubo diferencias en la forma de reproducción. En la combinación del ambiente*nutrición solo se presentó diferencias altamente significativas para la variable diámetro de tallo y número de rizomas emergidos. En la combinación ambiente*reproducción hubo diferencia significativa para la variable diámetro de tallo y número de verticilos de la inflorescencia, en la combinación reproducción*nutrición solo hubo diferencias altamente significativas en el diámetro de tallo. Por último, en la combinación ambiente*reproducción*nutrición hubo diferencia altamente significativa para la variable diámetro de tallo y número de rizomas emergidos, y significativa para la longitud de inflorescencia y numero de verticilos. En los coeficientes de variación solo para la variable diámetro de tallo el valor es menor del 30 %.

Cuadro 7. Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza para cuatro variables evaluadas.

F. V.	GL	DDT	NDRE	LDI	NDVI
Ambiente	1	45.00 **	11097.33 **	7042.60 **	1159.40 **
Reproducción	1	221.36 **	18.44 NS	452.02 **	130.20 **
Nutrición	2	41.03 **	897.95 **	561.02 **	92.15 **
Ambiente*Nutri	2	3.52 **	742.68 **	65.10 NS	7.75 NS
Ambiente*Repro	1	1.59 *	2.98 NS	42.84 NS	33.07 *
Repro*Nutri	2	1.05 **	16.38 NS	83.95 NS	7.40 NS
Ambiente*Repro*Nutri	2	1.03 **	48.40 **	137.5 *	19.37 *
R ²		0.88	0.80	0.81	0.88
C. V. (%)		15.58	82.29	47.72	36.96

F.V.= Factor de variación; GL= Grados de libertad; C.V. %= Coeficiente de variación; R²= Porcentaje de determinación; DDT= Diámetro de tallo; NDRE= Número de rizomas emergidos; LDI= Longitud de inflorescencia y NDVI= Número de verticilos de la inflorescencia.

* = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$

En el Cuadro (8) se presentan los cuadrados medios y la significancia estadística para las variables índice de área foliar (IAF), peso húmedo (PH) y peso seco (PS). Se encontró que el efecto de todas las fuentes de variación ambiente, reproducción,

nutrición, ambiente*nutrición, ambiente*reproducción, reproducción*nutrición y ambiente*reproducción*nutrición presentaron diferencias altamente significativas para estas variables evaluadas a excepción de la reproducción*nutrición no presento diferencias en el peso húmedo. En cuanto a estos resultados obtenidos los coeficientes de variación muestran que son confiables al presentar valores por debajo del 30 %.

Cuadro 8. Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza para tres variables evaluadas.

F. V.	GL	IAF	PH	PS
Ambiente	1	943.93 **	25901.40 **	6264.07 **
Reproducción	1	266.71 **	9170.00 **	1366.87 **
Nutrición	2	74.09 **	6140.32 **	543.10 **
Ambiente*Nutri	2	12.26 **	816.60 **	52.30 **
Ambiente*Repro	1	1.42 **	4775.40 **	725.20 **
Repro*Nutri	2	0.47 **	53.60 NS	2.80 **
Ambiente*Repro*Nutri	2	121.13 **	740.85 **	68.03 **
R ²		1.00	0.97	1.00
C. V. (%)		7.06	8.95	1.0

F.V.= Factor de variación; GL= Grados de libertad; C.V. %= Coeficiente de variación; R²= Porcentaje de determinación; IAF= índice de área foliar; PH= Peso húmedo; PS= Peso seco

* = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$

Para la variable contenido relativo de clorofila (CRC) en tres estratos de la planta Cuadro (9) se presentan los cuadrados medios y la significancia estadística. Se encontró diferencias altamente significativas por ambiente en los tres estratos de la planta. No hubo diferencias en la forma de reproducción para los mismos. Con respecto a la nutrición solo se encontró diferencias significativas para el estrato bajo y superior. En la combinación ambiente*nutrición solo se encontró diferencias significativas para el estrato superior. En la combinación ambiente*reproducción solo se presentó diferencias para el estrato bajo, pero no para el resto. En la combinación reproducción*nutrición y ambiente*reproducción*nutrición no hubo diferencias

significativas en los estratos. En cuanto a los resultados obtenidos los coeficientes de variación muestran que son confiables al presentar valores por debajo del 30 %.

Cuadro 9. Cuadrados medios y su significancia estadística del análisis de varianza para la variable contenido relativo de clorofila en tres estratos de la planta.

F. V.	GL	CRCEB	CRCEM	CRCES
Ambiente	1	2059.79 **	1896.75 **	2771.00 **
Reproducción	1	0.093 NS	11.57 NS	15.15 NS
Nutrición	2	38.41 *	42.52 NS	129.96 *
Ambiente*Nutri	2	8.54 NS	21.83 NS	81.73 *
Ambiente*Repro	1	40.09 *	23.62 NS	3.01 NS
Repro*Nutri	2	9.79 NS	26.68 NS	3.06 NS
Ambiente*Repro*Nutri	2	1.10 NS	43.09 NS	38.63 NS
R ²		0.70	0.61	0.66
C. V. (%)		9.80	8.91	11.91

F.V.= Factor de variación; GL= Grados de libertad; C.V. %= Coeficiente de variación; R²= Porcentaje de determinación; CRCEB= Contenido relativo de clorofila estrato bajo; CRCEM= Contenido relativo de clorofila estrato medio; CRCES= Contenido relativo de clorofila estrato superior.

* = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$

6.5.3. Comparación de medias y curvas de crecimiento de variables evaluadas en el toronjil.

En el Cuadro 10 se presenta la comparación de medias de los doce tratamientos evaluados y su efecto en seis variables de crecimiento en la planta de toronjil, de acuerdo con la prueba de Tukey $\alpha = 0.05$.

Cuadro 10. Comparación de medias de 12 tratamientos evaluados y su efecto en seis variables estudiadas en la planta de toronjil.

Tratamientos	ADP (cm)	NDH (n)	NDE (n)	NDR (n)	DDT (mm)	NDRE (n)
T1: I+R+Q	74.7 e	31.2 d	15.6 d	6.7 e	1.8 f	0.1 d
T2: I+R+O	86.2 d	33.8 b	16.9 b	9.2 d	2.2 de	0.5 d

τ3: I+S+Q	96.2 b	39.1 a	19.5 a	15.6 b	2.8 b	0.4 d
τ4: I+S+O	112.8 ^a	39.3 a	19.6 a	20.3 a	3.2 a	1.0 d
τ5: I+R+T	65.1 f	32.4 c	16.2 c	7.6 e	1.5 g	0.3 d
τ6: I+S+T	97.6 b	38.8 a	19.4 a	16.0 b	2.4 c	0.3 d
τ7: T+R+Q	46.6 h	25.2 g	12.6 g	7.9 e	1.8 f	6.6 a
τ8: T+R+O	46.0 h	26.4 f	13.2 f	9.6 d	1.7 fg	6.5 a
τ9: T+S+Q	63.1 g	31.9 cd	15.9 cd	15.5 b	2.4 cd	6.3 a
τ10: T+S+O	65.4 f	31.4 cd	15.7 cd	14.8 b	2.6 c	6.0 a
τ11: T+R+T	26.5 i	24.2 g	12.1 g	2.7 f	1.1 h	2.1 c
τ12: T+S+T	46.5 h	27.7 e	13.8 e	12.5 c	2.1 e	3.1 b
DSM	0.91	1.0	0.5	1.2	0.1	1.0

Medias con la misma letra en la misma columna para cada variable son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DSM= Diferencia significativa mínima; ADP= Altura de planta; NDH= Número de hojas; NDE= Número de entrenudos; NDR= Número de ramas; DDT= Diámetro de tallo; NDRE= Número de rizomas emergidos.

A continuación, en la Figura 5 se presentan las curvas de crecimiento correspondientes a la altura de la planta. Dichas curvas muestran el comportamiento del cultivo de toronjil con respecto al tiempo, se puede observar que todos los tratamientos crecieron de forma progresiva durante el lapso del experimento, aunque las tendencias en el incremento de la altura fueron distintas en cada ambiente. Se observó que en el ambiente de Iguala a partir de los 168 días después del trasplante las plantas alcanzaron su máxima altura, mientras que en el ambiente de Taxco la máxima altura fue alcanzada en menor tiempo ya que fue a los 140 días después del trasplante.

En la comparación de medias de los tratamientos evaluados para la variable altura de planta, se encontró que el mejor tratamiento fue el tratamiento τ3: ISO obteniendo un valor de (112.8 cm) superando estadísticamente al resto de los tratamientos. En el análisis de varianza para la variable altura de planta se encontró que en la combinación

de los tres factores estudiados ambiente*reproducción*nutrición se obtuvieron diferencias altamente significativas con ($p \leq 0.01$), por lo que hay un indicativo de que si hubo un efecto positivo al combinar estos tres factores.

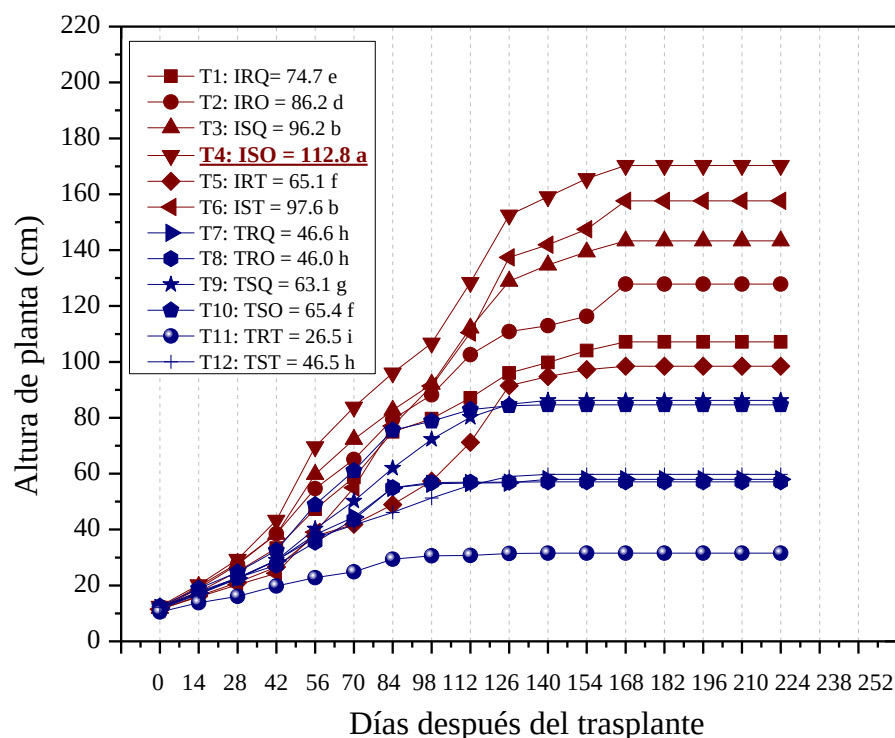


Figura 5. Curvas de crecimiento obtenidas de la altura de la planta de doce tratamientos evaluados. T = Tratamiento; T1: IRQ= Iguala-rizoma-química; T2: IRO= Iguala-rizoma-orgánica; T3: ISQ= Iguala-semilla-química; T4: ISO= Iguala-semilla-orgánica; T5: IRT= Iguala-rizoma-testigo; T6: IST= Iguala-semilla-testigo; T7: TRQ= Taxco-rizoma-química; T8: TRO= Taxco-rizoma-orgánica; T9: TSQ= Taxco-semilla-química; T10: TSO= Taxco-semilla-orgánica; T11: TRT= Taxco-rizoma-testigo; T12: TST= Taxco-semilla-testigo.

Los bioestimulantes (ácidos húmicos y fúlvicos) ya han sido estudiados anteriormente en otros cultivos y han generado buenos resultados, por lo que se considera que estos mismos ayudaron en el crecimiento del toronjil, en estudios llevados a cabo por Husein *et al.* (2015) en la aplicación de ácidos húmicos más fúlvicos en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) donde las plantas alcanzaron alturas de (93.53 cm) en comparación con el tratamiento control (55.16 cm). En otro estudio realizado por Esringü *et al.* (2015), al comparar el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos por separado en plantas de alegría de la casa

(*Impatiens walleriana* L.) obtuvieron alturas de (9.2 cm) con la aplicación de ácidos húmicos y (11.3 cm) con la aplicación de ácidos fúlvicos superando al testigo con (7.8 cm). Suman *et al.* (2016), también evaluaron el efecto de los ácidos húmicos en el cultivo de pimiento (*Capsicum* L.), al combinar el fertirriego por goteo más ácidos húmicos obtuvieron plantas con alturas de (75.8 cm), mientras que a los tratamientos a los cuales solo se les aplicó fertirriego el promedio de la altura de las plantas fue de (69.7 cm), con estos resultados se mostró que la fertirrigación combinada con ácidos húmicos influyó significativamente en esta variable evaluada. De igual manera la forma de obtención de las plantas también influyó en su comportamiento, ya que el hecho de producir plantas por semilla en los almácigos genera que desde el inicio las plántulas desarrollen buena raíz, por ejemplo, en el cepellón de las plántulas de toronjil se observó la presencia de buena cantidad de raíces desarrolladas y una vez que fueron trasplantadas a otro lugar donde hay más espacio, más los nutrientes que se aplicaron, el tipo de sustrato donde se sembraron provocaron que se desarrollaran mejor debido a que a través de las raíces es por donde se absorben mayormente los nutrientes, a diferencia de las plantas por rizoma, su comportamiento fue distinto porque cuando se sacaron del suelo y se hizo la separación de los rizomas para el trasplante presentaban muy pocas raíces, además después del trasplante tuvieron que adaptarse nuevamente a otro espacio, lo que hizo que el crecimiento fuera más lento.

Por otra parte, el factor ambiental fue el que principalmente intervino en el comportamiento de las plantas tanto del ambiente de Iguala como de Taxco. En la gráfica de la altura de las plantas, todos los tratamientos que fueron establecidos en Iguala (representados con color rojo) presentaron valores superiores a los que se obtuvieron con plantas que fueron sembradas en el ambiente de Taxco (representados con color azul).

Respecto a la variable número de hojas, en la Figura 6 se presentan las curvas de crecimiento, se muestra que al inicio conforme va creciendo la planta en altura, también va desarrollando hojas laterales, en el caso de Iguala a partir de los 168 días después del trasplante se alcanzó el número máximo de hojas, mientras que para el

ambiente de Taxco ocurrió a los 140 días, misma situación que ocurrió con la altura de la planta.

En la comparación de medias se encontró que los tratamientos que produjeron mayor cantidad de hojas fueron los tratamientos τ_3 : ISQ, τ_4 : ISO y τ_6 : IST y fueron estadísticamente iguales, los valores obtenidos son (39.1), (39.3) y (38.8) respectivamente, superando al resto de los tratamientos. En el análisis de varianza para la variable número de hojas se encontró que en la combinación de los tres factores estudiados ambiente*reproducción*nutrición se obtuvieron diferencias altamente significativas con ($p \leq 0.01$), los tres factores generaron efectos positivos para esta variable.

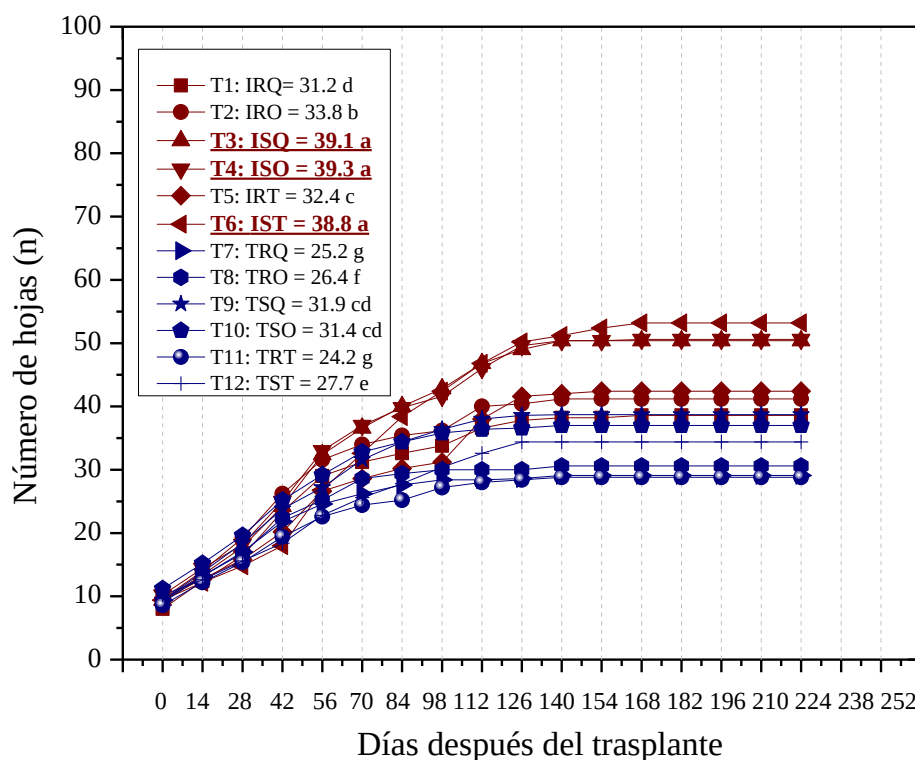


Figura 6. Curvas de crecimiento obtenidas del número de hojas de doce tratamientos evaluados. T = Tratamiento; T1: IRQ= Iguala-rizoma-química; T2: IRO= Iguala-rizoma-orgánica; T3: ISQ= Iguala-semilla-química; T4: ISO= Iguala-semilla-orgánica; T5: IRT= Iguala-rizoma-testigo; T6: IST= Iguala-semilla-testigo; T7: TRQ= Taxco-rizoma-química; T8: TRO= Taxco-rizoma-orgánica; T9: TSQ= Taxco-semilla-química; T10: TSO= Taxco-semilla-orgánica; T11: TRT= Taxco-rizoma-testigo; T12: TST= Taxco-semilla-testigo.

En la Figura 7 se presentan las curvas de crecimiento correspondientes al número de entrenudos, el número de entrenudos tiene una correlación muy fuerte con el número de hojas, debido a que en cada entrenudo se desarrollan las hojas laterales, por lo tanto, si hay más hojas y también hay más entrenudos, pero cuando ya no aumentan las hojas pasa lo mismo con los entrenudos.

En la comparación de medias de los tratamientos evaluados para la variable número de entrenudos, se encontró que los mejores tratamientos y siendo estadísticamente iguales fueron los tratamientos τ_3 : ISQ, τ_4 : ISO y τ_6 : IST obteniendo un valor de (19.5), (19.6) y (19.4) superando al resto de los tratamientos. En el análisis de varianza para la variable número de entrenudos se encontró que en la combinación de los tres factores estudiados ambiente*reproducción*nutrición se obtuvieron diferencias altamente significativas con ($p \leq 0.01$).

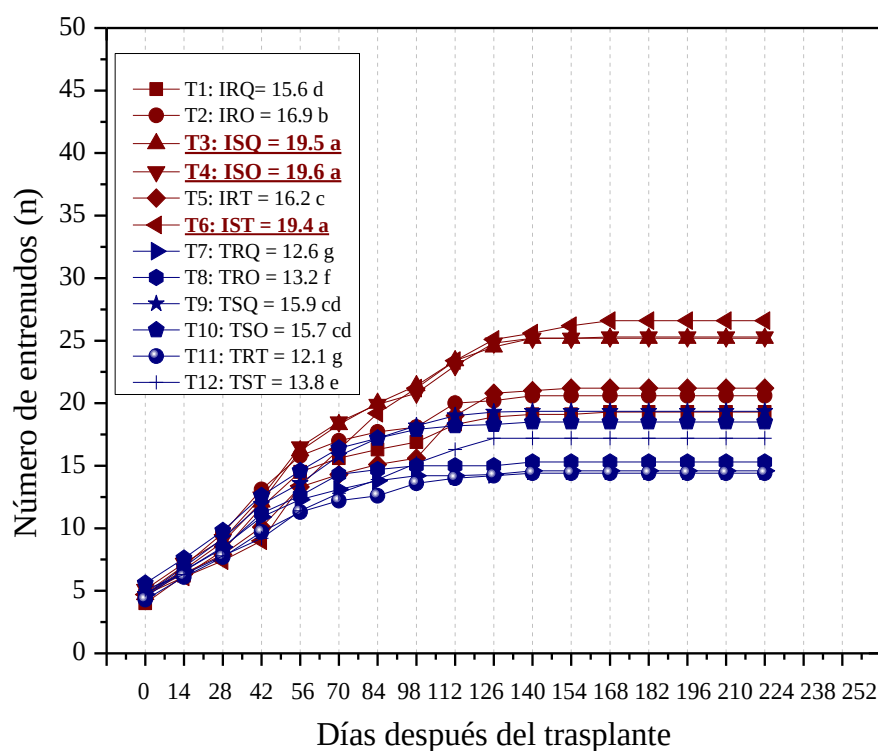


Figura 7. Curvas de crecimiento obtenidas del número de entrenudos de doce tratamientos evaluados. T = Tratamiento; T1: IRQ= Iguala-rizoma-química; T2: IRO= Iguala-rizoma-orgánica; T3: ISQ= Iguala-semilla-química; T4: ISO= Iguala-semilla-orgánica; T5: IRT= Iguala-rizoma-testigo; T6: IST= Iguala-semilla-testigo; T7: TRQ= Taxco-rizoma-química; T8: TRO= Taxco-rizoma-orgánica; T9: TSQ= Taxco-semilla-química; T10: TSO= Taxco-semilla-orgánica; T11: TRT= Taxco-rizoma-testigo; T12: TST= Taxco-semilla-testigo.

Los resultados que se muestran en las gráficas 6 y 7 se puede observar que los mejores resultados se obtuvieron de los tratamientos donde se utilizó plantas por semilla y en el ambiente de Iguala, claro la nutrición también tuvo que ver en el desarrollo de estas variables de crecimiento, sin embargo, el tratamiento control (sin nutrición) también presento buenos resultados, por lo tanto, no precisamente fue la nutrición lo que influyo sino más bien el factor ambiental y la forma de reproducción de las plantas.

En las gráficas presentadas se observa que en Iguala se obtuvieron mejores resultados que en Taxco, se esperaba que fuera todo lo contrario, ya que la planta responde favorablemente en climas templados a diferencia de los climas cálidos. Sin embargo, este hecho ocurrió debido a varias razones, el experimento fue establecido en campo en el mes de agosto cuando se encontraba el temporal de lluvias, en el ambiente de Taxco las lluvias son muy frecuentes en comparación con Iguala, entonces demasiadas lluvias provocaron un exceso de humedad en el suelo y una alta humedad relativa del ambiente llegando al 100 % de humedad de saturación, así mismo por la frecuencia de las lluvias se presentaron más días nublados por lo que las plantas recibieron menos radiación solar, al mismo tiempo la temperatura fue más baja de lo que normalmente suele ser. Es bien sabido que las plantas pueden estar sometidas a diferentes tipos de estrés entre ellos al estrés hídrico, por temperatura, por luz, por nutrientes por citar algunos ejemplos y este estrés puede ser por exceso o bien por la falta de estos factores.

En el caso del experimento de Taxco ese comportamiento de las plantas en menor altura, menos hojas, menos entrenudos resultado del efecto del del estrés por exceso de agua en el suelo, alta humedad relativa del ambiente y la poca radiación solar que recibieron las plantas. Estos resultados coinciden con lo señalado por algunos autores como Jackson *et al.* (2009); Puebla (2016) al describir que el estancamiento del agua en el perfil del suelo pone en riesgo la supervivencia de las especies vegetales ya que el exceso de agua priva a las raíces del oxígeno necesario para la respiración, de igual manera propicia condiciones para la reducción de los nitratos en el suelo y afectan otras condiciones metabólicas, provocando una reducción en su capacidad

fotosintética y a su vez en el rendimiento. El encharcamiento, anegación o la inmersión del suelo desencadenan hipoxia en las plantas (estrés por falta de oxígeno), esto provoca que se reduzca o inhiba el intercambio de gases entre la planta y el suelo, por lo tanto, afecta negativamente su desarrollo. Ferrante y Mariani (2018) mencionan que la humedad relativa también juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas al regular la transpiración y el equilibrio hídrico de los cultivos. Cuando hay niveles altos de humedad relativa las plantas detienen la transpiración y consigo la absorción de nutrientes, esto provoca un crecimiento más lento, también con la alta humedad relativa se puede generar una pudrición gradual de las raíces en casos de saturación de humedad a largo plazo (Avotins *et al.*, 2018; Han *et al.*, 2019). A opinión de Roriz (2014), la humedad relativa (HR) tiene un papel importante en el estado nutricional de las plantas, ya que las que están expuestas a una HR alta muestran dos efectos contrastantes sobre el crecimiento. Por una parte, las plantas podrían presentar mayor crecimiento debido a una mayor apertura de los estomas, lo que implica mayor absorción de CO₂. Por otro lado, podría haber un crecimiento reducido debido a un volumen de transpiración reducido que conduce a una menor translocación de nutrientes. Debido a esto el mantenimiento de la humedad relativa óptima es fundamental para un mejor crecimiento. A diferencia de Taxco en el ambiente de Iguala no hubo estrés por exceso de agua y humedad relativa, por lo tanto, las plantas crecieron más en altura, en número de hojas y entrenudos. En Taxco las lluvias provocaron exceso de humedad, en Iguala las lluvias promovieron que las temperaturas no fueran tan elevadas durante el periodo que correspondió con el crecimiento de las plantas y por eso se vieron favorecidas en este ambiente por lo menos durante el periodo de lluvias, porque a partir de enero la temperatura empezó a aumentar y al mismo tiempo la humedad relativa disminuyó, así que las plantas se empezaron a estresar y debido a esto se tuvo que aumentar la cantidad del riego.

En la comparación de medias de los tratamientos evaluados para la variable número de ramas, se encontró que el tratamiento T4: ISO siguió la tendencia en el mejor tratamiento obteniendo un valor de (20.3 ramas) superando estadísticamente al resto de los tratamientos. En el análisis de varianza para la variable número de ramas se encontró que en la combinación de los tres factores estudiados ambiente*reproducción*nutrición se obtuvieron diferencias altamente significativas con ($p \leq 0.01$). Con respecto al efecto de la nutrición nuestros resultados obtenidos concuerdan con Abdel-Baky *et al.* (2019) al evaluar el efecto de los ácidos fúlvicos en cultivares de haba (*Vicia faba* L.) donde obtuvieron en promedio (5.61 ramas) en plantas que fueron tratadas con los bioestimulantes superando al testigo plantas no tratadas con (3.64 ramas). De igual manera Jan *et al.* (2020) en la aplicación de ácidos húmicos en variedades de chile (*Capsicum annum* L.) obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) donde las plantas tratadas en promedio generaron (5.50 número de ramas) superando al tratamiento control con (3.0 número de ramas). Por otro lado, la reproducción por semillas siguió la tendencia del mejor desarrollo, pero ahora en el número de ramas, es importante señalar que las plantas por semilla no solamente incrementaron la producción de ramas en el tratamiento cuatro, pues en la Figura 8 se puede observar que tanto en el ambiente de Iguala como de Taxco los tratamientos donde se trabajó con plantas por semillas están por encima de los tratamientos donde se trabajó con rizomas.

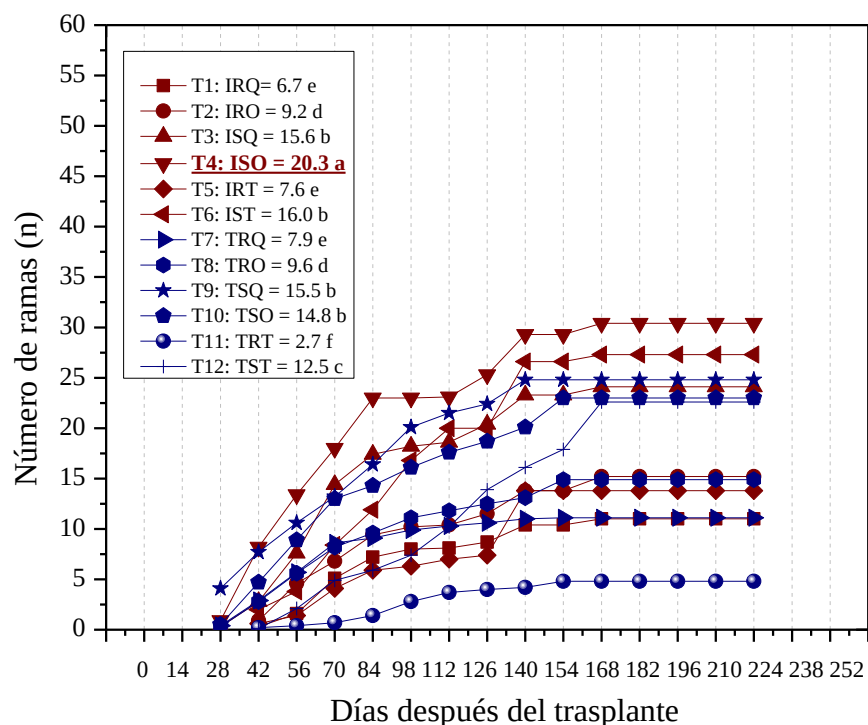


Figura 8. Curvas de crecimiento obtenidas del número de ramas de doce tratamientos evaluados. T = Tratamiento; T1: IRQ= Iguala-rizoma-química; T2: IRO= Iguala-rizoma-orgánica; T3: ISQ= Iguala-semilla-química; T4: ISO= Iguala-semilla-orgánica; T5: IRT= Iguala-rizoma-testigo; T6: IST= Iguala-semilla-testigo; T7: TRQ= Taxco-rizoma-química; T8: TRO= Taxco-rizoma-orgánica; T9: TSQ= Taxco-semilla-química; T10: TSO= Taxco-semilla-orgánica; T11: TRT= Taxco-rizoma-testigo; T12: TST= Taxco-semilla-testigo.

En la comparación de medias de los tratamientos evaluados para la variable diámetro de tallo, se encontró que el tratamiento T4: ISO siguió la tendencia en el mejor tratamiento obteniendo un valor de (3.2 mm) superando estadísticamente al resto de los tratamientos. En el análisis de varianza para la variable número de ramas se encontró que en la combinación de los tres factores estudiados ambiente*reproducción*nutrición se obtuvieron diferencias altamente significativas con ($p \leq 0.01$).

En la figura se puede observar que conforme va creciendo la planta va engrosando el diámetro de tallo y que el máximo grosor en la mayoría de las plantas se obtuvo cuando las plantas median entre 40 a 70 cm, posteriormente como la planta sigue creciendo

el tallo se empieza hacer delgado, por lo tanto, disminuye el diámetro de tallo en la mayoría de los casos.

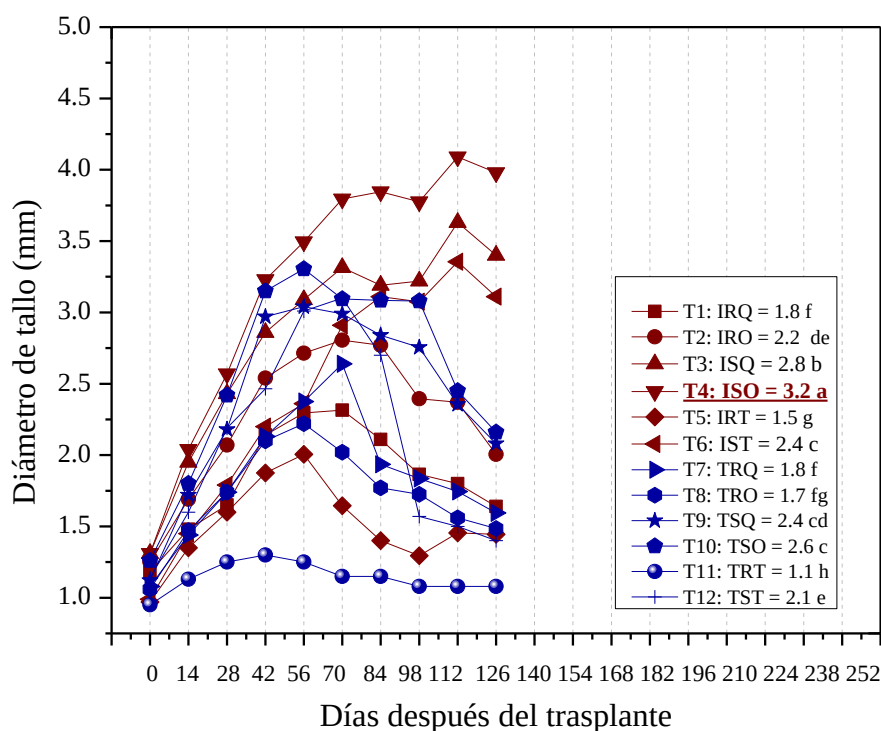


Figura 9. Curvas de crecimiento obtenidas del diámetro de tallo de doce tratamientos evaluados. T = Tratamiento; T1: IRQ= Iguala-rizoma-química; T2: IRO= Iguala-rizoma-orgánica; T3: ISQ= Iguala-semilla-química; T4: ISO= Iguala-semilla-orgánica; T5: IRT= Iguala-rizoma-testigo; T6: IST= Iguala-semilla-testigo; T7: TRQ= Taxco-rizoma-química; T8: TRO= Taxco-rizoma-orgánica; T9: TSQ= Taxco-semilla-química; T10: TSO= Taxco-semilla-orgánica; T11: TRT= Taxco-rizoma-testigo; T12: TST= Taxco-semilla-testigo.

En la Figura 10 se presentan las curvas de crecimiento correspondientes a los rizomas emergidos de los doce tratamientos evaluados. En la comparación de medias de los tratamientos evaluados para la variable número de rizomas con base a la prueba de Tukey $\alpha = 0.05$, se encontró que los mejores tratamientos y siendo estadísticamente iguales fueron los tratamientos τ_7 : TRQ, τ_8 : TRO, τ_9 : TSQ y τ_{10} : TSO obteniendo un valor de (6.6), (6.5), (6.3) y (6.0) superando al resto de los tratamientos. En el análisis de varianza para la variable número de rizomas emergidos se encontró que en la combinación de los tres factores estudiados ambiente*reproducción*nutrición si hubo diferencias altamente significativas, con un ($p \leq 0.01$).

Se puede observar que en Iguala los rizomas aparecieron a los 112 días después del trasplante, mientras que en Taxco a los 84 días. En Iguala durante las lluvias ciertas variables evaluadas como la altura de planta, el número de hojas, los entrenudos y las ramas se vieron favorecidas, ya que las lluvias ayudaron a regular la temperatura, así mismo a disminuir un poco el calor, pero en el mes de Enero empezaron a cambiar las condiciones ambientales, aumento la temperatura, al mismo tiempo disminuyó la humedad relativa, por lo que las plantas se empezaron a estresar por el calor y esto influyo para que la producción de rizomas fuera muy limitada. En este ambiente se observó que conforme transcurrieron los días el incremento en número de rizomas fue muy lento y llego un momento en el que ya no emergieron más rizomas. Mientras que en Taxco fue lo contrario, al no haber lluvias aumento la temperatura y las plantas empezaron a recibir más radiación solar, esto hizo que las plantas dejaran de estar estresadas por exceso de agua, así que a medida que transcurrieron los días y fue aumentando la temperatura también se fue incrementado la emergencia de rizomas. Taxco presenta un clima templado entonces, aunque aumente la temperatura cuando ya no hay lluvias, esta no es tan elevada como en Iguala que se caracteriza por tener un clima cálido.

En investigaciones realizadas en otros cultivos la producción de rizomas se ha visto favorecida a temperaturas similares como las de Taxco, por ejemplo, Retana-Cordero *et al.* (2021) evaluaron el efecto de la temperatura sobre la germinación de los rizomas del jengibre (*Zingiber officinale*) y cúrcuma (*Curcuma longa* L), en esta investigación encontraron que las temperaturas optimas de brotación fueron de 27.5 y 30.1 °C, respectivamente. No se observó brotación a 14 °C, y la temperatura mínima para desarrollar brotes de 5 cm se estimó en ligeramente por encima de 17 °C en ambas especies. Mientras que las temperaturas superiores a 32 °C provocaron daño tisular y pérdida de rizoma, algo similar como lo que paso en Iguala al aumentar la temperatura. Por otra parte, Smit (2011) encontró que la emergencia de los trozos del tallo de la caña de azúcar aumenta linealmente con la temperatura, con una mejor emergencia a 30 °C y ninguna emergencia por debajo de 18 °C.

El toronjil es una planta considerada perenne, cuando termina el ciclo vegetativo de la planta nuevos rizomas emergen de la superficie del suelo lo que permite que haya producción todo el tiempo, para el caso de Taxco una vez que el material vegetal que produjo cada maceta fue cosechado se observó que a los 15 días después de la cosecha nuevos brotes emergían de la superficie del suelo, pero no ocurrió lo mismo en Iguala, ya que después de la cosecha no hubo brotes incluso se secó el tallo junto con la raíz que habían quedado en las macetas, esto nos indica de que si se quiere cultivar la planta en el ambiente de Iguala se tendrían que estar sembrando plantas en cada ciclo.

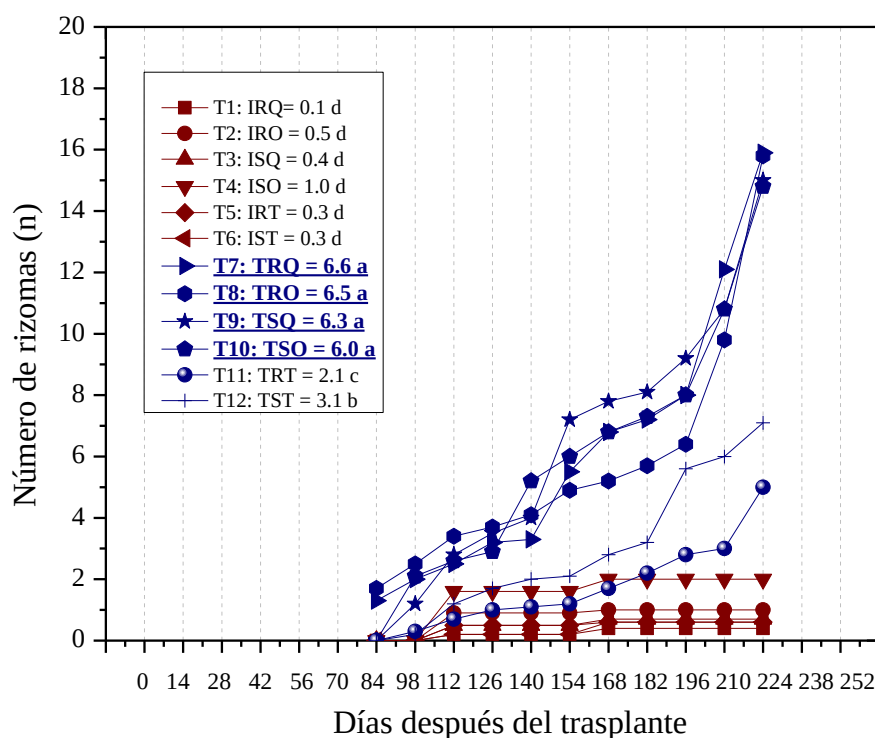


Figura 10. Curvas de crecimiento obtenidas del número rizomas emergidos de doce tratamientos evaluados. T = Tratamiento; T1: IRQ= Iguala-rizoma-química; T2: IRO= Iguala-rizoma-orgánica; T3: ISQ= Iguala-semilla-química; T4: ISO= Iguala-semilla-orgánica; T5: IRT= Iguala-rizoma-testigo; T6: IST= Iguala-semilla-testigo; T7: TRQ= Taxco-rizoma-química; T8: TRO= Taxco-rizoma-orgánica; T9: TSQ= Taxco-semilla-química; T10: TSO= Taxco-semilla-orgánica; T11: TRT= Taxco-rizoma-testigo; T12: TST= Taxco-semilla-testigo.

A continuación, en el Cuadro 11 se presenta la comparación de medias de los doce tratamientos evaluados y su efecto en cinco variables evaluadas en la planta de toronjil, con base a la prueba de Tukey $\alpha = 0.05$.

En los resultados se encontró que el tratamiento T4: ISO que corresponde a Iguala-semilla-orgánica fue quien dio mejores resultados tanto en longitud de inflorescencia (LDI), número de verticilos de la inflorescencia (NDVI), aunque en esta variable se sumaron otros tratamientos que también dieron buenos resultados como el tratamiento 2, 3 y 6 y fueron estadísticamente iguales, de igual manera en la variable índice de área foliar (IAF) sobresalió el tratamiento 4 junto con el tratamiento 3, respecto al peso húmedo (PH) y peso seco (PS) se obtuvieron mejores resultados con el tratamiento 4, lo cual tiene relación con que este mismo tratamiento genero mayor altura de planta, más hojas, ramas y mayor área foliar, por lo tanto el peso húmedo y seco también fue mayor. Debido a la sinergia de los tres factores estudiados fue posible lograr estos resultados favorables.

La luz es un factor ambiental muy importante que influye en el desarrollo y crecimiento de las plantas. Las plantas necesitan luz para realizar la fotosíntesis. En este proceso utilizan la luz para convertir el dióxido de carbono CO₂ y el agua H₂O en carbohidratos (azúcares), así como liberar oxígeno, siendo las hojas las estructuras vegetales donde se realiza este proceso (Franklin, 2009; Driesen *et al.*, 2020). Las plantas de Iguala recibieron mayor radiación solar por lo tanto fue mayor la actividad fotosintética, en consecuencia, hubo un mejor desarrollo en la mayoría de las estructuras vegetales, traducido en un mayor contenido de biomasa en comparación con las plantas de Taxco. Por otra parte, respecto a la nutrición orgánica en otras investigaciones realizadas donde se aplicó ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes cultivos se obtuvieron efectos positivos en las diferentes variables estudiadas, entre ellos se encuentran las investigaciones realizadas por Yildirim (2007) al evaluar el efecto de los ácidos húmicos sobre la productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), de manera general la aplicación de ácidos húmicos (HA) produjeron mayores contenidos de materia seca en hojas y tallos que el control. Tanto los tratamientos con HA foliar como el del suelo afectaron positivamente las características del fruto, incluido el diámetro del fruto, la altura del fruto, el peso medio del fruto y el número de frutos por planta. Nikbakht *et al.* (2008) evaluó el efecto de los ácidos húmicos en gerberas (*Gerbera jamesonii* L.) cv. Malibu, encontró un mejor crecimiento de las raíces e

incremento el número de flores con la aplicación en comparación con el tratamiento control. Otro estudio realizado por Khan *et al.* (2018) en el cultivo de trigo (*Triticum L.*) encontró que con la aplicación de ácidos húmicos hubo un aumento en el peso de las espigas, así como un aumento en el rendimiento del grano. Suh *et al.* (2014) evaluó el efecto de los ácidos fúlvicos sobre el crecimiento de las plantas y la calidad del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*), con la aplicación se produjo un aumento significativo en la altura de la planta, peso fresco y seco, de igual manera el número de frutos y el rendimiento de frutos de tamaño mediano y grande aumentaron. Abdel-Baky *et al.* (2019) al aplicar ácidos fúlvicos en el cultivo de haba (*Vicia faba L.*) observó un aumento en los caracteres vegetativos (es decir, altura de la planta, número de ramas y hojas, peso seco total/planta, índice de área foliar, peso específico de la hoja y tasa de crecimiento del cultivo), así como el rendimiento y sus componentes (es decir, número de vainas/planta, peso de vainas/planta, rendimiento de semillas y paja/planta) de todos los cultivares de haba estudiados, en comparación con los no tratados. Estas investigaciones realizadas demuestran el efecto positivo de los ácidos húmicos y fúlvicos en los distintos cultivos.

Cuadro 11. Comparación de medias de 12 tratamientos evaluados y su efecto en cinco variables estudiadas en la planta de toronjil.

Tratamientos	LDI (cm)	NDVI (n)	IAF (cm ²)	PH (g)	PS (g)
τ1: I+R+Q	22.9 abc	7.8 ab	15.1 b	69.6 cd	21.9 e
τ2: I+R+O	21.3 abcd	8.9 a	14.3 bc	65.9 cde	22.0 d
τ3: I+S+Q	21.8 abcd	10.0 a	19.1 a	88.0 ab	30.0 b
τ4: I+S+O	25.9 a	10.5 a	20.5 a	103.0 a	34.9 a
τ5: I+R+T	12.8 bcde	4.6 bc	14.3 bc	48.3 e	14.5 g
τ6: I+S+T	24.4 ab	10.2 a	13.8 bc	83.1 bc	28.5 c
τ7: T+R+Q	7.9 ef	3.2 cd	9.4 f	53.0 de	12.0 i
τ8: T+R+O	6.7 ef	2.6 cd	11.8 de	50.8 e	11.8 j
τ9: T+S+Q	10.3 def	3.8 bcd	11.8 de	66.0 cde	16.2 f

τ_{10} : T+S+O	11.3 cdef	4.6 bc	11.1 e	53.9 de	12.8 h
τ_{11} : T+R+T	0.5 f	0.4 d	6.4 g	29.7 f	6.0 l
τ_{12} : T+S+T	0.9 ef	0.5 d	12.9 cd	28.2 f	6.3 k
DSM	12.0	4.0	1.6	17.7	0

Medias con la misma letra en la misma columna para cada variable son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DSM= Diferencia significativa mínima; LDI= Longitud de inflorescencia; NDVI= Número de verticilos de la inflorescencia; IAF= índice de área foliar; PH= Peso húmedo; PS= Peso seco.

En el Cuadro 12 se presenta el contenido relativo de clorofila de las hojas, el cual fue obtenido en tres estratos de la planta. En los resultados obtenidos se encontró que los tratamientos establecidos en el ambiente de Taxco τ_7 : TRQ, τ_8 : TRO; τ_9 : TSQ; τ_{10} : TSO, τ_{11} : TRT y τ_{12} : TST, superaron estadísticamente a los tratamientos establecidos en el ambiente de Iguala, pero además se encontró que de los tres estratos donde se determinó la clorofila, el estrato medio es el que presenta mayor contenido relativo de clorofila.

En el análisis de varianza para esta variable evaluada se encontró que en la combinación de los tres factores estudiados ambiente*reproducción*nutrición no hubo diferencias significativas, pero si fueron altamente significativas para el ambiente con ($p \leq 0.01$), es decir, lo que influyo en el contenido de clorofila en las plantas fueron las condiciones ambientales de cada lugar.

Las estructuras vegetales de las plantas de toronjil tuvieron mejor desarrollo en el ambiente de Iguala, pero el contenido relativo de clorofila fue bajo, mientras que el ambiente de Taxco estuvo por arriba en las dos fechas de medición, los resultados correspondieron con la coloración verde más intensa observada en las hojas de los tratamientos de Taxco. El hecho de que en Taxco las plantas tuvieran mayor contenido de clorofila puede estar relacionado a que en este ambiente recibieron menor radiación solar debido a la presencia de las lluvias y a los días nublados, entonces las plantas tuvieron la necesidad de producir mayor contenido de clorofila para aprovechar en mayor cantidad la poca luz recibida. Este mismo comportamiento respecto a la clorofila en plantas de Taxco se observó en otras especies vegetales cuando recibieron menos

luz solar, como las investigaciones realizadas por Piña y Arboleda (2010) donde evaluaron el efecto de la luz y sombra en el crecimiento inicial y calidad de plantas de (*Crescentia cujete*), en sus resultados encontraron que las plantas que estuvieron expuestas bajo sombra presentaron un contenido relativo de clorofila mayor en comparación con las que estuvieron expuestas a la luz. Igualmente, Rios y Araya (2002) estudiaron el efecto de diferentes condiciones de luminosidad en el contenido de clorofila en plantas de café (*Coffea arabica* L.), sus resultados demostraron que las plantas que tuvieron 80 % de sombra presentaron mayor cantidad de contenido de clorofila y se observó que las hojas presentaron un color verde más oscuro, a diferencia de las plantas que estuvieron expuestas a un 30 % de sombra presentaron menor contenido de clorofila. En otro estudio llevado a cabo por Carvalho *et al.* (2006) estudiaron el crecimiento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) bajo diferentes niveles de luz, en sus resultados encontraron que cuando las plantas estuvieron expuestas a un 30 % de luz las plantas presentaron mayor concentración de contenido de clorofila que cuando estuvieron expuestas a 100 % de luz. Carvalho *et al.* (2006); Piña y Arboleda, (2010) mencionan que el incremento en la concentración de clorofila de las plantas cultivadas bajo poca luminosidad puede deberse a un mayor desarrollo del tejido fotosintético, mayor desarrollo de las granas, por lo tanto, el aumento de clorofila es relativamente mayor, además de que puede haber un mayor gasto energético en la síntesis de pigmentos que participan en la fotosíntesis. Así también García-Plazaola (2003) menciona que las hojas de las plantas desarrolladas en condiciones de baja iluminación presentan alta proporción de mesófilo esponjoso, lo cual les puede servir para incrementar la dispersión interna y la absorción de la luz, bajo estas condiciones de iluminación.

Cuadro 12. Comparación de medias de 12 tratamientos evaluados y su efecto en el contenido relativo de clorofila en tres estratos de la planta de toronjil.

Tratamientos	CRCEB	CRCEM	CRCES
τ_1 : I+R+Q	29.54 b	42.69 bcd	31.03 cde
τ_2 : I+R+O	29.02 b	40.64 cd	29.71 de
τ_3 : I+S+Q	29.09 b	40.06 cd	30.09 cde
τ_4 : I+S+O	28.44 b	40.13 cd	31.20 cde
τ_5 : I+R+T	29.18 b	39.29 d	29.24 e
τ_6 : I+S+T	27.79 b	41.87 bcd	30.87 cde
τ_7 : T+R+Q	34.66 a	46.48 ab	38.16 ab
τ_8 : T+R+O	34.56 a	46.43 ab	38.40 ab
τ_9 : T+S+Q	36.38 a	47.88 a	39.90 a
τ_{10} : T+S+O	35.43 a	47.46 a	37.25 ab
τ_{11} : T+R+T	33.64 a	44.69 abc	34.49 bcd
τ_{12} : T+S+T	33.54 a	45.46 ab	34.73 bc
DSM	3.75	4.73	4.92

Medias con la misma letra en la misma columna para cada variable son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DSM= Diferencia significativa mínima; CRCEB= Contenido relativo de clorofila estrato bajo; CRCEM= Contenido relativo de clorofila estrato medio; CRCES= Contenido relativo de clorofila estrato superior.

Por otra parte, la actividad fotosintética cambia de acuerdo con la edad foliar. En las hojas jóvenes los cloroplastos podrían estar inactivos o presentar baja actividad, mientras que en las hojas senescentes la clorofila podría encontrarse en degradación (Casierra-Posada *et al.*, 2012). En los resultados se encontró que el contenido relativo de clorofila del estrato medio estuvo por encima del estrato bajo y alto y esto se debe a que las hojas del estrato bajo están llegando a la senescencia por lo tanto se muestran de color verde menos intenso, un poco amarillentas (cloróticas) y coincide con el bajo contenido de clorofila encontrado, por otro lado, las hojas del estrato medio son las que están fotosintéticamente activas por lo que el contenido de clorofila es

mayor y finalmente las del estrato superior son hojas jóvenes y posiblemente la actividad fotosintética es baja, debido a ello el contenido de clorofila también es bajo.

En el Cuadro 13 se presenta la comparación de medias del contenido de clorofila en las dos fechas de medición, se puede apreciar que en la fecha 1 fue cuando las plantas presentaron mayor contenido de clorofila a diferencia de la segunda medición. Estos resultados están relacionados con la edad de la planta, ya que la primera medición fue tomada cuando las plantas se encontraban en etapa vegetativa y la segunda fue tomada en etapa reproductiva cuando ya estaban en floración y formación de frutos, por lo que la concentración de clorofila desde una edad temprana hasta la senescencia de la planta declina con el tiempo.

Cuadro 13. Comparación de medias del contenido relativo de clorofila en dos fechas de medición.

Fecha	CRCEB	CRCEM	CRCES
1	33.47 a	45.31 a	35.20 a
2	30.07 b	41.87 b	32.31 b
DMS	1.04	1.32	1.37

Medias con la misma letra en la misma columna para cada variable son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DSM= Diferencia significativa mínima; CRCEB= Contenido relativo de clorofila estrato bajo; CRCEM= Contenido relativo de clorofila estrato medio; CRCES= Contenido relativo de clorofila estrato superior.

En la Figura 11 se presenta el porcentaje de floración obtenido por cada tratamiento evaluado. En los resultados se encontró que no en todos los tratamientos hubo floración en un 100 %.

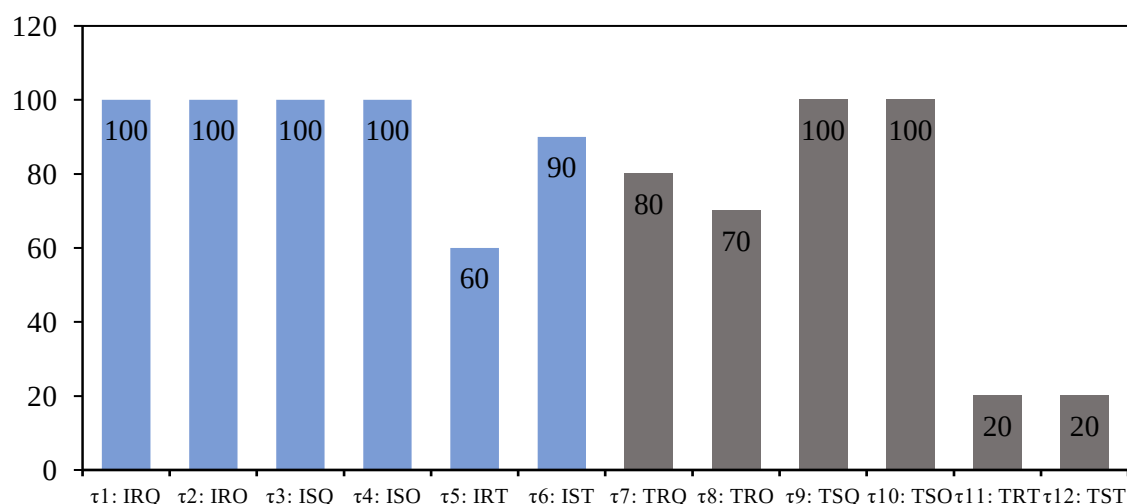


Figura 11. Porcentaje de floración obtenido por cada tratamiento evaluado.

Así mismo se obtuvo el peso de las semillas tanto de la inflorescencia del tallo principal como de las ramas y finalmente el peso total. A los resultados se les realizó una prueba de χ^2 (chi cuadrado) para ver si existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, para ello se utilizó una significancia (α) de 0.05, $p \leq 0.05$. Se encontró que no hay diferencia significativa respecto a los pesos obtenidos de cada tratamiento. Los resultados se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Peso de semillas de la inflorescencia principal y de ramas de los doce tratamientos evaluados.

Tratamientos	Peso de semillas de la Inflorescencia principal / g	p -Value ≤ 0.05	Peso de semillas de las ramas /	p -Value ≤ 0.05	Peso total / g	p -Value ≤ 0.05
τ_1 : I+R+Q	0.0488		0.1373		0.1861	
τ_2 : I+R+O	0.0290		0.1126		0.1416	
τ_3 : I+S+Q	0.0301		0.2828		0.3129	
τ_4 : I+S+O	0.0139		0.1497		0.1636	
τ_5 : I+R+T	0.0083		0.0070		0.0153	
τ_6 : I+S+T	0.0052	0.6452	0.0390	0.1159	0.0442	0.1263
τ_7 : T+R+Q	0.0305		—		0.0305	
τ_8 : T+R+O	0.1800		—		0.1800	
τ_9 : T+S+Q	0.0389		—		0.0389	
τ_{10} : T+S+O	0.0139		—		0.0139	
τ_{11} : T+R+T	—		—		—	
τ_{12} : T+S+T	—		—		—	

Algo interesante que se observó en las semillas fue que el tamaño de las semillas por cada ambiente difiere ligeramente, las semillas de Iguala son mas pequeñas que las de Taxco. En promedio las semillas de Taxco miden de 0.2 mm a 0.4 mm, mientras que las de Iguala es de 0.1 mm a 0.2 mm en promedio.

Otra forma de como comprobar que el tamaño de las semillas difiere por cada ambiente es contar el número de semillas que hay en un gramo, cuando las semillas son mas grandes tienen mas peso por lo tanto deberá haber menos en un gramo a diferencia que cuando las semillas son más pequeñas y pesan menos deberá haber mas cantidad en un gramo. Entonces lo que se hizo fue una regla de tres, en el peso total obtenido por cada tratamiento se contó el número de semillas presentes, luego se planteó la siguiente pregunta si esa cantidad de semillas se encontraba en el peso obtenido, ¿cuántas semillas se encontrarían en un gramo? Los resultados se muestran a continuación en el cuadro 15.

Cuadro 15. Número de semillas obtenidas por cada tratamiento evaluado.

Tratamientos	Peso total de las semillas / g	Número de semillas contenidas en el	p -Value ≤ 0.05	Número de semillas en 1 g
τ_1 : I+R+Q	0.1861	1025	< 0.0001**	5508
τ_2 : I+R+O	0.1416	716		5056
τ_3 : I+S+Q	0.3129	1290		4123
τ_4 : I+S+O	0.1636	694		4242
τ_5 : I+R+T	0.0153	86		5621
τ_6 : I+S+T	0.0442	298		6742
τ_7 : T+R+Q	0.0305	111		3639
τ_8 : T+R+O	0.1800	520		2889
τ_9 : T+S+Q	0.0389	122		3136
τ_{10} : T+S+O	0.0139	55		3957
τ_{11} : T+R+T	—	—		—
τ_{12} : T+S+T	—	—		—

En el peso de las semillas no hubo diferencia estadística, pero en cambio en el número de semillas cosechadas si se presentó diferencia altamente significativa. Al comparar el mismo tratamiento, pero en diferente ambiente se encontró que en Iguala se tendría

mayor número de semillas por gramo en los seis tratamientos evaluados en comparación con Taxco donde hay menor cantidad de semillas debido al mayor tamaño y peso.

El hecho de que en Iguala se produzca mayor cantidad de semillas no significa que sea mejor, debido a que el tamaño de las semillas se considera como un indicador de calidad fisiológica, aquellas semillas más grandes o de mayor peso muestran mejor germinación y vigor (Aguilar *et al.*, 1995). Valencia-Díaz *et al.* (2015) también mencionan que las semillas de mayor tamaño pueden presentar porcentajes de germinación más rápidos y mayores en comparación con las semillas pequeñas. Por lo tanto, es casi seguro que las semillas de Iguala podrían presentar menor porcentaje de germinación. Por ejemplo, cuando se estableció este experimento se pusieron a germinar semillas obtenidas del ambiente de Taxco, las semillas de mayor tamaño germinaron más rápido, además el tallo y los cotiledones estaban más desarrollados, mientras que las más pequeñas tardaron para germinar y además de que la mayor parte de las semillas pequeñas no germinaron.

En Iguala la producción de semillas de tamaño pequeño puede estar relacionado con el estrés por calor debido al aumento de las temperaturas durante la etapa reproductiva, al estresarse las plantas se vio reducido el tamaño de las semillas. La temperatura es un factor clave para el desarrollo de las plantas, tanto las altas temperaturas como las bajas tienen efectos negativos en los cultivos. Investigadores como Hatfield y Prueger, (2015) mencionan que una de las etapas fenológicas más susceptibles a las altas temperaturas es la etapa de polinización. Jones *et al.* (1984) encontraron en el maíz (*Zea mays* L.) que, durante la fase de división del endospermo, a medida que las temperaturas aumentaron de 30.2 °C a 35 °C, la tasa potencial de crecimiento del grano se redujo junto con el tamaño final del grano, incluso después de que las plantas regresaron a 30 °C. Kim *et al.* (1996) observaron que el cultivo del arroz (*Orzya sativa* L.) se vio afectado negativamente con la alta temperatura, la viabilidad y la producción de polen disminuyeron cuando la temperatura máxima diaria (T_{max}) excedió los 33 °C y cesó cuando *la* T_{max} excedió los 33 °C. En un estudio realizado por Lobell y Bonfils (2008) en arabis (*Arabidopsis thaliana*) observaron que a una temperatura de 36 °C se presentó aborto de toda la inflorescencia. Estas

investigaciones muestran que altas temperaturas en la etapa reproductiva de las plantas les provoca graves problemas, por lo tanto, es importante determinar el rango de temperatura óptimo para el desarrollo de las especies vegetales.

6.6. Conclusión

- Al evaluar la respuesta productiva del toronjil en dos ambientes, algunas variables se vieron favorecidas en el ambiente de Iguala, mientras que otras en el ambiente de Taxco, por lo tanto, la época en la que se cultive es sumamente importante ya que el éxito reproductivo del cultivo se ve influenciado por los factores ambientales.
- Las variables evaluadas que presentaron mejores resultados fueron aquellas donde se aplicó nutrición orgánica (ácidos húmicos y fúlvicos), esto podría estar atribuido a la mejora en el crecimiento de las raíces y en consecuencia a una mayor absorción de nutrientes, por lo que el uso de los bioestimulantes resultan ser una alternativa para la producción orgánica del cultivo de toronjil.
- Por otra parte, con relación a las formas de reproducción se tuvieron mejores resultados en las plantas obtenidas a través de semilla botánica, por lo tanto, en el establecimiento del cultivo este es un factor muy importante para considerar, ya que el hecho de que desde el inicio desarrollen buena raíz promueve que también haya mejor desarrollo de las estructuras vegetales, aparte de que las plantas por semilla promueven una descendencia genéticamente diversa lo que les confiera la capacidad de tolerar condiciones ambientales más severas en comparación con los rizomas.

6.7. Recomendaciones

- Se recomienda realizar trabajos a futuro en el ambiente de Iguala, para ir adaptando el toronjil, en esta ocasión las semillas fueron de tamaño más pequeño en comparación con las de Taxco, pero a través del tiempo esto podría modificarse y se podría obtener semilla de mejor calidad.
- Se recomienda establecer el cultivo en ambientes de transición como el caso de Taxco el viejo, donde seguramente las plantas podrían responder favorablemente de acuerdo con lo observado en Iguala, una ventaja es que de esta forma se evita trasladar las plantas desde Taxco hasta Iguala que está un poco más lejos y la otra es que así las plantas se estresarían menos que en Iguala.
- Aplicar métodos pre-germinativos a la semilla para incrementar el porcentaje de germinación.
- Si el objetivo es obtener plantas por semilla se recomienda conocer la fisiología de la reproducción para obtener semilla de calidad (calidad genética, física, fisiológica y sanitaria).
- Conocer los métodos de conservación de la semilla (almacenamiento) para reducir el proceso de deterioro y garantizar la obtención de plantas vigorosas.
- Determinar los métodos del secado de follaje para conservar su calidad.
- Determinar el perfil químico de la planta de toronjil en ambos ambientes.

6.7. Bibliografía

- Abdel-Baky, Y. R., Abouziena, H. F., Amin, A. A., Rashad El-Sh, M., & Abd El-Sttar, A. M. (2019). Improve quality and productivity of some faba bean cultivars with foliar application of fulvic acid. *Bulletin of the National Research Centre*, 43, 1-11.
- Abdel-Baky, Y. R., Abouziena, H. F., Amin, A. A., Rashad El-Sh, M., & Abd El-Sttar, A. M. (2019). Improve quality and productivity of some faba bean cultivars with foliar application of fulvic acid. *Bulletin of the National Research Centre*, 43, 1-11.
- AGUIAR, I. D., SILVA, A. D., Piña-Rodrigues, F. C. M., & Figliolia, M. B. (1995). Manual técnico de sementes florestais.
- Alvarez, M. G., Tron, F., & Mauchamp, A. (2005). Sexual versus asexual colonization by *Phragmites australis*: 25-year reed dynamics in a Mediterranean marsh, southern France. *Wetlands*, 25(3), 639-647.
- Avotins, A., Apse-Apsitis, P., Bicāns, J., & Gruduls, J. (2018). Development and testing results of IoT based air temperature and humidity measurement system for industrial greenhouse.
- Bai, W., Sun, X., Wang, Z., & Li, L. (2009). Nitrogen addition and rhizome severing modify clonal growth and reproductive modes of *Leymus chinensis* population. *Plant Ecology*, 205, 13-21.
- Boedeltje, G., Ozinga, W. A., & Prinzing, A. (2008). The trade-off between vegetative and generative reproduction among angiosperms influences regional hydrochorous propagule pressure. *Global Ecology and Biogeography*, 17(1), 50-58.
- Carrillo-Galván, G., Bye, R., Eguiarte, L. E., Cristians, S., Pérez-López, P., Vergara-Silva, F., & Luna-Cavazos, M. (2020). Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: *Agastache* (Lamiaceae)—an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 1-16.
- Carvalho, N. O. S., Pelacani, C. R., Rodrigues, M. O. D. S., & Crepaldi, I. C. (2006). Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. *Revista Árvore*, 30, 351-357.
- Casierra-Posada, F., Ávila-León, O., & Riascos-Ortíz, D. (2012). Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo sol y sombra. *Temas agrarios*, 17(1), 60-71.
- Chauhan, A., Sharma, D., Kumar, R., Shiwani, K., & Sharma, N. (2021). Methods of propagation in vegetable crops. *New Delhi, India*, 270-281.
- Chen, X., Li, Y., Xie, Y., Deng, Z., Li, X., Li, F. y Hou, Z. (2015). Compensación entre la asignación a ramets reproductivos y yemas de rizoma en poblaciones de *Carex*

brevicuspis a lo largo de un gradiente de elevación a pequeña escala. *Informes científicos*, 5, 12688. doi: 10.1038/srep12688

- Cooper, L., & Abi-Ghanem, R. (2017). El valor de las sustancias húmicas en el ciclo de vida del carbón de los cultivos: Ácidos húmicos, ácidos fúlvicos.
- Driesen, E., Van den Ende, W., De Proft, M., & Saeys, W. (2020). Influence of environmental factors light, CO₂, temperature, and relative humidity on stomatal opening and development: A review. *Agronomy*, 10(12), 1975.
- Esringü, A., Sezen, I., AYTATLI, B., & Ercişli, S. (2015). Effect of humic and fulvic acid application on growth parameters in *Impatiens walleriana* L. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4(1), 37-42.
- Estrada-Reyes, R., López-Rubalcava, C., Ferreyra-Cruz, O. A., Dorantes-Barrón, A. M., Heinze, G., Aguilar, J. M., & Martínez-Vázquez, M. (2014). Central nervous system effects and chemical composition of two subspecies of *Agastache mexicana*; an ethnomedicine of Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(1), 98-110. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.12.057>
- Ferrante, A., & Mariani, L. (2018). Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses: High and low values of temperature, light intensity, and relative humidity. *Horticulturae*, 4(3), 21.
- Franklin, K. A. (2009). Light and temperature signal crosstalk in plant development. *Current opinion in plant biology*, 12(1), 63-68.
- Galvez, J., Estrada-Reyes, R., Benítez-King, G., Araujo, G., Orozco, S., Fernandez-Mas, R., ... & Calixto, E. (2015). Implicación del sistema GABAérgico en los efectos neuroprotectores y sedantes de la acetina 7-O-glucósido en roedores. *Neurología restaurativa y neurociencia*, 33 (5), 683-700.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- García, E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. México, D. F
- García-Plazaola, J. I., Hernández, A., & Becerril, J. M. (2003). Antioxidant and pigment composition during autumnal leaf senescence in woody deciduous species differing in their ecological traits. *Plant Biology*, 5(05), 557-566.
- Gastelum-Orsorio, D. A., Sandoval-Villa, M., Trejo-López, C., & Castro-Brindis, R. (2013). Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 19(2), 197-210.
- Gonzalez-Trujano, M. E., Ponce-Muñoz, H., Hidalgo-Figueroa, S., Navarrete-Vázquez, G., & Estrada-Soto, S. (2015). Depressant effects of *Agastache mexicana* methanol extract and one of major metabolites tilianin. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(3), 185-190.

- Han, W., Yang, Z., Huang, L., Sun, C., Yu, X. y Zhao, M. (2019). Evaluación integral difusa de los efectos de la humedad relativa del aire sobre los rasgos morfofisiológicos de Pakchoi (*Brassica chinensis* L.) bajo altas temperaturas. *Scientia horticulturae*, 246, 971-978.
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and climate extremes*, 10, 4-10.
- Herrera, A. L. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra latinoamericana*, 17(3), 221-229.
- Horst, W. 2017. Los Retos Multifacéticos de la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 87. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- Husein, M. E., El-Hassan, S. A., & Shahein, M. M. (2015). Effect of humic, fulvic acid and calcium foliar application on growth and yield of tomato plants. *International Journal of Biosciences*, 7(1), 132-140.
- Jackson, M. B., Ishizawa, K., & Ito, O. (2009). Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress. *Annals of Botany*, 103(2), 137-142.
- Jan, J. A., Nabi, G., Khan, M., Ahmad, S., Shah, P. S., & Hussain, S. (2020). Foliar application of humic acid improves growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.) varieties. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 33(3), 461.
- Jones, R. J., Quattar, S., & Crookston, R. K. (1984). Thermal Environment During Endosperm Cell Division and Grain Filling in Maize: Effects on Kernel Growth and Development in Vitro 1. *Crop Science*, 24(1), 133-137.
- Khan, R. U., Khan, M. Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., & Jan, I. U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. *Journal of plant nutrition*, 41(4), 453-460.
- Kim, H. Y., Horie, T., Nakagawa, H., & Wada, K. (1996). Effects of elevated CO₂ concentration and high temperature on growth and yield of rice: II. The effect on yield and its components of Akihikari rice. *Japanese Journal of Crop Science*, 65(4), 644-651.
- Lei, S. A. (2010). Benefits and costs of vegetative and sexual reproduction in perennial plants: a review of literature. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 42(1), 9-14.
- Lobell, D. B., & Bonfils, C. (2008). The effect of irrigation on regional temperatures: A spatial and temporal analysis of trends in California, 1934–2002. *Journal of Climate*, 21(10), 2063-2071.
- Martínez-Gordillo, M., Bedolla-García, B., Cornejo-Tenorio, G., Fragoso-Martínez, I., García-Peña, M. D. R., González-Gallegos, J. G., & Zamudio, S. (2017). Lamiaceae de México. *Botanical Sciences*, 95(4), 780-806.
- Melo López, L. (2006). Análisis y caracterización de ácidos fúlvicos y su interacción con algunos metales pesados.

- Nielsen, U. N., Riis, T., & Brix, H. (2006). The importance of vegetative and sexual dispersal of *Luronium natans*. *Aquatic Botany*, 84(2), 165-170.
- Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y. P., Luo, A., & Etemadi, N. A. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31(12), 2155-2167.
- Piña, M., & Arboleda, M. E. (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de *Crescentia cujete*. *Bioagro*, 22(1), 61-66.
- Retana-Cordero, M., Fisher, P. R., & Gómez, C. (2021). Modeling the effect of temperature on ginger and turmeric rhizome sprouting. *Agronomy*, 11(10), 1931.
- Reyes, R.S., Rojas, I., Arvizu, G., Muñoz, D., Pérez, D. and Sucilla, M., 2005. Caracterización del potencial fitotóxico de *Agastache mexicana* (kunth.) Lint et Epling. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar*, (4), p.2. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2986683.pdf>.
- Rios, L. C., & Araya, H. E. (2002). Cambios en los contenidos de clorofila, proteínas y niveles de fluorescencia de clorofila en plantas de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas en zonas áridas en diferentes condiciones de luminosidad. *Idesia (Chile)*, 20(2), 111-118.
- Rodríguez, M. G. L. (2021). Crecimiento vegetativo de toronjil morado *Agastache mexicana* ssp. *mexicana* en respuesta al pH y concentración de hierro de la solución nutritiva.
- Roriz, M.; Carvalho, SMP; Vasconcelos, MW La alta humedad relativa del aire influye en la acumulación de minerales y el crecimiento en plantas de soja con deficiencia de hierro. *Frente. Ciencia vegetal*. 2014, 5, 726.
- Smit, M. A. (2011). Characterising the factors that affect germination and emergence in sugarcane. *International sugar journal*, 113(1345), 65.
- Steiner AA (1984) The Universal Nutrient Solution. En Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult. pp. 633-649.
- Suh, H. Y., Yoo, K. S., & Suh, S. G. (2014). Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55, 455-461.
- Suman, S., Spehia, R. S., & Sharma, V. (2016). Productivity of capsicum as influenced by fertigation with chemical fertilizers and humic acid. *Journal of plant nutrition*, 39(3), 410-416.
- Tan, K. H. (2003). Humic matter in soil and the environment: principles and controversies. CRC press.

- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2009. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/> (Consultado: julio 2023).
- Valencia-Díaz, S., Flores-Morales, A., Flores-Palacios, A., & Perea-Arango, I. (2015). ¿Cómo afecta la presencia de endospermo al tamaño y la germinación de las semillas? *Ciencias Botánicas*, 93 (4), 783-789.
- Veobides-Amador, H., Guridi-Izquierdo, F., & Vázquez-Padrón, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos tropicales*, 39(4), 102-109.
- Xiao, Y., Tang, J., Qing, H., Zhou, C., Kong, W. y An, S. (2011). Compensaciones entre crecimiento, reproducción clonal y sexual en una planta invasora *Spartina alterniflora* que responde a la inundación y la integración clonal. *Hidrobiología*, 658, 353–363.
- Yildirim, E. (2007). Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 57(2), 182-186.

VII. CONSUMO Y PRESERVACIÓN DEL TORONJIL (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) Y OTRAS PLANTAS MEDICINALES EN LA SIERRA DE TAXCO, GUERRERO, MÉXICO

7.1. Resumen

Se realizó el presente estudio con el objetivo de investigar y documentar el conocimiento y los usos del toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) y otras plantas medicinales utilizadas en tres localidades de la sierra del municipio de Taxco de Alarcón, Guerrero, México, para contribuir con el rescate y la conservación de los saberes ancestrales sobre el uso de las plantas medicinales. La hipótesis fue que en las tres localidades conocen y utilizan el toronjil para el tratamiento de diferentes malestares o enfermedades, así como el empleo de otras plantas medicinales. Para la obtención de información, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas a personas mayores de 18 años. En los resultados se identificaron 52 especies de plantas medicinales agrupadas en 26 familias botánicas, la familia que más sobresale es Lamiaceae con (12 especies), seguida de Asteraceae (7 especies). Las personas mencionan que las plantas medicinales las usan principalmente para problemas gastrointestinales (39 %), seguido para los problemas respiratorios y osteomusculares (17 %). La forma más común de utilización es mediante decocción (63 %). Las hojas son la parte que más utilizan de la planta con el (47 %). Las plantas utilizadas provienen principalmente del medio silvestre (47 %) y solo el (40 %) son cultivadas. Respecto al Toronjil, las tres localidades coinciden en conocer la planta, lo han consumido y la tienen en casa, dándole cuatro categorías de uso: dolor de estómago y/o cólicos, problemas respiratorios, para los nervios y finalmente para problemas de filiación cultura conocido como susto. La forma de consumo es mediante decocción utilizando mayormente las hojas. Los habitantes muestran interés en la preservación de la especie, para lo cual el 90 % de los entrevistados están interesados en el cultivo en sus huertos familiares para dar un manejo sostenible y evitar la disminución de la especie.

Palabras clave: Etnobotánica, Conocimiento Ancestral, Sobreexplotación, Manejo Sostenible, Preservación.

7.2. Abstract

The present study was carried out with the objective of investigating and documenting the knowledge and uses of lemon balm (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) and other medicinal plants used in three localities in the mountains of the municipality of Taxco de Alarcón, Guerrero, Mexico, through of the ancestral knowledge of the inhabitants. The hypothesis was that in both locations they know and use lemon balm to treat different ailments or diseases, as well as the use of other medicinal plants. To obtain information, semi-structured interviews were carried out with people over 18 years of age, in total 211 surveys were applied. In the results, 52 species of medicinal plants grouped into 30 botanical families were identified, the family that stands out the most is Lamiaceae with (10 species), followed by Asteraceae (7). People mention that medicinal plants are used mainly for gastrointestinal problems (39%), followed by respiratory and musculoskeletal problems (17%), the most common form of use is through decoction (63%), the leaves are the part that most use the plant with it (47%). The plants used come mainly from the wild (47%) and only (40%) are cultivated; Regarding Melissa, the three localities agree in knowing the plant, they have consumed it and have it at home, giving it four categories of use, stomach pain and/or colic, respiratory problems, nerves and for cultural affiliation, the form of consumption is in cooking for tea using mostly the leaves. The inhabitants show interest in the preservation of the species, for which 90% of those interviewed are interested in growing it in their family gardens to provide sustainable management and avoid the decline of the species.

Keywords: Ethnobotany, Ancestral Knowledge, Overexploitation, Sustainable Management, Preservation.

7.3. Introducción

Las plantas medicinales han sido utilizadas por el ser humano para aliviar diferentes malestares o enfermedades, este conocimiento sobre sus usos se ha transmitido de generación en generación. Actualmente, se han calculado que aproximadamente 50,000 especies de plantas contienen alguna sustancia con propiedad medicinal, lo que corresponde al 10 % de todas las existentes en el mundo (Maldonado *et al.*, 2020). En México se han registrado 4,500 plantas medicinales, posicionándose el país en segundo lugar a nivel mundial (Zhang *et al.*, 2021). Las plantas medicinales son usadas mediante decocciones o infusiones, seguidas de productos homeopáticos, en cuanto a las partes de la planta utilizadas se incluyen hojas, tallos, flores, frutos, semillas, corteza o toda la planta (Akram *et al.*, 2020).

El municipio de Taxco de Alarcón se ubica en la región norte de Guerrero, México, tiene una población total de 105,586 habitantes, sus principales lenguas indígenas son: Náhuatl, Tlapaneco y Mixteco. En 2020, 26.8 % de los habitantes se ubicaban en estado de pobreza extrema y 75.0 % en pobreza moderada (CONEVAL, 2022). El municipio posee una flora variada, parte de la cual es utilizada por los habitantes para el tratamiento de sus enfermedades, no obstante existe una escasa información sobre las plantas medicinales empleadas en esta zona, por otra parte, a pesar de la importante contribución de las plantas medicinales en el sistema de salud, ha ocurrido una pérdida considerable del conocimiento tradicional sobre sus usos y además, su disponibilidad se ha visto limitada por el deterioro del entorno natural (Bermúdez *et al.*, 2005), en este sentido la investigación etnobotánica puede coadyuvar en la recuperación del conocimiento y proteger de manera simultánea la biodiversidad (Jiménez *et al.*, 2021).

El toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) es una planta medicinal endémica de México y se encuentra distribuida geográficamente en los estados de Puebla, México, Hidalgo, Morelos, Guerrero, Jalisco y Michoacán (UNAM, 2009). Aun cuando el toronjil tiene gran importancia por sus propiedades medicinales no se cultiva a gran escala por lo que es saqueada del medio silvestre. Esta actividad ha provocado en los últimos 10 años la disminución de la especie en comunidades del estado de Guerrero,

otras causas de la disminución son los incendios forestales, así como la deforestación, lo que a futuro la pone en riesgo (Hernández-Ramírez *et al.*, 2022). Ha esta problemática también hay que sumarle que sus semillas presentan bajo porcentaje de germinación lo que dificulta aún más su reproducción en el medio natural (Carrillo Galván *et al.*, 2020).

Considerando la información antes expuesta la investigación tuvo como objetivo profundizar sobre el conocimiento y consumo del toronjil, así como otras plantas medicinales, en tres localidades pertenecientes a la sierra del municipio de Taxco, Guerrero.

7.4. Materiales y métodos

7.4.1. Área de estudio

El estudio fue de tipo transversal, correlacional y observacional de enfoque cualitativo. La investigación se realizó en tres localidades pertenecientes a la sierra del municipio de Taxco de Alarcón, Guerrero, México. La localidad de Cajones se ubica a 18°58'22.22" N y -99°64'30.56" O, a 2,364 msnm; Agua Escondida, se ubica a 18°58'30.56" N y -99°64'80.56" O, a 2,420 msnm y San Juan Tenería, se ubica a 18°59'36.11" N y -99°69'22.22" O, a 2,500 msnm.

Conforme a la clasificación de Köppen el clima de Taxco es considerado templado con lluvias en verano (Cwb). La temperatura media anual es de 18.4 °C. La precipitación promedio anual aproximada es de 1,252 mm (García, 2004).

7.4.2. Obtención de datos a través de entrevistas semiestructuradas

Para obtener la información sobre el conocimiento del toronjil (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) y otras plantas medicinales se aplicó una entrevista semiestructurada siguiendo las recomendaciones propuestas por Martínez (1998). Para las encuestas el criterio de inclusión fue: habitantes de las comunidades de estudio que sean mayores de 18 años de edad; el criterio de exclusión fue: personas que no sean de la comunidad, y los criterios de eliminación fueron: cualquier habitante de la comunidad de estudio, que no pueda emitir su opinión por alguna razón o que simplemente no desee hacerlo. El tamaño de la población se generó a partir del Censo

de Población y Vivienda (INEGI, 2020) y el tamaño de la muestra se calculó mediante la ecuación de Thompson (1992), como lo sugiere (Aguilar Borojas, 2005).

Ecuación de (Thompson, 1992).

$$n = \frac{N \cdot p(1 - p)}{(N - 1) \frac{d^2}{Z^2} + p(1 - p)}$$

En donde:

- N = tamaño de la población;
- n = tamaño de la muestra;
- d = error muestral (también se puede encontrar como α o e);
- Z = nivel de confianza (se obtiene de tablas de α dado el valor de d);
- p = probabilidad a favor;
- $1-p=q$ = probabilidad en contra.

Al sustituir los valores en la ecuación se obtuvo el número de encuestas que se tendrían que aplicar por cada localidad, esto fue a partir de la población mayor de 18 años de acuerdo con datos del INEGI 2020, para ello se utilizó un el error muestral de 0.05 para todos los casos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Número de encuestas por cada localidad de estudio, obtenidas a través de la población mayor de 18 años.

Localidad	Población mayor de 18 años INEGI 2020	Número de encuestas
Cajones	72	61
Agua Escondida	80	66
San Juan	107	84
Tenería		

7.4.3. Recolección de información

Previo a la aplicación de las encuestas se recibió el apoyo de las autoridades locales en este caso los comisarios, con cada una de las autoridades se establecieron pláticas para informar el objetivo de la investigación, con la finalidad de que fuera aprobado y comunicaran a los habitantes sobre la intervención que se llevaría a cabo.

Para el reconocimiento de la planta de (*A. mexicana* subsp. *mexicana*) por los habitantes locales, se llevaron ejemplares con la finalidad de mostrar a las personas y de esta forma estar seguros de que se trataba de la misma especie estudiada.

El contenido de la entrevista incluyó la edad de las personas, el género, nivel educativo, plantas medicinales que conocen y consumen, entre las cuales se destaca el toronjil (*A. mexicana* subsp. *mexicana*), formas de preparación, partes utilizadas de la planta, padecimientos o síntomas que tratan, frecuencia de consumo, nombre local de las plantas medicinales empleadas, si el toronjil lo tienen en casa o lo extraen del campo, valor económico que le dan al toronjil y el interés de la población en la preservación del toronjil.

7.4.4. Recolección y conservación de material botánico

Con la autorización y la guía de los habitantes de las localidades de estudio se realizaron colectas botánicas. Esta recolección se hizo en tecorrales, bosques aledaños a la comunidad y en el huerto familiar. Las muestras botánicas fueron recolectadas con flor o fruto para lograr su identificación taxonómica y con la aplicación en el celular (Timestamp Camera Free) se tomó fotografía de la planta al momento de la recolección, esta aplicación nos proporciona la altitud, latitud y longitud a la que se encuentra la especie colectada.

Durante la recolección y el secado de las plantas se utilizaron prensas de madera, así mismo a cada muestra se le colocó su nombre local, número de colecta, sitio de colecta, entre otros datos. La conservación del material botánico se realizó mediante la técnica de herborización propuesta por Lot y Chiang (1986), el cual incluye: prensado, secado, montaje y registro. Para la identificación de las especies vegetales, se emplearon claves taxonómicas y se realizó la comparación con ejemplares del herbario UAGC del Instituto de Investigación Científica, Área de Ciencias Naturales de

la Universidad Autónoma de Guerrero. Finalmente, el material botánico fue depositado en la colección del herbario de esta institución.

7.4.5. Análisis de los datos

La información obtenida de las encuestas fue organizada en el programa de Excel®. Se utilizó el programa WinEpi para realizar el cálculo de la prueba de χ^2 (chi cuadrado) con la finalidad de evaluar la relación entre las diferentes variables estudiadas. Para todos los casos se utilizó una significancia (α) de 0.05, $p \leq 0.05$ (De Blas, 2006).

7.4.6. Resultados y discusión

Se encontraron en total 52 especies de plantas medicinales, las cuales están agrupadas en 26 familias botánicas, siendo la más destacada la familia Lamiaceae con (12 especies), seguida de Asteraceae (7 especies), Apiaceae con (4 especies), Myrtaceae (3 especies). Las familias Lauraceae, Rosaceae, Amaranthaceae y Scrophulariaceae (2 especies cada una). Finalmente, las familias restantes están representadas solo por una especie (Cuadro 17 y 18). Estos resultados encontrados son similares a los que reporta Sotelo-Leyva *et al.* (2022), al indicar que en la localidad de Julián Blanco ubicada en la región centro del estado de Guerrero los habitantes utilizan plantas medicinales que principalmente corresponden a la familia de las Lamiaceae, de igual manera coincide con lo que reporta Fernández-Cusimamani *et al.* (2019) en Ecuador, al mencionar que la familia botánica de uso medicinal más importante es Lamiaceae. Lo antes expuesto puede deberse a que la familia Lamiaceae además de tener una distribución cosmopolita es la más utilizada por su facilidad de adquisición, pudiendo encontrarse especies como arvenses o como plantas cultivadas, aunque principalmente la familia se caracteriza por presentar aceites esenciales con potencial farmacológico (Angulo *et al.*, 2012).

Cuadro 17. Lista de plantas medicinales usadas por los pobladores de las tres localidades de estudio.

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Localidad		
				Cajo	Agu a E.	San J.
1	Ajenjo	<i>Artemisia absinthium</i> L.	Asteraceae		*	

2	Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	*	*	*
3	Anís	<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	Asteraceae	*	*	*
4	Apio	<i>Apium graveolens</i> L.	Apiaceae	*	*	*
5	Árnica	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	Lamiaceae	*	*	*
6	Bugambilia	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Nyctaginaceae	*	*	*
7	Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume	Lauraceae	*	*	*
8	Capulín	<i>Prunus Serotina</i> Ehrh	Rosaceae	*	*	*
9	Cola de caballo	<i>Equisetum hyemale</i> L.	Equisetaceae	*	*	*
10	Cuachalalate	<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Schiede ex Standl.	Anacardiaceae	*	*	*
11	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i> Weber ex F. H. Wigg.	Asteraceae	*		*
12	Epazote	<i>Teloxys ambrosioides</i> (L.) W. A. Weber	Amaranthaceae	*	*	*
13	Epazote de zorrillo	<i>Dysphania graveolens</i> Mosyakin y Clemants	Amaranthaceae	*	*	*
14	Estafiate	<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	Asteraceae	*	*	*
15	Eucalipto	<i>Eucalyptus cinerea</i> F. Muell. ex Benth	Myrtaceae	*	*	*
16	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulos</i> Labill.	Myrtaceae	*		*
17	Gordolobo	<i>Verbascum thapsus</i> L.	Scrophulariaceae	*	*	
18	Guayabo	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae		*	*
19	Hierba de pollo	<i>Commelina coelestis</i> Willd.	Commelinaceae	*	*	*
20	Hierba de sapo	<i>Eryngium alternatum</i> J. M. Coult. & Rose	Apiaceae	*	*	*
21	Hierba santa	<i>Piper auritum</i> Kunth	Piperaceae	*	*	*
22	Hierbabuena	<i>Mentha piperita</i> L.	Lamiaceae	*	*	*

23	Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Apiaceae		*	*
24	Jarilla	<i>Barkleyanthus salicifolius</i> H. Rob. & Brettell	Asteraceae	*	*	*
25	Jengibre	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	Zingiberaceae	*	*	*
26	Laurel	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	Lauraceae	*		*

Localidades: Cajo: Cajones; Agua E.: Agua Escondida; San J.: San Juan Tenería.

Cuadro 18. Lista de plantas medicinales usadas por los pobladores de las tres localidades de estudio.

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia	Localidad		
				Cajo	Agua E.	San J.
27	Lengua de vaca	<i>Buddleja sessiliflora</i> Kunth	Scrophulariaceae		*	*
28	Lentejilla	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Brassicaceae	*	*	*
29	Madroño	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Ericaceae	*	*	*
30	Malva	<i>Malva parviflora</i> L.	Malvaceae	*	*	*
31	Manrrubio	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Lamiaceae	*	*	*
32	Manzanilla	<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All	Asteraceae	*	*	*
33	Mejorana	<i>Origanum majorana</i> L.	Lamiaceae	*	*	*
34	Menta	<i>Mentha piperita</i> L.	Lamiaceae		*	*
35	Mirto	<i>Salvia microphylla</i> Kunth	Lamiaceae	*		*
36	Muicle	<i>Justicia spicigera</i> Schltld.	Acanthaceae	*	*	*
37	Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl	Rosaceae	*	*	*
38	Nopal	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	*	*	*
39	Nurite ó té de monte	<i>Clinopodium macrostemum</i> (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze	Lamiaceae	*	*	*
40	Palo dulce	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Fabaceae	*	*	*

41	Planta de encaje	<i>Ammi visnaga</i> (L.)	Apiaceae	*	*	*
42	Romero	<i>Salvia Rosmarinus</i> Schleid.	Lamiaceae	*	*	*
43	Ruda	<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	*		*
44	Sábila	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f.	Liliaceae	*	*	*
45	Saúco	<i>Sambucus nigra</i> L.	Viburnaceae	*	*	*
46	Santa María	<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.	Asteracea	*	*	*
47	Té Limón	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Poaceae	*	*	*
48	Tila	<i>Tilia americana</i> var. <i>mexicana</i> (Schltdl.) Hardin	Tiliaceae		*	
49	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i> L.	Lamiaceae	*	*	*
50	Toronjil de monte	<i>Clinopodium mexicanum</i> (Benth.) Govaerts	Lamiaceae	*	*	*
51	Toronjil morado*	<i>Agastache mexicana</i> subsp. <i>mexicana</i> (Kunth) Lint & Epling	Lamiaceae	*	*	*
52	Venenillo	<i>Asclepias curassavica</i> L.	Apocynaceae	*	*	*

Localidades: Cajo: Cajones; Agua E.: Agua Escondida; San J.: San Juan Tenerife.

Entre las enfermedades o afecciones encontradas en las tres localidades de estudio sobresalen las que afectan al sistema gastrointestinal (dolor de estómago, vómito y diarrea) para ello, de las plantas reportadas, el 39 % son utilizadas para combatir este problema, continúa el sistema respiratorio y osteomuscular (tos, gripa, fiebre, dolor de cabeza y dolores musculares) con 17 %, enseguida se encuentran las relacionadas con la piel (desinflamar golpes, lavar y cicatrizar heridas, para las quemadas y lavar los ojos) con un 15 %, continúan las utilizadas para el tratamiento de los nervios con un 13 %, le siguen las del sistema excretor y endocrino (riñones y diabetes) con un 9 % y con un 7 % se encuentran las que tienen que ver con filiación cultural (el susto/espanto y buena suerte). El número de enfermedades o afecciones tratadas con las plantas medicinales evidencian su importancia en la medicina tradicional. Al realizarse

la prueba de comparación χ^2 se encontró diferencia significativa entre las diferentes enfermedades o afecciones (χ^2 cal = 48.048; gl = 5, $p \leq 0.0001$). En los resultados se identificó que los problemas gastrointestinales se presentan con mayor frecuencia en las tres localidades, quizá esto se deba a las características similares que comparten, por ejemplo, son comunidades rurales de escasos recursos económicos, carecen de servicios básicos como atención médica de calidad, agua potable, así como servicios sanitarios adecuados. Los resultados concuerdan con lo que reportan Ávila-Uribe *et al.* (2016) quienes también encontraron que los problemas gastrointestinales son los que más se presentan en dos poblados del municipio San Martín de las pirámides, estado de México, para lo cual de las plantas medicinales presentes en el lugar un 30 % de ellas son utilizadas para tratar este problema.

Respecto a la forma de cómo se preparan las plantas medicinales las personas mencionaron diferentes maneras, pero principalmente es mediante decocción con 63 %. Este proceso consiste en hervir la parte de la planta que se vaya a utilizar que puede ser entre 10 y 20 min, le sigue la infusión con un 18 %, consiste en calentar el agua hasta que hierva, luego verter el agua en una taza o recipiente y agregar la parte de la planta a utilizar, dejar reposar unos 8 o 12 min, en tercer lugar, se encuentran las utilizadas de manera directa o en forma de ungüento con el 13 % y por último las usadas en jugos o licuados con el 6 %. Mediante la prueba de comparación χ^2 se encontró que hay diferencia significativa en las formas de preparación por la localidad (χ^2 cal = 106.560; gl = 3, $p \leq 0.0001$). Estos resultados concuerdan con los de Magaña (2010), donde encontró que la cocción o decocción es la forma más empleada para el consumo de las plantas medicinales, estudio realizado en comunidades Maya-Chontales del estado de Tabasco.

En lo que corresponde a las estructuras vegetales utilizadas, se encontró que el 47 % de las personas entrevistadas utilizan las hojas, le sigue con un 19 % las ramas, 15 % el tallo, 12 % las flores, 3 % los frutos, 3 % la corteza y el 1 % la pulpa. Se encontró diferencia significativa en las partes utilizadas de la planta por cada localidad (χ^2 cal = 124.903; gl = 6, $p \leq 0.0001$). Los resultados que se obtuvieron son similares a los de Zambrano-Intriago (2015) y Fernández-Cusimamani *et al.* (2019), al reportar que para el tratamiento de las enfermedades las hojas son las estructuras de la planta que más

se emplean en los remedios herbales, esto puede deberse a que la mayor parte de la síntesis química de la planta se lleva a cabo en las hojas, así mismo poseen un alto contenido de metabolitos secundarios y adicionalmente las hojas se pueden encontrar en mayor abundancia (Angulo *et al.*, 2012).

Se les preguntó a las personas sobre la frecuencia con la que consumen plantas medicinales, el 90 % respondió que las utilizan cuando se presenta el malestar o la enfermedad, además mencionaron que si la enfermedad es muy grave o no la pueden controlar es cuando acuden con el médico, de lo contrario prefieren hacer uso de las plantas medicinales por el acceso que tienen a ellas, esto demuestra que existe un alto grado de dependencia.

Por otra parte, se encontró que las plantas utilizadas por los habitantes el 47 % (24 especies) son extraídas del medio silvestre, el 40 % (21 especies) son cultivadas en los huertos familiares y el 13 % (7 especies) son compradas en los mercados. Esto evidencía que principalmente las plantas utilizadas son colectadas en el medio natural, hecho que puede causar pérdida de estos recursos.

A continuación, la información que se presenta está enfocada en la planta de toronjil. La (Figura 12) presenta la población encuestada que conoce, consume y que además tiene el toronjil en su casa, puede observarse que más del 50 % de los habitantes de las tres localidades si conocen esta especie, por arriba del 39 % lo ha consumido y más del 29 % lo tiene en casa, en las tres variables siempre destaca la localidad de San Juan Tenería ya que es quien más lo conoce, lo ha consumido y quien lo tiene en casa. Al realizar la prueba de comparación χ^2 se encontró diferencia significativa, lo que demuestra que las variables de estudio están significativamente asociadas, para quien lo conoce (χ^2 cal = 29.700; gl = 2, $p \leq 0.0001$); para quien lo ha consumido (χ^2 cal = 20.690; gl = 2, $p \leq 0.0001$) y para los que tienen la planta en casa (χ^2 cal = 29.700; gl = 2, $p \leq 0.0001$), respectivamente. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Hernández-Ramírez *et al.* (2022), donde encontraron que, en los municipios de Chilpancingo, Leonardo Bravo y General Heliodoro Castillo pertenecientes al estado de Guerrero también conocen el toronjil y lo consumen como planta medicinal, además de darle otros usos como artesanal y ornamental, por su parte Santillán Ramírez *et al.*

(2008) reportan que los habitantes del municipio de Temoaya, estado de México utilizan el toronjil morado (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) junto con el toronjil blanco (*Agastache mexicana* subsp. *xolocotziana*) como recurso terapéutico y ornamental, esto demuestra que existe un frecuente uso por el toronjil.

Al preguntar si la planta de toronjil es nativa de estas localidades o introducida, el mismo porcentaje de personas que dijo conocer la planta, menciono que no es nativa del lugar, comentaron que la han llevado de otros lugares como Puebla y estado de Morelos y entre familiares y vecinos se han compartido las plantas, es así como en la actualidad esta especie se puede observar en esta zona. De acuerdo con la prueba de χ^2 , se encontró diferencia significativa, lo que indica que dependiendo de localidad de estudio influye en el conocimiento de las personas sobre la introducción de la planta (χ^2 cal = 20.690; gl = 2, $p \leq 0.0001$).

Lo anterior concuerda con lo señalado por Cobos (2013), al mencionar que las comunidades tradicionales han contribuido al aumento de la biodiversidad al intercambiar especies vegetales de una región a las de otras zonas y han promovido aquellas especies que les resultan útiles para ellas, debido a esto, la biodiversidad además de ser un patrimonio natural también es cultural. Esto es lo que ocurre con la planta de toronjil la cual debido a sus propiedades medicinales y diversos usos las personas la han dispersado y adaptado a otros ambientes donde no crece de manera natural.

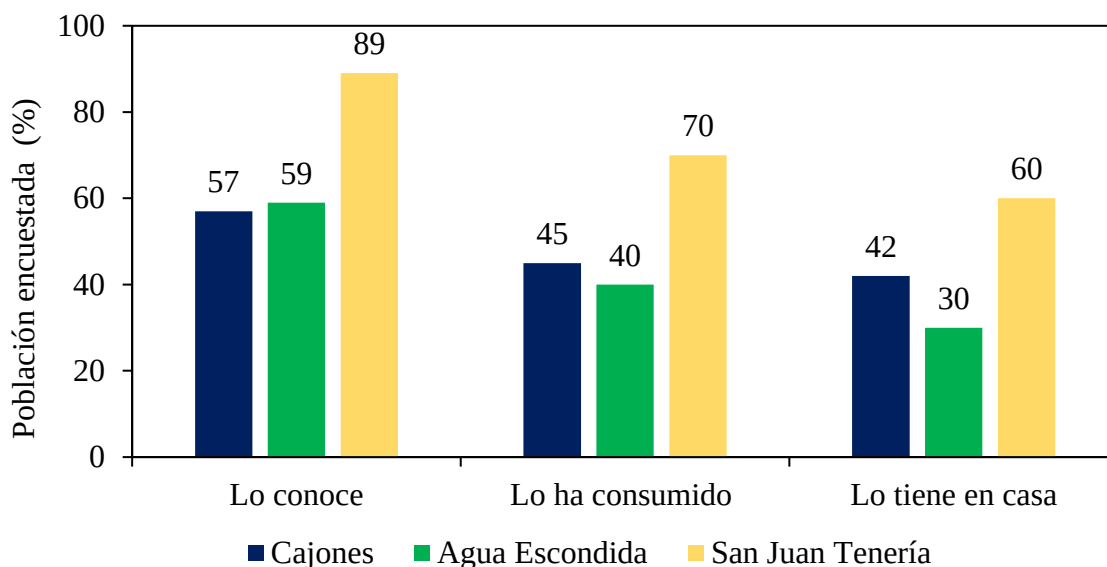


Figura 12. Población que conoce y consume el toronjil en las tres localidades de estudio de la sierra de Taxco, Guerrero, México.

En cuanto a las enfermedades o padecimientos que tratan con la planta de toronjil (Figura 13), se encontraron cuatro categorías, principalmente el toronjil es empleado para tratar dolores de estómago y/o cólicos, enseguida se encuentran los problemas relacionados con la tos, dolor de garganta y gripe, continúan los relacionados con los nervios y finalmente los que tienen que ver con filiación cultural como el susto. En la prueba de comparación χ^2 se encontró que existe diferencia significativa entre las variables evaluadas (χ^2 cal = 20.420; gl = 6, $p \leq 0.0001$). Estos resultados concuerdan con los que obtuvo Carrillo-Galván *et al.* (2020), donde encontraron que el 80 % de la población entrevistada combinan toronjil morado (*Agastache mexicana* subsp. *mexicana*) junto con el toronjil blanco (*Agastache mexicana* subsp. *xolocotziana*) para aliviar los problemas gastrointestinales, menstruales y para los nervios, a su vez Estrada-Reyes *et al.* (2014), señala que el toronjil morado es utilizado en la medicina tradicional mexicana para problemas de filiación cultural como “susto” o “espanto” y como inductor del sueño. En las investigaciones realizadas en *Agastache mexicana* se han aislado metabolitos secundarios como mentona, camfeno, β -pineno, limoneno, p-cimeno, citronelal y pulegona, los cuales tienen extensas actividades biológicas, entre ellas (carminativo, estomacal, antiespasmódico, antiinflamatorio, analgésico, aperitivo, antiséptico, expectorante y espasmolítico) (Reyes *et al.*, 2005), por su parte Estrada-

Reyes *et al.* (2014), en el extracto de *Agastache mexicana* identificaron el Acacetin-7- O-glucósido (7-ACAG), quien ha mostrado ser de utilidad para el tratamiento de la ansiedad o las condiciones postoperatorias causadas por neurocirugías (Gálvez *et al.*, 2015), estos estudios comprueban científicamente que los beneficios que brinda el toronjil se debe a los compuestos que se encuentran presentes.

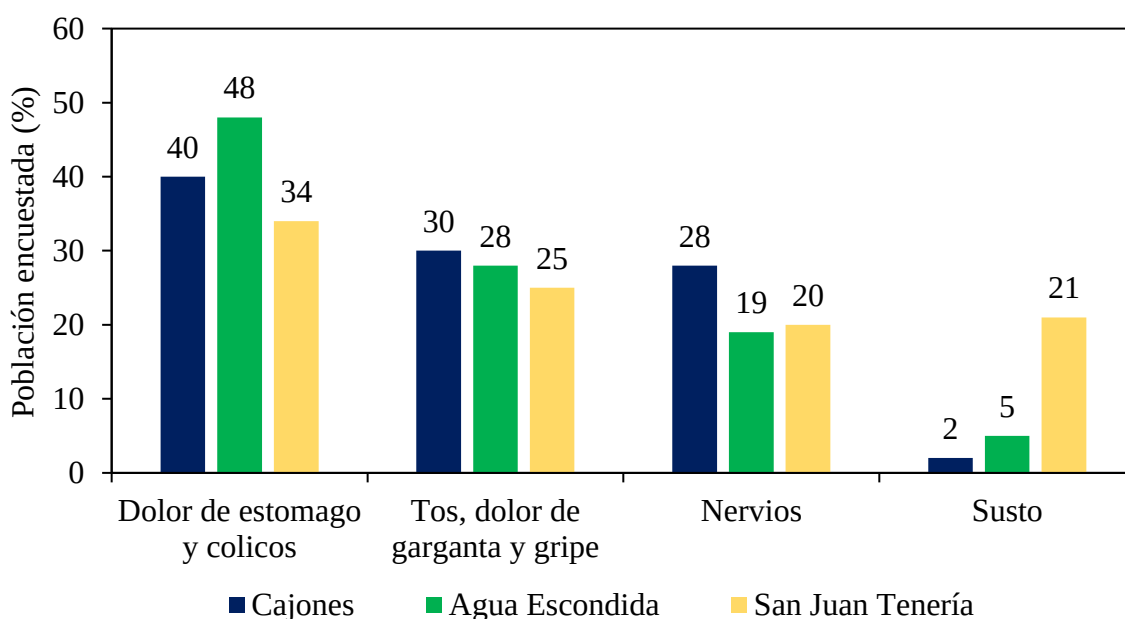


Figura 13. Padecimiento o síntomas que son tratados con la planta de toronjil por las tres localidades de estudio de la sierra de Taxco, Guerrero, México.

Referente a las partes utilizadas de la planta de acuerdo con los resultados, las hojas son principalmente las más utilizadas, le siguen las ramas, el tallo y la flor (Figura 14). A través de la prueba de χ^2 se encontró diferencia significativa en la importancia de las partes de la planta utilizadas por la localidad (χ^2 cal = 20.971; gl = 6, $p \leq 0.0002$). La preferencia de uso por las hojas puede estar relacionado con la disponibilidad del material vegetal, ya que la planta produce suficiente follaje, además como ya se ha mencionado anteriormente en las hojas es donde se realiza la mayoría de la síntesis química y donde hay mayor concentración de los metabolitos secundarios.

En la forma de preparación los entrevistados comentaron que consumen el toronjil hervido para té, el cual puede ser endulzado con azúcar o con miel, este último le da

un mejor sabor, así mismo mencionaron que lo hierven en agua y lo utilizan para bañar a aquellas personas enfermas de susto/espanto.

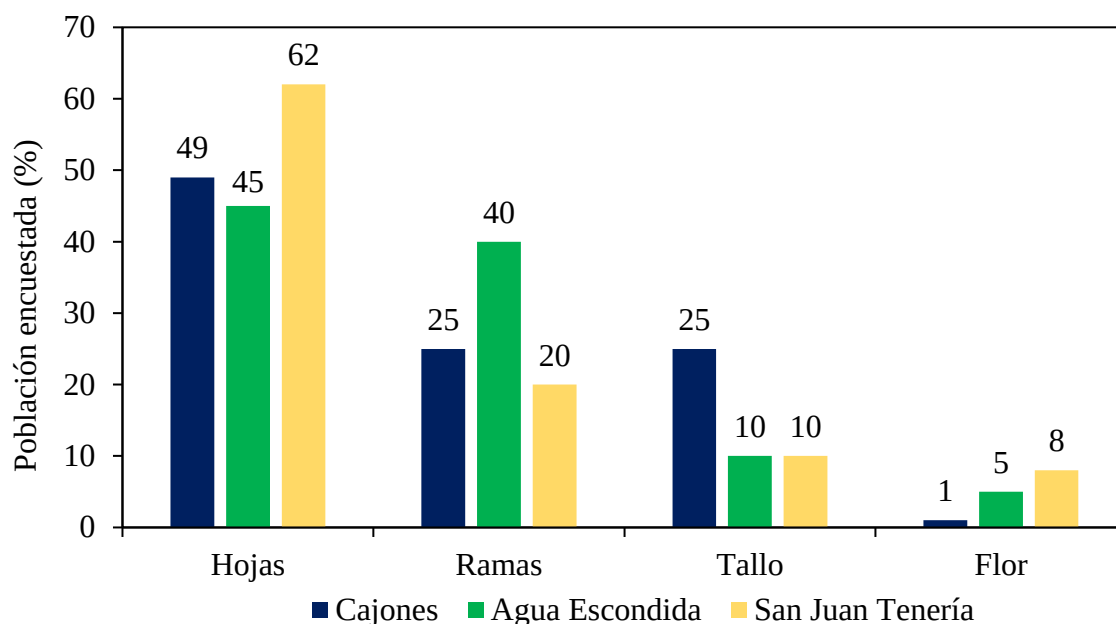


Figura 14. Partes de la planta de toronjil que son utilizadas por las personas de la sierra de Taxco, Guerrero, México.

A los habitantes de las tres localidades se les pregunto si estarían dispuestos a comprar la planta de toronjil en caso de que no la tuvieran, en los resultados se encontró que el 86 % si la comprarían, ya que brinda muchos beneficios para nuestra salud y solo el 14 % respondió que ellos no la comprarían ya que pueden adquirirla a través de familiares y amigos. Así mismo a las personas se les pregunto cuanto podrían pagar por la planta, de acuerdo con el valor de compra la localidad de Cajones es quien más la valora, ya que el 60 % está dispuesta a pagar entre 31 y 60 pesos por ella, luego le sigue la localidad de agua escondida con un 41 % con el mismo precio (Figura 15). En la prueba de comparación χ^2 se encontró diferencia significativa (χ^2 cal = 57.604; gl = 8, $p \leq 0.0001$), esto demuestra que el valor económico está asociado con la localidad de estudio. García *et al.* (2020), encontraron que el precio de venta de las plantas medicinales en la zona oriente del estado de México va de los 10 a 25 pesos el manojito, esto depende de la cantidad que contenga el manojito y de la

temporada. Con base a lo antes mencionado comprar una planta de toronjil entre 31-60 pesos es un precio accesible y sobre todo tiene mucha más ventaja porque la siembras en el huerto familiar, se sigue cosechando la parte que se utiliza y esta seguirá produciendo más materia vegetal.

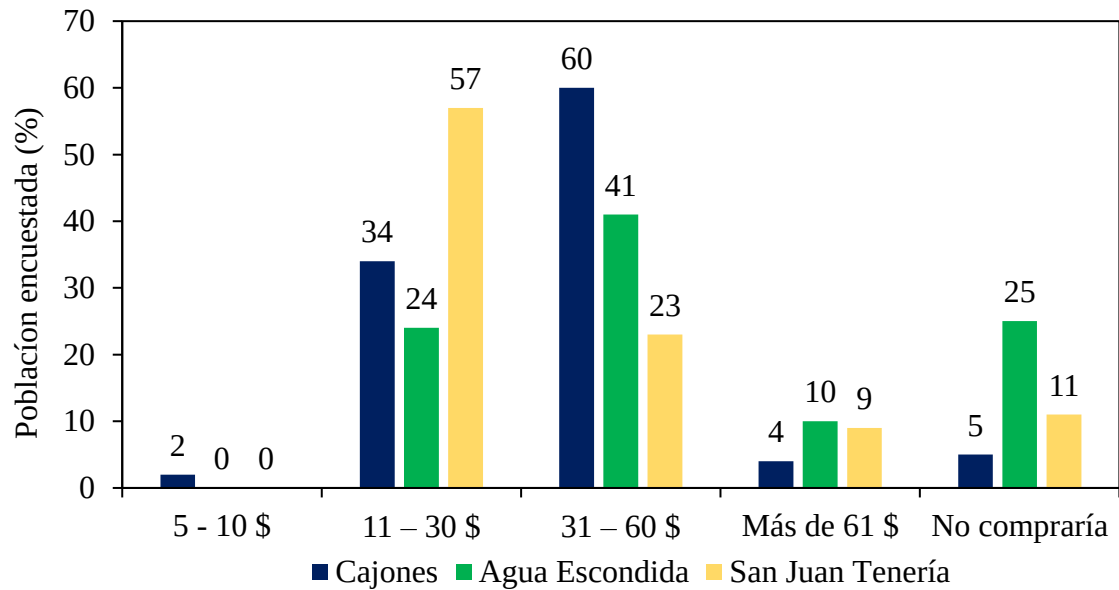


Figura 15. Valor económico que le dan al toronjil en las tres localidades de estudio de la sierra de Taxco, Guerrero, México.

Al platicar con la población entrevistada referente a los problemas de saqueo de las plantas medicinales de su ambiente natural como es el caso del toronjil y hacer de su conocimiento las consecuencias que conlleva esta actividad, se encontró que más del 90 % de las tres localidades muestran interés por llevar a cabo la preservación de la especie, una manera de como preservar los recursos naturales es dando un manejo sostenible, por lo que la población esta interesa en el cultivo y conservación, con la finalidad de seguir utilizando este valioso recurso sin ocasionar su disminución, además de que esta acción contribuye a mantener las posibilidades para satisfacer las necesidades de las generaciones tanto actuales como futuras (Figura 16).

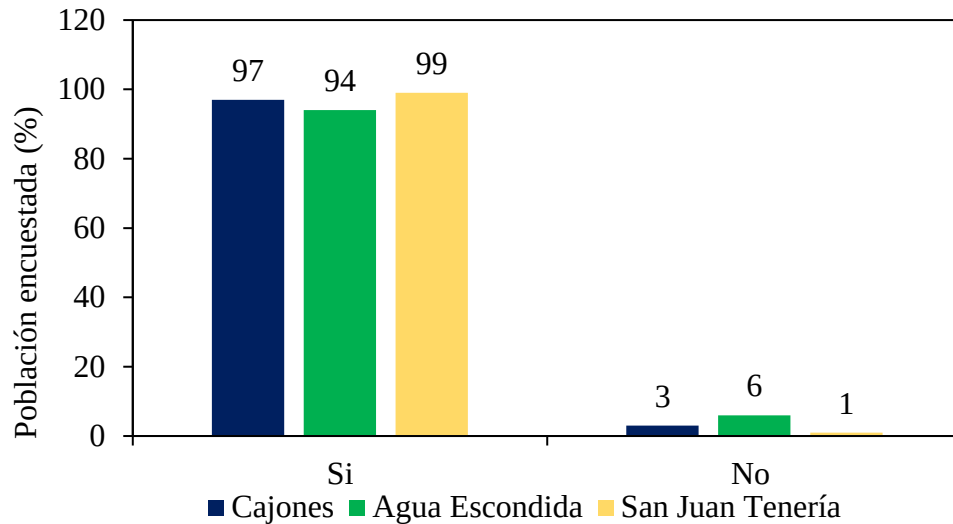


Figura 16. Interés de la población en la preservación del toronjil en las tres localidades de estudio de la sierra de Taxco, Guerrero, México.

Al platicar con la población entrevistada referente a los problemas de saqueo de las plantas medicinales de su ambiente natural como es el caso del toronjil y hacer de su conocimiento las consecuencias que conlleva esta actividad, se encontró que más del 90 % de las tres localidades muestran interés por llevar a cabo la preservación de la especie. Una manera de cómo preservar los recursos naturales es dando un manejo sostenible, por lo que la población esta interesa en el cultivo y conservación, con la finalidad de seguir utilizando este valioso recurso sin ocasionar su disminución, además de que esta acción contribuye a mantener las posibilidades para satisfacer las necesidades de las generaciones tanto actuales como futuras.

Finalmente, una vez recabada la información, en una segunda etapa se regresó a cada una de las localidades para llevar a cabo un curso-taller demostrativo, en el cual a los habitantes se les enseñó como reproducir las diferentes plantas medicinales que utilizan, principalmente el toronjil que es la que mayormente presenta problemas de saqueo en comunidades donde se encuentra. En este taller se explicó cómo se deben nutrir las plantas utilizando tanto fertilizantes químicos como orgánicos, los nutrientes que aportan y cómo funcionan en la fisiología de las plantas, se hicieron recomendaciones de la cantidad que se debe de aplicar de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encuentren, los riegos que se deben aplicar, el tipo de sustrato

que se debe utilizar para el buen desarrollo de las plantas, como combatir las plagas y enfermedades que pudieran presentarse. Para el caso del toronjil se habló sobre los compuestos que contiene y que respaldan de manera científica las propiedades que nos brinda. Este conocimiento sobre el manejo agronómico que fue compartido con las personas es producto de la experiencia que se ha adquirido con algunos cultivos que se han venido trabajando anteriormente, como es el caso de la planta de toronjil que actualmente está siendo investigada y el trabajo experimental está a cargo de su servidora. El curso-taller fue muy provechoso tanto para los habitantes de estas localidades como para nosotros, pues hubo una interacción con las personas en donde también ellos nos compartieron sus conocimientos que han adquirido a lo largo del tiempo con las plantas medicinales, por ejemplo, en la forma de como nutren sus plantas comentaron que utilizan abonos que ellos mismos producen en el lugar donde viven, lo que hacen es mezclar el estiércol de la vaca o caballo junto con la hojarasca y residuos de frutas, una vez que estos materiales se han desintegrado es cuando aplican a las plantas, en la forma de reproducción puede variar pues hay algunas en donde utilizan la semilla, en otras cortan un trozo de tallo o rama y lo siembran, en otras son los hijuelos, así es como lo describen. Al finalizar el taller a las personas que asistieron se les hizo entrega de cinco macetas de toronjil por persona, esto con la finalidad de que las sembraran en sus huertos y las siguieran reproduciendo para incrementar la población de la especie.

7.5. Conclusiones

En las localidades de estudio se encontró que existe un importante conocimiento sobre el uso de las plantas medicinales, los habitantes al ser de escasos recursos económicos y estar alejados de la ciudad hace que este valioso recurso que son las plantas medicinales sean una alternativa para el tratamiento a sus malestares o enfermedades. Se documentaron 26 familias botánicas entre las que sobresale la familia Lamiaceae (12 especies), el (39 %) de las plantas reportadas son usadas para los problemas gastrointestinales siendo el que con más frecuencia se presenta, en segundo lugar, están los problemas respiratorios, la forma de uso común es en decocción utilizando mayormente las hojas, las plantas utilizadas provienen principalmente del medio silvestre (47 %).

Se pudo identificar que los habitantes de las tres localidades sí conocen el toronjil, lo han consumido y que además lo tienen en casa, destacando la localidad de San Juan Tenería para las tres variables. El toronjil se utiliza principalmente para el dolor de estómago y/o cólicos, enseguida para problemas respiratorios, nervios y para filiación cultura, la forma de consumo es en cocción para té utilizando mayormente las hojas. Se encontró que el (90 %) de la población muestra interés por la preservación de la especie, debido a esto una estrategia para el manejo sostenible tanto del toronjil como de aquellas plantas que son extraídas del medio natural es su establecimiento en los huertos familiares.

La finalidad de esta investigación fue contribuir con la preservación del conocimiento de las plantas medicinales y al mismo tiempo promover la participación de la población en la protección y conservación de las especies, en especial aquellas se encuentran amenazadas o en peligro, debido a la sobreexplotación y deterioro de su hábitat, tal es el caso de *Agastache mexicana* subsp. *mexicana*.

7.6. Referencias

- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en tabasco*, 11(1-2), 333-338. <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Akram, M., Riaz, M., Noreen, S., Shariati, M. A., Shaheen, G., Akhter, N., ... & Zainab, R. (2020). Therapeutic potential of medicinal plants for the management of scabies. *Dermatologic Therapy*, 33(1), e13186. <https://doi.org/10.1111/dth.13186>
- Angulo, A. F., Rosero, R. A., & González Insuasti, M. S. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, Municipio de Pasto, Colombia. *Universidad y Salud*, 14(2), 168-185. <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v14n2/v14n2a07.pdf>
- Ávila-Uribe, M. M., García-Zárate, S. N., Sepúlveda-Barrera, A. S., & Godínez-Rodríguez, M. A. (2016). Plantas medicinales en dos poblados del municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México. *Polibotánica*, (42), 215-245. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.42.11>
- Bermúdez, A., Oliveira-Miranda, M. A., & Velázquez, D. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia*, 30(8), 453-459.
- Carrillo-Galván, G., Bye, R., Eguiarte, L. E., Cristians, S., Pérez-López, P., Vergara-Silva, F., & Luna-Cavazos, M. (2020). Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: Agastache (Lamiaceae)—an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00368-2>
- Cobos, A. V. (2013). Conservación y uso de plantas medicinales: el caso de la región de la Mixteca Alta Oaxaqueña, México. *Ambiente y Desarrollo*, 17(33), 87-99. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/7044/5608>
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2022). Medición de la pobreza. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2022.aspx (Consultado: agosto 2023).
- De Blas, I. (2006). Software winEpi Facultad de Veterinaria (p.). <http://www.winepi.net/> (consultado: julio 2023).
- Estrada-Reyes, R., López-Rubalcava, C., Ferreyra-Cruz, O. A., Dorantes-Barrón, A. M., Heinze, G., Aguilar, J. M., & Martínez-Vázquez, M. (2014). Central nervous system effects and chemical composition of two subspecies of Agastache mexicana; an ethnomedicine of Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(1), 98-110. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.12.057>

- Fernández-Cusimamani, E., Espinel-Jara, V., Gordillo-Alarcón, S., Castillo-Andrade, R., Žiarovská, J., & Zepeda-Del Valle, J. M. (2019). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas en tres cantones de la provincia Imbabura, Ecuador. *Agrociencia*, 53(5), 797-810. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1844/1841>
- Galvez, J., Estrada-Reyes, R., Benítez-King, G., Araujo, G., Orozco, S., Fernandez-Mas, R., ... & Calixto, E. (2015). Involvement of the GABAergic system in the neuroprotective and sedative effects of acacetin 7-O-glucoside in rodents. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 33(5), 683-700. DOI: 10.3233/RNN-140486
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- García, G. G., Ayala, E. E., García, P. A. H., Silva, T. B. P., & Molina, O. M. (2020). Conocimiento y práctica de la herbolaria en el estado de México, pautas hacia la sustentabilidad. *Agrociencia*, 54(8), 1043-1058. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/2301>
- Hernández-Ramírez, U., Trujillo-Nájera, M., Romero-Rosales, T., Huicochea Moctezuma, A., Adame Zambrano, T. D. J., & Gruintal-Santos, M. A. (2022). Percepción local de los usos y situación ambiental y económica del toronjil (Lamiaceae) en tres comunidades del estado de Guerrero, México. *Polibotánica*, (54), 257-269. <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/1002/1286>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Datos_abiertos (Consultado: abril 2023).
- Jiménez González, A., Mora Zamora, K. J., Rosete Blandariz, S., & Cabrera Verdesoto, C. A. (2021). Utilización de plantas medicinales en cuatro localidades de la zona sur de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 8(2). <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v8n2/2477-8850-siembra-08-02-03223.pdf>
- Lot A. y Chiang F. Comps. 1986. Manual de Herbario. Administración y Manejo de Colecciones, Técnicas de Recolección y Preparación de Ejemplares Botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México A.C., México, D.F.
- Magaña Alejandro, M. A., Gama Campillo, L. M., & Mariaca Méndez, R. (2010). El uso de las plantas medicinales en las comunidades Maya-Chontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Polibotánica*, (29), 213-262. <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n29/n29a11.pdf>
- Maldonado, C., Paniagua-Zambrana, N., Bussmann, R. W., Zenteno-Ruiz, F. S., & Fuentes, A. F. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-

- 19). *Ecología en Bolivia*, 55(1), 1-5.
http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v55n1/v55n1_a01.pdf
- Martínez Miguelez, M. (1998). La investigación cualitativa etnográfica en educación. *México: Trillas*.
<https://profeinfo.files.wordpress.com/2020/06/investigacion-cualitativa-etnografica-martinez.pdf>
- Reyes, R. S., Rojas, I., Arvizu, G., Muñoz, D., Pérez, D., & Sucilla, M. (2005). Caracterización del potencial fitotóxico de *Agastache mexicana* (kunth.) Lint et Epling. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar*, (4), 2.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2986683.pdf>
- Santillán-Ramírez, M. A., López-Villafranco, M. E., Aguilar-Rodríguez, S., & Aguilar-Contreras, A. (2008). Estudio etnobotánico, arquitectura foliar y anatomía vegetativa de *Agastache mexicana* ssp. *mexicana* y *A. mexicana* ssp. *xolocotziana*. *Revista mexicana de biodiversidad*, 79(2), 513-524.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v79n2/v79n2a24.pdf>
- Sotelo-Leyva, C., Tagle-Emigdio, L.J., Aniceto-Teofilo, C., Galeana-Hernández, J., Condori-Cordero, S., Flores-Blanco, G. and Salinas-Sánchez, D.O., 2022. Estudio etnofarmacológico y fitoquímico de las plantas medicinales de mayor uso en Julián Blanco, Guerrero, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 8(1).
<https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081012>
- Thompson, E. (1992). Wiley Series en probabily and statistics (Vol. 1).
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). (2009). Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana.
<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/> (Consultado: julio 2023).
- Zambrano-Intriago, L. F., Buenaño-Allauca, M. P., Mancera-Rodríguez, N. J., & Jiménez-Romero, E. (2015). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas por los habitantes del área rural de la Parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador. *Universidad y Salud*, 17(1), 97-111.
- Zhang, Y., Long, Y., Yu, S., Li, D., Yang, M., Guan, Y., ... & Peng, W. (2021). Natural volatile oils derived from herbal medicines: a promising therapy way for treating depressive disorder. *Pharmacological research*, 164, 105376.
<https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.105376>