



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**USO, MANEJO Y CALIDAD NUTRITIVA DE AMARANTO COMO
VERDURA EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA**

GUADALUPE SALVADOR MARTÍNEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA
2018



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Guadalupe Salvador Martínez**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del **Dr. Enrique Ortiz Torres**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **USO, MANEJO Y CALIDAD NUTRITIVA DE AMARANTO COMO VERDURA EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA, MÉXICO** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 25 de septiembre del 2018.

Guadalupe Salvador Martínez

Nombre completo y Firma

Dr. Enrique Ortiz Torres

Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis
Nombre completo y Firma

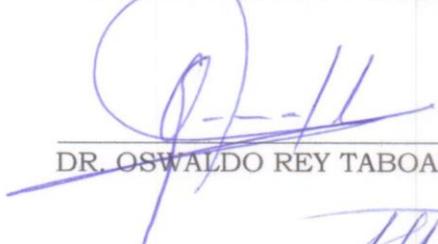
La presente tesis titulada "**Uso, manejo y calidad nutritiva de amaranto como verdura en la Sierra Norte de Puebla**", realizada por la alumna **Guadalupe Salvador Martínez**; bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
PARA EL DESARROLLO AGRICOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. ENRIQUE ORTIZ TORRES

ASESOR: 
DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR: 
DR. OSWALDO REY TABOADA GAYTÁN

ASESOR: 
DR. JOSÉ ANDRÉS HERRERA CORREDOR

Puebla, Puebla, México, 25 de septiembre de 2018

USO, MANEJO Y CALIDAD NUTRITIVA DE AMARANTO COMO VERDURA EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

Guadalupe Salvador Martínez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2018

El estudio se dividió en tres fases con los objetivos siguientes a) coleccionar amaranto en Zapotitlán de Méndez, Puebla; b) evaluar la calidad nutritiva de 43 genotipos de amaranto clasificados por tipo de uso (verdura, grano), especies (*A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y *A. hybridus*) y dentro de especies, y c) describir el cultivo y la preferencia de compra y consumo de amaranto como verdura en Zapotitlán de Méndez, Puebla. Entre septiembre de 2015 a mayo de 2016 en Zapotitlán de Méndez, Puebla se colectó semilla de amaranto. En la segunda fase el ensayo se sembró el 22 de septiembre de 2016 bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones y a los 40 días se cosecharon y se realizó un análisis proximal. Finalmente se realizó una encuesta a 90 consumidores y 25 productores de amaranto en Zapotitlán de Méndez, en la que se utilizó la entrevista personal con base en un cuestionario.

En los análisis de laboratorio mostró que no hubo diferencias ($P \geq 0.05$) entre los tipos de los usos de grano y verdura en casi todas las variables medidas excepto en fibra detergente ácido y Peso total de planta, por lo que se infiere que todas las poblaciones de amaranto estudiadas tienen similar calidad nutricional de planta. Referente a preferencias se encontró que los productores cultivan amaranto con frecuencia. Por ser de fácil producción, por la demanda constante y porque la pueden vender en mercados locales. El carácter que tiene una mayor demanda en el mercado es la planta de color verde. Los consumidores tienen cultura de consumo y es local reflejado por la frecuencia de consumo (43% lo consume una vez por semana) y prefieren plantas de color verde (78%), con tamaño de entre 15-20 cm (71%), tiernas (50%) y recién cortadas (25%).

Palabras clave: *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hybridus*

USO, MANEJO Y CALIDAD NUTRITIVA DE AMARANTO COMO VERDURA EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

Guadalupe Salvador Martínez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2018

The study was divided into three phases with the following objectives: a) to collect amaranth in Zapotitlán de Méndez, Puebla; b) evaluate the nutritional quality of 43 amaranth genotypes classified by type of use (vegetable, grain), species (*A. hypochondriacus*, *A. cruentus* and *A. hybridus*) and within species, and c) describe the crop and the preference of purchase and consumption of amaranth as a vegetable in Zapotitlán de Méndez, Puebla. Between September 2015 and May 2016 in Zapotitlán de Méndez, Puebla, amaranth seed was collected. In the second phase, the trial was planted on September 22, 2016 under a randomized block design with two replications and at 40 days were harvested and a proximal analysis was performed. Finally, a survey was conducted on 90 consumers and 25 amaranth producers in Zapotitlán de Méndez, where the personal interview was used based on a questionnaire.

In the laboratory analyzes, there was no difference ($P \geq 0.05$) between the types of grain and vegetable uses in almost all the variables measured except acid detergent fiber and total plant weight, so it is inferred that all Amaranth populations studied have similar plant nutritional quality. Regarding preferences, it was found that producers grow amaranth frequently. Because it is easy to produce, because of constant demand and because it can be sold in local markets. The character that has the greatest demand in the market is the green plant. Consumers have a culture of consumption and it is local reflected by the frequency of consumption (43% consumes it once a week) and they prefer green plants (78%), with size between 15-20 cm (71%), tender (50%) and freshly cut (25%).

Key words: *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hybridus*

DEDICATORIA

A **Dios** por la oportunidad que me ha dado, ¡Gracias!

Dedico esta tesis con especial cariño a mis padres: **Rafael Salvador Sandoval e Irene Martínez Rodríguez**, por su apoyo en este proyecto.

A mis hermanos: **Cecilia, José, Miguel y Jovita**, que siempre han estado conmigo en todo momento.

A mi amiga **Cecilia V.** por estar siempre conmigo y apoyarme.

A **Dios**, por permitirme conocer cosas nuevas.

AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de Postgraduados Campus Puebla**, por el apoyo recibido para realizar la Maestría en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, por permitirme trabajar en las instalaciones del laboratorio para realizar la tesis.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca brindada para la maestría

Al **Dr. Carlos Alberto Gómez Aldapa** de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, especialmente al área de Química.

A la **M. en C. Zaira** por apoyarme y asesorarme en el área de laboratorio.

A mi director de tesis **Dr. Enrique Ortiz Torres** por sus enseñanzas y paciencia en todo este proceso, con su ayuda todo esto fue posible.

A los Dres. Que conformaron mi **Consejo Particular**, por a ver aceptado formar parte de este proyecto largo.

A los encargados de los trámites para hacer más rápido el proceso de titulación: **Alma, Karina, Esquivel.**

A los productores de amaranto como verdura de las comunidades del **Municipio de Zapotitlán de Méndez de la Sierra Norte de Puebla.**

A la gente que nos proporcionó las entrevistas de **Zapotitlán, Tuxtla y Nanacatlán.**

ÍNDICE

ÍNDICE	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de investigación.....	2
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Usos y calidad nutricional del amaranto.....	6
2.2 Utilización del amaranto como verdura.....	6
2.3 Calidad nutricional del amaranto.....	9
2.4 El amaranto en la Sierra Norte de Puebla.....	18
2.5 Calidad de planta para verdura.....	20
2.6 Sitio de estudio.....	22
2.6.1 Ubicación y características del Municipio de Zapotitlán de Méndez.....	22
III MATERIALES Y METODOS	23
3.1 Colecta de semillas de amaranto para verdura.....	24
3.2 Calidad nutritiva de las especies y variedades de estudio	25
3.2.1 Genotipos.....	25
3.2.2 Sitio de siembra.....	27
3.2.3 Parcela experimental.....	27
3.2.4 Siembra.....	27

3. 2.5 Cosecha.....	28
3.2.6 Variables de estudio	28
3.2.7 Análisis estadístico.....	30
3.3 Preferencias de los consumidores y productores de amaranto para verdura.....	32
3.3.1 Tamaño de muestra.....	33
3.3.2 Diseño de cuestionario.....	33
3.3.3 Variables de estudio.....	34
3.3.4 Análisis de preferencias.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 Colecta de semillas de amaranto como verdura.....	35
4.1.1 Características de la planta.....	35
4.1.2 Uso y manejo del amaranto por los productores.....	37
4.2 Calidad nutritiva de las especies y variedades de estudio.....	40
4.2. 1 Medias por uso.....	41
4.2.2 Medias por especie.....	42
4. 2.3 Medias por tratamiento.....	43
4.2.4 Análisis de componentes principales.....	52
4.2.5 Análisis de conglomerados.....	53
4.3 Preferencia de productores y consumidores de amaranto como verdura.....	57
4.3.1 Preferencias de los productores.....	57
4.3.2 Preferencias de los consumidores.....	59
V. DISCUSIÓN	65
5.1 Preferencias de los productores.....	69
5.2. Preferencias de los consumidores.....	70

VI. CONCLUSIONES.....71

VII. LITERATURA CITADA73

ANEXOS.....80

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clave, especie, tipo de material y uso de los genotipos de amaranto evaluados.....	26
Cuadro 2. Especie y características de planta y panoja de las colectas de amaranto para verdura de Zapotitlán de Méndez evaluadas en Moyotzingo, Puebla. 2016.....	36
Cuadro 3. Valores máximo, mínimo y promedio de las variables evaluadas en accesiones de dos especies de amaranto para verdura de Zapotitlán. Moyotzingo, Puebla, 2016.....	37
Cuadro 4. Cuadrados medios del Uso, Especie y Tratamiento de las variables evaluadas en poblaciones y variedades de amaranto. Zapotitlán de Méndez, Puebla, 2016.....	40
Cuadro 5. Promedios de diez variables del análisis proximal en plántulas de amaranto con uso como verdura o producción de grano evaluadas en Zapotitlán de Méndez Puebla, México. 2016.....	41
Cuadro 6. Medias de diez variables de análisis proximal de cuatro especies de amaranto evaluadas en Zapotitlán de Méndez, Puebla, México en 2016.....	42

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación del área de estudio, Zapotitlán de Méndez en la Sierra Norte de Puebla, México.....23
- Figura 2.** Dendograma de Análisis proximales de Amaranto (*Amaranthus spp.*) para grano y verdura de Valles altos y Sierra Norte de Puebla, México, con base en el promedio de diez variables y agrupamiento a una distancia de 0.4.....55

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario usado en las entrevistas de preferencias de siembra y venta en productores de amaranto verdura en Zapotitlán de Méndez, de la Sierra Norte de Puebla.....	80
Anexo 2. Cuestionario usado en las preferencias de consumo de amaranto como verdura en mercados locales de Zapotitlán de Méndez de la Sierra Norte de Puebla.....	84
Anexo 3. Colores de amaranto como verdura para preferencia de productores y consumidores de Zapotitlán de Méndez de la Sierra Norte de Puebla.....	89

INTRODUCCIÓN

El género *Amaranthus* L. cuenta con cerca de 70 especies, de las cuales 40 son de América (Costea *et al.*, 2001). El amaranto es un cultivo originario de México, fue cultivado por las antiguas civilizaciones Mesoamericanas y ha estado bajo cultivo entre 5000 a 7000 años (Kauffman, 1992, Mapes 2012). El amaranto se considera de gran importancia en la agricultura y alimentación del mundo debido a su alto contenido de proteínas y balance adecuado de aminoácidos esenciales (Morales *et al.*, 2014); a su alto contenido de minerales (hierro, calcio) y niveles importantes de vitaminas (caroteno β , vitamina C y ácido fólico) (Joshi *et al.*, 2011).

Actualmente el amaranto para producción de grano se localiza en pequeñas superficies en los estados de Guerrero, Morelos, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Nayarit, Veracruz y el Distrito Federal; y a nivel de huerto familiar, en la zona serrana de Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Durango (Alejandre-Iturbide *et al.*, 1987).

En el estado de Puebla la mayor superficie sembrada con amaranto para grano se encuentra en el municipio de Tochimilco (SIAP, 2012).

Además de la producción de grano, el amaranto se ha utilizado como verdura, forraje, colorante y especie ornamental. Las especies que se han utilizado como grano son *Amaranthus hypochondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus* (Espitia *et al.*, 2010). En diversas regiones de México y del mundo se consumen las plantas jóvenes y tallos tiernos como verdura (Brenner *et al.*, 2000; Das, 2016). En México, se usa como verdura las planta jóvenes de las especies: *A. hybridus* L., *A. retroflexus* L., *A. palmeri* S. Wats., *A. powellii* S. Watz., *A. dubius* y *A. spinosus* L. (Mapes *et al.*, 2012).

La planta de amaranto presenta diversas ventajas para su producción y consumo como verdura. El perfil nutricional de la planta de amaranto se compara con el de la espinaca (Morales *et al.* 2014; Molina *et al.*, 2015). La planta es altamente nutritiva en fibra y minerales; las hojas contienen altos porcentajes de calcio, hierro, fósforo y magnesio, ácido ascórbico, vitamina A y fibra (Brenner *et al.*, 2000; Das, 2016). Se considera resistente a factores adversos como altas temperaturas y sequía, y de bajo requerimiento de agua (Barrales *et al.*, 2010). También es de rápido crecimiento debido a que a los 40 días después de la siembra se pueden aprovechar las plantas como verdura, con la ventaja adicional de que los costos de producción son bajos. Por estas razones se ha recomendado por su fácil producción y alta calidad nutricional para sitios de bajos ingresos económicos y con deficiencias nutrimentales (Achigan-Dako *et al.*, 2014).

En México los amarantos consumidos como verdura se conocen como "quintoniles" y muchas de las especies son arvenses que se encuentran en los campos de cultivo o en sitios con vegetación perturbada (Mapes *et al.*, 2012b). Una de las regiones en México en donde existe una importante cultura de consumo de quintoniles es la Sierra Norte de Puebla, en donde la utilización y el manejo de los amarantos tienen lugar dentro de una enorme variedad de condiciones ambientales, biológicas y culturales (Mapes *et al.*, 1997; Mapes *et al.*, 2012b y Mapes *et al.*, 2013). A pesar de que existe en México diversas especies de amaranto que son consumidas como verdura, la calidad como verdura aún no se ha evaluado completamente.

1.1 Problema de investigación

A pesar de que en México se cuenta con una amplia diversidad genética de amaranto y la cultura del consumo de amaranto como verdura entre parte de la población, no se tiene un estudio que determina la calidad nutrimental de las diferentes especies de amaranto, tanto cultivados,

semicultivados y de recolección, que existen en el país. Un estudio enfocado a precisar la calidad nutricional de las diferentes especies aprovechadas para la producción de verdura, podría dirigir la investigación con fines de selección de las especies con mayores contenidos de nutrientes en un programa de mejoramiento e incrementar los beneficios del cultivo y consumo de amaranto con este propósito entre la población. Adicionalmente, los genotipos con una mayor calidad nutrimental pueden emplearse en programas alimentarios como alimentos de bajo costo y alta calidad nutrimental para coadyuvar a solucionar la desnutrición y obesidad que existe en el país.

Por otro lado, aunque se tiene tradición en el consumo de diferentes especies como verdura no se cuenta con un estudio de las presencias de consumo de amaranto como verdura en México. Contar con un estudio de preferencias de consumo podría ayudar a la selección de los genotipos de amaranto con las características que más agraden al productor y que pueda aumentar su consumo, así como evitar características indeseables que considere el consumidor en la planta de amaranto.

Por tanto, las preguntas de la presente investigación son:

¿Hay diferencias en la calidad nutritiva de la planta entre las diferentes especies y poblaciones de amaranto utilizadas como verdura?, ¿Cómo se maneja el cultivo de amaranto como verdura en Zapotitlán de Méndez, Puebla? y ¿Por qué la gente compra y consume amaranto para verdura en Zapotitlán de Méndez, Puebla? El resultado de esta investigación contribuirá a tener un diagnóstico de la situación actual en cuanto a la calidad nutricional de las especies utilizadas como verdura en el lugar de estudio; al mismo tiempo, nos permitirá conocer el uso y manejo del cultivo y los factores que determinan la preferencia de consumo de amaranto como verdura.

1.2 Hipótesis

1. Existen diferencias en la calidad nutricional de la planta de las diferentes especies de amaranto destinadas a la producción de grano o de verdura en Zapotitlán de Méndez, Puebla.
2. Las características morfológicas de la planta determinan las preferencias entre los productores y consumidores de amaranto para verdura en los mercados de la Sierra Norte de Puebla.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad nutritiva de las plantas de amaranto usadas como verdura en una muestra de las poblaciones de Zapotitlán de Méndez en la Sierra Norte de Puebla y de las variedades empleadas para la producción de grano en los Valles Altos de Puebla y determinar las preferencias entre los productores y consumidores de amaranto para este fin.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la calidad nutritiva de poblaciones de amaranto como verdura colectadas en el municipio de Zapotitlán de Méndez, Pue. junto con variedades utilizadas para la producción de grano en los Valles Altos del estado.
2. Describir el manejo y uso del amaranto usado como verdura y conocido localmente como quintoniles en el municipio de Zapotitlán de Méndez, Puebla.
3. Conocer las características morfológicas que determinan la preferencia tanto de los productores como de los consumidores de amaranto como verdura en el municipio de Zapotitlán de Méndez Puebla.

II REVISIÓN DE LITERATURA

El género *Amaranthus* incluye aproximadamente 70 especies, de las cuales 40 son nativas de América y el resto tiene su origen en Australia, África, Asia y Europa (Costea *et al.*, 2001). Jacobsen y Mújica (2001) estiman que existen 87 especies de amaranto, de las cuales 17 están en Europa, 14 en Australia y 56 en América. El amaranto es una planta herbácea anual que puede alcanzar de 0.5 a 3 metros de altura; posee hojas anchas y abundantes de color brillante, espigas y flores purpuras, naranjas, rojas y doradas (Molina *et al.*, 2015).

El amaranto fue cultivado por las antiguas civilizaciones Mesoamericanas y ha estado bajo cultivo desde hace 5000 a 7000 años (Kauffman, 1992). La amplia diversidad morfológica de este cultivo en México, particularmente en aquellas especies utilizadas para la producción de grano, ha sido evidenciada por diversos investigadores (De la O *et al.*, 2012; Ruiz *et al.*, 2013); lo mismo ha ocurrido en las especies usadas para la obtención de verdura (Mapes *et al.*, 2013).

La planta de amaranto presenta diversas ventajas para la producción, pues tiene amplia adaptación a las condiciones climáticas de México y se considera resistente a factores adversos como alta temperatura y sequía (Reyna, 1991) y es de bajo requerimiento de agua (Barrales *et al.*, 2010).

Las especies más importantes reportadas para la producción de amaranto de grano son *A. cruentus*, *A. hypochondriacus* y *A. caudatus* (Espitia *et al.*, 2010). Las especies que se encuentran y cultivan en México son *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*; dentro de ellas se observan una gran variedad de colores en la hoja, tallo y panícula (Espitia *et al.*, 2010). El amaranto para grano es cultivado en pequeñas superficies en los estados de Guerrero, Morelos, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Nayarit, Veracruz y el Distrito Federal; y a nivel de huerto familiar, en la zona serrana de Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Durango (Espitia *et al.*, 2010). En el estado de Puebla la mayor superficie sembrada con amaranto para grano se encuentra en el municipio de Tochimilco (SIAP,

2012). Además del uso como grano también se consume como verdura. En México Mapes, *et al.*, (1997) reportaron que las especies *A. hypocondriacus* L. raza mixteco, *A. cruentus* L. razas mexicano y africano, y *A. hybridus* L. son utilizados como verdura.

2.1. Usos y calidad nutricional del amaranto

2. 1. 1 Utilización del amaranto como verdura

Se han reportado diversos usos para el amaranto, pues se utiliza como grano, verdura, forraje, colorante y ornamental (Brenner *et al.*, 2001; Espitia *et al.*, 2010; Morales *et al.*, 2014); sin embargo, en ocasiones también se le considera una maleza (Das, 2016).

Becerra (2000) señala que los amarantos son generalmente malezas, plantas no cultivadas que dedican gran parte de su energía a la producción de follaje, son de menor tamaño que las cultivadas y presentan flores y fruto pequeños de color oscuro. Los principales especies son: *A. viridis*, *A. spinosus*, *A. retroflexus*, y *A. hybridus*. Las plantas de *A. retroflexus* son consideradas una de las peores malezas del mundo (NRC, 1984). Con frecuencia se producen como plagas en pastos, cultivos, a lo largo de los caminos, en áreas no sombreadas, en competencia con otras hierbas y pastos. Se tienen reportes de que las plantas de amaranto para verdura se recogen generalmente frescas, se usan verdes en ensaladas o blanqueadas, cocidas al vapor, hervidas, revueltas, fritas o cocidas al gusto. Las verduras cocidas pueden servirse como plato de acompañamiento, en sopas, como ingrediente en los alimentos para bebés, lasañas, pastas, pastel, soufflé, etc. (Mlakar, 2010). En numerosas regiones de México y del mundo se consumen las plantas jóvenes y tallos tiernos como verdura. Los amarantos usados como vegetales son generalmente de hoja suave, con un hábito de crecimiento indeterminado que produce nuevo crecimiento axilar succulento lo que permite la realización de varios cortes (Stallknecht y Schulz-Schaeffer, 1993).

La planta de amaranto presenta diversas ventajas para su producción y consumo como verdura. El amaranto verdura ha sido considerado nutritivo por su contenido de proteína, minerales y fibra (Das, 2016). Además, se considera resistente a factores adversos como temperaturas elevadas y sequía, de bajo requerimiento de agua (Barrales *et al.*, 2010). Es un cultivo de rápido aprovechamiento debido a que a los 40 días después de la siembra se puede tener producción. Debido a que sus costos de producción son bajos se ha recomendado por su fácil producción y alta calidad nutricional para sitios de bajos ingresos económicos y con deficiencias nutrimentales (Achigan-Dako *et al.*, 2014).

En el mundo diversas especies de amaranto como *A. tricolor* L., *A. blitum* L., *A. dubius* L., *A. cruentus*, y *A. viridis* L. son cultivadas y usadas como verdura (Das, 2016). El uso como verdura es común en regiones húmedas y calientes del sureste de Asia, África, sureste de China, India y las Islas Caribe; las especies más utilizadas para este fin son *A. tricolor* L., *A. blitum* L., *A. dubius* L. (Das 2016). También, hay reportes del uso como cultivo o recolección de *A. hypochondriacus*, *A. hybridus*, *A. thunbergii* (Brenner *et al.*, 2000).

En las últimas décadas el cultivo de amaranto se ha difundido de manera exponencial en varios países del mundo. La India es uno de los países donde se adoptado ampliamente y su importancia se refleja en la gran cantidad y variedad de platillos que son preparados con semillas y con hojas de amaranto (Becerra, 2000). En Puerto Rico son usadas principalmente las especies: *A. cruentus*, *A. dubius*, *A. polygonoides*, *A. spinosus*, *A. tricolor* y *A. viridis* (Molina *et al.*, (2015). En Nigeria las verduras de hoja verde son prioritarias y las principales especies que se consumen y distribuyen incluyen los amarantos (*Celosia* y *Amaranthus spp.*) los cuales se obtienen fácilmente de jardines y patios cerca de las aldeas, y son fáciles de preparar, apetecibles y los primeros en aparecer durante la temporada de lluvias (Mensah *et al.*, 2008).

En las regiones cálidas y húmedas de África, el sudeste de Asia (especialmente en Malasia e Indonesia), el sur de China, el sur de la India y el Caribe, las especies de amaranto *A. tricolor*, *A. dubius* y *A. cruentus* se cultivan como verduras para sopa o ensalada de verduras cocidas (NRC, 1984). En Grecia, las hojas hervidas de *A. blitum* se consumen como una ensalada. En algunas sociedades africanas las proteínas de hojas de amaranto proporcionan hasta un 25 por ciento de la ingesta diaria de proteínas (NRC, 1984).

El uso de hortalizas de hoja verde para la preparación de sopas atraviesa diferentes culturas dentro de Nigeria y otras partes de África Occidental con antecedentes culturales y socioeconómicos similares (Mensah *et al.*, 2008).

En México las especies de amaranto que se usan comúnmente como verdura son *A. hybridus* L., *A. retroflexus* L., *A. palmeri* S. Wats., *A. powellii* S. Watz., *A. dubius* y *A. spinosus* L. (Mapes *et al.*, 2012b). Pero también se ha reportado el uso de *A. fimbriatus*, *A. blitoides*, *A. watsonii* y *A. acantochiton* (Mapes, 1990).

Espitia *et al.*, (2010) resumen las especies y los estados de México donde se consume amaranto. Estos investigadores mencionan que *A. hybridus* es la especie más ampliamente consumida en México; *A. retroflexus* es consumida en Chihuahua; *A. dubius* en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán; *A. fimbriatus* en Baja California y Sonora; *A. powellii* en Chihuahua, Oaxaca, Sonora, Tamaulipas, San Luis potosí, Michoacán y Puebla; *A. spinosus* en diversas parte de México; *A. blitoides* en Chihuahua y *A. watsonii* en Baja California y Sonora. La mayoría de las plantas son recolectadas.

En América diferentes especies de amaranto fueron utilizadas como verdura desde hace 4,000 años. Excavaciones arqueológicas en zonas tropicales y subtropicales indican que era una planta importante de recolección sobre todo por sus hojas (Herrera y Montenegro, 2012).

En México en general el amaranto para verdura recibe el nombre común de "quintoniles" (Mapes *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 2011; Mapes *et al.*, 2012b) son una clase de “quelites” (Mapes, 1990); los quelites son las plantas herbáceas cuyas hojas jóvenes se consumen; la palabra “quelite” deriva del termino náhuatl “quilitl” que significa verdura (Bye, 1981; Bye y Linares 2000). Los brotes jóvenes de amaranto se colectan hasta el inicio de la floración. Mediante los cortes de los brotes aumenta la producción de brotes y retrasa la floración, sus semillas son negras (Mapes *et al.*, 1997). En el país varias especies de amaranto son arvenses que se encuentran en los campos de cultivo o en sitios con vegetación perturbada (Mapes *et al.*, 2012b). Los quelites se comen cocidos y en raras ocasiones crudos, se consumen frescos durante la estación de lluvias (Basurto *et al.*, 1998; Mapes *et al.*, 2012b).

2.3. Calidad nutricional del amaranto

El amaranto es de gran importancia para la agricultura y la alimentación del mundo debido a su alto contenido de proteína y balance adecuado de aminoácidos esenciales que poseen sus semillas y hojas, principalmente lisina, metionina y triptófano. El grano de amaranto posee un alto contenido de proteína (13 a 18 %) y concentraciones adecuadas de aminoácidos azufrados, lisina y triptófano (Morales *et al.*, 2014). La calificación química de la proteína es similar a la de la proteína animal (Morales *et al.*, 2014). También, se considera que el valor nutricional del amaranto es excelente debido a su alto contenido de minerales esenciales (hierro, calcio) y buena fuente de vitaminas (caroteno β , vitamina C y ácido fólico) (Joshi *et al.*, 2011). Las especies que se han utilizado como grano son *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus* (Espitia. *et al.*, 2010).

Se ha reportado en la planta alta calidad nutricional en proteína, fibra y rendimiento como verdura (Stordahl *et al.*, 1999; Sleugh *et al.*, 2001). El perfil nutricional de la planta de amaranto se compara con el de la espinaca (Morales *et al.* 2014; Molina *et al.*, 2015). La planta es altamente nutritiva en

fibra y minerales, las hojas contienen altos porcentajes de calcio, hierro, fósforo y magnesio, ácido ascórbico, vitamina A y fibra (Brenner *et al.*, 2000). Das (2016) resume que el amaranto es rico en proteína (14-43g kg⁻¹ en materia fresca), lisina (40-56 g kg⁻¹), carotenoides (60-200 mg kg⁻¹) y de tipos diferentes de vitaminas y minerales. En África e India su follaje (hojas nuevas y tallos tiernos) es cocido, como un tipo de espinaca tropical; una taza de hojas cocidas contiene 90 % del requerimiento diario de Vitamina C, 73 % de Vitamina A, 28 % de calcio y 17 % de hierro (Molina *et al.*, 2015). La planta es muy nutritiva en hierro, vitamina A, C y K, riboflaminas (B2), niacina (B3), vitamina B6 y ácido fólico (B9) (Eber *et al.*, 2011).

Según Das (2016) el amaranto para verdura tiene los siguientes beneficios en la salud humana: 1. Provee energía, ya que las plantas son muy ricas en carbohidratos, proteínas, vitamina, K, folato, riboflamina, vitamina A, vitamina B6 y vitamina C. 2. Previene desbalance electrolítico, pues las hojas de amaranto son una buena fuente de minerales como manganeso, hierro, cobre, calcio, magnesio, potasio y fosforo necesario para mantener adecuado balance electrolítico en el cuerpo. 3. Excelente dieta libre de gluten, ya que contiene el 30 % o más de proteína con completo set de aminoácidos. 4. Mejora la digestión, por su alto contenido de fibra dietaría, que es tres veces mayor que la del trigo, lo que puede mejorar el sistema digestivo y reducir constipación. 5. Ayuda al manejo del peso, debido a que la proteína en las hojas ayuda a reducir los niveles de insulina en la sangre. 6. Reduce el colesterol malo. 7. Es un buen alimento para pacientes anémicos, porque el amaranto es rico en hierro (cinco veces más que el trigo). 8. Reduce el riesgo de enfermedad cardiaca, ya que las hojas de amaranto son una excelente fuente de fitoesteroles que bajan la presión de sangre y previenen dolencias del corazón, incluyendo infarto. 9. Lucha contra el cáncer, pues la presencia de lisina, junto con vitamina E, hierro, magnesio, fosforo, potasio y vitamina C ayudan a luchar contra los radicales libres responsables del envejecimiento y la formación de células malignas. 10. Tratamiento ayurvédicos, el jugo extraído de hojas frescas de amaranto es bueno para

tratar diarrea y hemorragia. 11. Reduce la pérdida de pelo y encanecimiento. 12. Previene deficiencias de calcio, debido a que el calcio está presente en hojas de amaranto en cantidades altas (dos veces mayor que la leche). 13. Mejora la vista, pues las hojas de amaranto son una excelente fuente de B-caroteno; la inclusión diaria de amaranto como verdura en la dieta puede ayudar a prevenir deficiencias de vitamina A, la cual es responsable de ceguera.

Acevedo *et al.*, (2007) evaluaron la presencia y abundancia de especies de amaranto y su calidad como forraje en el municipio de Moran, estado de Lara, Venezuela. Encontraron la presencia de *A. dubius*, *A. spinosus* y *A. gracilis*, pero las más abundantes fueron las dos primeras. Concluyeron que estas especies tienen alta concentración de proteínas cruda (18 %), bajo contenido de fibra, así como porcentajes menores al 5 % de grasa, características que define al amaranto como un forraje de excelente calidad nutricional; además señalan que las plantas contienen minerales como Ca (3.25 %); Mg (1.42 %), P (0.435 %), K (2.78 %) y Fe, principalmente en las hojas.

Onyango *et al.* (2008) muestrearon 21 supermercados y 10 tiendas independientes en la ciudad de Nairobi, Kenia y determinaron los tipos de amaranto para verdura vendidos y el manejo postcosecha. También analizaron la composición de nutrientes de las muestras obtenidas. El análisis químico tuvo como resultado que el amaranto para verdura tuvo un contenido de humedad de 85.5 %. Encontraron (expresado en base de materia seca) que la media total de contenido de ceniza fue de 19.2 %, de proteína cruda de 26.1 % y el de fibra cruda 14.7 %. La media de contenido de ácido ascórbico fue de 627 mg 100 g⁻¹, de zinc 5.5 mg 100 g⁻¹, y hierro 18 mg 100 g⁻¹. La media del contenido de nitrato fue 732 mg 100 g⁻¹, oxalato total 8830 mg 100g⁻¹ y oxalatos solubles 3650 mg 100 g⁻¹. Concluyen que el amaranto para verdura tiene potencial para ser un vegetal popular en la dieta del keniano, porque puede contribuir significativamente a la provisión de micronutrientes, particularmente hierro y zinc.

Shukla *et al.* (2003) evaluaron el follaje de 10 cultivares prometedores de amaranto para verdura. Encontraron que la proteína de la hoja varió de 1.95 a 3.06 g 100 g⁻¹ y tuvo una media de 2.55 ± 0.09. En general, observaron un contenido alto de proteína en los cultivares con un bajo contenido de fibra, lo que indicó alta calidad como cualidades palatables y digestibles de estos cultivares. Concluyen que las hojas de amaranto constituyen una buena fuente de provitamina A (carotenoides), proteínas y ácido ascórbico (vitamina A) en la dieta humana especialmente para vegetarianos en países en desarrollo.

Shukla *et al.* (2006) evaluaron 29 líneas de amaranto para verdura (*A. tricolor*) en dos estaciones de crecimiento para estudiar diferentes parámetros de selección. Consideran que el contenido de proteína (1.24 ± 0.03 mg 100 mg⁻¹), carotenoides (0.83 ± 0.02 mg g⁻¹) y ácido ascórbico (112.33 ± 5.0 mg 100 g⁻¹) fueron las características de calidad más importantes en las hojas de amaranto: estos niveles hacen al amaranto muy calificado para propósitos alimenticios. También encontraron que el contenido de fibra fue de 8.39 ± 0.10 % y que existe considerable variabilidad genética en el material experimental.

En una revisión sobre el uso de amaranto usado como verdura Brenner *et al.* (2000) describen algunas características de la planta que se resumen a continuación. Estos autores mencionan que el valor nutricional es igual o superior a la espinaca, porque el amaranto contiene más calcio, hierro y fósforo, igual fibra, niacina, y ácido ascórbico sobre una base de peso fresco. El amaranto como verdura provee una alta concentración de vitamina A. Consideran que aunque el amaranto como verdura contiene oxalatos y nitratos, estos no son dañinos porque las condiciones de consumo normal no representan una ingesta alta de estos compuestos y porque sus niveles son reducidos al hervir las hojas. La planta de amaranto tiene una amplia diversidad en hábitos de crecimiento, forma de la hoja, color y tamaño de la hoja, tamaño de la planta y características de la inflorescencia, pero típicamente tienen hojas amplias y baja producción de semillas. El amaranto

para verdura es cosechado típicamente cuando alcanza 35 cm de alto y pueden ser de color verde, rojo o morado. Aunque los amarantos de hoja y grano caen en dos categorías diferentes, las hojas de los tipos de grano son a veces usadas en un estado joven como verdura. Sin embargo, las hojas de los tipos de grano no son tan palatables como los tipos de vegetales y la palatabilidad decrece con la edad de la planta. Las especies de amaranto para verdura son *A. blitum*, *A. cruentus*, *A. dubius*, *A. tricolor* y *A. hypochondriacus*. Las especies silvestres también son recolectados y usados como vegetales de hoja. Las especies *A. cruentus*, *A. dubius* y *A. tricolor* parecen ser superiores a otras especies de amaranto para uso como vegetales por que presentan una alta relación hoja-tallo. Las relaciones hoja-tallo y rendimiento también varía dramáticamente entre cultivares dentro de especies.

García-Pereyra *et al.* (2009) evaluaron cinco genotipos de amaranto (cuatro de *A. hypochondriacus* y uno de *A. cruentus*), cuatro densidades de población en tres ciclos de producción en el Noroeste de México. Encontraron que los mayores valores de Fibra Detergente Acida fueron de 594 g kg⁻¹ en el genotipo 655 y en Fibra Detergente Neutra el genotipo 655 presentó el mayor contenido en tallo y hoja con 731 y 474 g kg⁻¹, respectivamente. El promedio de Fibra Detergente Neutra en hoja fue de 430 kg ha⁻¹. Concluyeron que los valores nutritivos del forraje de amaranto son similares a los de otros forrajes que comúnmente se encuentran presentes en el Noroeste de México, como es el caso de avena y alfalfa.

Pospišil *et al.* (2009) evaluaron dos cultivares uno de *A. hypochondriacus* y una cruce de *A. hypochondricus* x *A. hybridus*, tres estados de madurez (50 cm de altura, aparición de la inflorescencia y floración) en tres ciclos (años). Determinaron alta calidad en la biomasa de amaranto. Encontraron mayor concentración de proteína cruda en el primer estado de desarrollo del amaranto, ya que los niveles fueron de 152 a 216 g kg⁻¹ y la variación fue dependiente del cultivar y año de ensayo. La concentración de proteína digestible al primer estado de desarrollo

varió de 104 a 166 g kg⁻¹. En todos los años de ensayo la concentración de proteína cruda se redujo significativamente en estados de desarrollo posteriores. Las concentraciones de fibra cruda se incrementaron con el desarrollo de la planta; la más alta concentración fue en la floración. La concentración de Fibra Detergente Neutro varió de 423 a 478 g kg⁻¹ y concentraciones de Fibra Detergente Acido de 274 a 366 g kg⁻¹ dependiendo del cultivar y año de prueba.

Alfaro *et al.* (1987) analizaron plantas de amaranto en tres fechas de corte a los 25, 40 y 60 días después de la emergencia de las plántulas. Desde el punto de vista nutricional el primer corte fue el más aceptable debido que presentó el más alto contenido de proteína (29.5 g 100g⁻¹), betacarotenos (33.7 mg 100mg⁻¹), calcio (2,356.1 mg 100mg⁻¹), fósforo (759.1 mg 100mg⁻¹) y un bajo contenido de fibra cruda (11.1 g 100g⁻¹). No ocurrió así desde el punto de vista agronómico, ya que en esta primera etapa se obtuvieron rendimientos sumamente bajos de materia verde (575 kg ha⁻¹), materia seca (86.6 kg ha⁻¹) y proteína (19.7 kg ha⁻¹). Concluyeron que la mejor edad para realizar la cosecha es a los 40 días. La cosecha a los 60 días dio el mayor rendimiento pero disminuyó la calidad porque se redujo considerablemente la proteína y aumentó la fibra. Por otro lado, el contenido de oxalatos se mantuvo en un promedio de 4.6 a 4.4 100g⁻¹ para el primer y tercer corte, cantidades que pueden considerarse inofensivas para el consumo humano si se tiene en cuenta que una buena parte de los mismos se destruye con la cocción.

Arrellano (2004) encontró en plantas de *A. dubius*, a los 40 días después de la emergencia, un contenido de proteína de 22.12 g 100g⁻¹, de fibra dietaría total, como fibra dietaría insoluble, de 40.48 % y no encontró contenido de fibra dietaría soluble.

Abbasi *et al.* (2012) evaluó dos cortes (40 y 60 días después de la siembra), tres dosis de fertilización nitrogenada (120, 180, 240 kg ha⁻¹) y determinó el valor nutritivo de forraje de amaranto (*A. hypochondriacus*). Encontraron que el aumento de la fertilización nitrogenada incrementó el rendimiento, la concentración de proteína cruda y la digestibilidad de nutrientes.

Consideran que a los 40 días después de la siembra el uso de amaranto como forraje para alimento de rumiantes es limitado debido al alto contenido de nitratos que contiene; a los 60 días puede usarse por que los niveles de nitratos son menores, sin embargo hay reducción el contenido de proteína.

Sleugh *et al.* (2001) evaluaron siete accesiones de amaranto (tres de *A. cruentus*, tres de *A. hybridus* y una de *A. hypochondriacus*) en Iowa, Estados Unidos en 1997 y 1998. Además cosecharon sub parcelas seis veces a intervalos de dos semanas, comenzando 42 días después de la siembra (DDS). Midieron Digestibilidad in vitro, Fibra Detergente Neutro, Proteína cruda, nitratos, Fibra Detergente Ácido, Ácido detergente lignina (ADL), proteína y fibra. Encontraron que la proteína cruda en promedio ignorando accesiones fue de 270 g kg⁻¹ a los 42 DDS y decreció a 100 g kg⁻¹ a los 112 DDS. La Fibra Detergente Neutro incrementó de 310 g kg⁻¹ a 430 g kg⁻¹ de 42 a los 112 DDS. La calidad de forraje de las accesiones en la mayoría de las fechas de cosecha tuvieron consistencia con que podría ser esperado para calidad de forraje relativamente buena; sin embargo, consideran que puede haber altos niveles de nitratos.

Stordahl *et al.* (1999) evaluaron cuatro accesiones (dos de grano y dos de verdura) y dos épocas de corte (octava semana y 14-16 semanas) para observar el efecto de la madurez en el rendimiento y calidad de forraje de la hoja, tallo e inflorescencia. La concentración de proteína cruda fue de 23 % a la octava semana después de la siembra y declinó a 13 % a 15-16 semanas de la siembra. La concentración de Fibra Detergente Neutro incrementó de 35 a 50 % durante el mismo periodo de tiempo. Las accesiones difirieron en calidad y rendimiento pero las diferencias no estuvieron relacionadas a madurez o tipo de amaranto (grano o vegetal). Las accesiones de amaranto variaron en morfología de planta, madurez y calidad de forraje. Intuitivamente esperaban que los cultivares o especies comúnmente usadas como vegetales de hoja podría producir alta calidad de forraje; sin embargo, observaron que ciertos cultivares para grano tienen calidad de forraje igual o superior a

algunos cultivares para verdura. Consideran que los cultivares de amaranto para producir alta calidad de forraje deben tener alta relación hoja tallo y deben ser cosechados antes del desarrollo de la inflorescencia.

Seguin *et al.*, (2013) evaluaron los cultivares Plainsman y D136 en fresco y ensilado. Encontraron limitada interacción entre cultivares y ensilado para la mayoría de las variables. Las diferencias en composición química entre cultivares también fueron limitadas. El ensilado redujo el contenido de carbohidratos no estructurales y proteína verdadera. La porción de proteína ácido detergente fue alta en fresco y en forrajes ensilados en ambos cultivares (promedio de proteína de 177 g kg⁻¹). El contenido de oxalato promedio 30 y 25 g kg⁻¹ en fresco y forraje ensilado, respectivamente. El ensilado redujo el contenido de oxalatos solubles. Los valores para Plainsman y D136 fueron los siguientes: Cenizas 186 y 181 g kg⁻¹; Fibra Detergente Neutro 401 y 372 g kg⁻¹; Fibra Detergente Acido 291 y 247 g kg⁻¹; Fibra Detergente Lignina 31 y 25 g kg⁻¹; carbohidrato total 674 y 662 g kg⁻¹; y Proteína cruda 136 y 152 g kg⁻¹MS. Concluyen que el estudio confirmó el potencial del amaranto como una fuente de forraje para animales rumiantes y que su composición química fue comparable para la mayoría de las especies forrajeras comúnmente usadas.

Rezaei *et al.* (2009) evaluaron el valor nutritivo del amaranto (*A. hypochondriacus*) en fresco y ensilado tratado con varios niveles de melaza (0, 50 y 100 g kg⁻¹ en base fresca). El amaranto en fresco y ensilado fueron ricos en Calcio, Potasio y Magnesio; moderado en Fósforo, y bajo en Sodio. El ensilado disminuyó Fibra Detergente Neutro y el contenido de carbohidrato soluble en agua, pero no tuvo efecto en materia seca, Fibra Detergente Acido, lignina y contenido de nitratos y ácido oxálico. El ensilado incrementó el contenido de Proteína cruda y Proteína soluble, pero disminuyó Proteína verdadera. La adición de melaza disminuyó el pH, fracciones de pared celular, Proteína cruda, Ca, P, Mg, TP, ácido barático y amonio-N, pero incrementó Materia Seca, Proteína soluble, carbohidrato soluble en agua, ácido láctico, acético y propiónico, producción de gas *in*

vitro. Concluyen que el amaranto tiene potencial como un forraje para ganado y puede ser preservado como silo.

Wesche-Ebeling *et al.* (1995) evaluaron el potencial nutricional como hortaliza de cuatro especies silvestres de *Amaranthus*: *A. retroflexus*, *A. viridis*, *A. palmieri* y *A. blitoides*. Encontraron que las plantas de amaranto pueden ser consumidas como hortalizas en la etapa de prefloración. En esta etapa encontraron los niveles máximos de proteína en las hojas (22.8-27.8 %). También, observaron que la composición bromatológica fue similar a la encontrada en otras hortalizas. Solamente los nitratos se encontraron en niveles arriba de los considerados seguros (0.34-2 % PS) pero son niveles similares a los encontrados en la espinaca. El análisis bromatológico mostró que plantas enteras y sus secciones en las etapas de prefloración y madurez puede ser recomendados como alimento animal ya que contiene altos niveles de proteína (20.6 - 24.7 % en planta entera y 25.3 - 32.9 % en hojas) y carbohidratos solubles (mayor a 40 %).

Nehal *et al.* (2016) determinaron la composición proximal de *A. lividus* y encontraron que el extracto fue rico en proteína cruda (17.28 ± 0.42 mg 100 mg⁻¹) y fibra dietaría (8.35 ± 0.16 mg 100 mg⁻¹) y alto en carbohidratos (4.3 %).

Das (2016) menciona que el amaranto para verdura es de los cultivos más populares en los trópicos por su hojas y tallos ricos en vitaminas y minerales. Algunas razones para su popularidad como verdura son su sabor parecido a la espinaca, alto rendimiento, habilidad de crecer en clima caliente y alto valor nutritivo. El amaranto consumido como verdura es muy rico en proteína (14-43 g kg⁻¹ en materia fresca), lisina (40-56 g kg⁻¹), calcio, vitamina A, C y K; roboflavina (B2); niacina (B3); vitamina B6; carotenoides (60-200 mg kg⁻¹). La concentración de oxalato y nitrato en materia fresca varia de 4.1 a 9.2 g kg⁻¹ y de 3 a 16.5 g kg⁻¹, respectivamente.

Los amarantos para verdura son cultivados o recolectados en muchas regiones del mundo, pero hay pocas referencias disponibles sobre su cultivo. Esto indica que en realidad sus prácticas de cultivo

óptimas para maximizar su rendimiento son desconocidas debido a su amplia adaptabilidad. Las plantas crecen rápidamente, de tal manera que el intervalo de tiempo entre la siembra y la cosecha del follaje tierno y los tallos es corto (generalmente solo 3-6 semanas) (Das, 2016).

2.4. El amaranto en la Sierra Norte de Puebla

Soto (1988) describe a la Sierra Norte de Puebla como una región indígena, Nahua-Totonaco. Casi la totalidad de las familias poseen una extensión de tierra muy pequeña, en algunos casos menos de una hectárea. Las tierras son de propiedad privada, el tamaño de la parcela es un promedio de dos hectáreas. La principal actividad económica de la población es la agricultura. La actividad agrícola se reduce a sembrar pequeñas cantidades de maíz criollo, con un rendimiento muy limitado. La agricultura es de subsistencia, el campesino comercializa una pequeña parte de su cosecha para proveerse de otros artículos que necesita.

La Sierra Norte de Puebla es una de las regiones en México en donde existe una importante cultura de consumo de amaranto. En esta zona se conocen como “quintoniles” (Espitia *et al.*, 2010). Las especies que se encuentran en la región de la Sierra Norte de Puebla, México son *A. hybridus* L., *A. hypochondriacus* L. raza Mixteca, *A. hypochondriacus* L. raza Azteca, *A. cruentus* L. raza Mexicana y *A. spinosus* L. Además de todo un complejo de híbridos entre las cuatro primeras especies mencionadas (Mapes *et al.*, 2012a y Mapes *et al.*, 2013).

La utilización y el manejo de los amarantos en la Sierra Norte de Puebla, tiene lugar dentro de una enorme variedad de condiciones ambientales, biológicas y culturales (Mapes *et al.*, 1997; Mapes *et al.*, 2012b). Todas estas especies se hallan en hábitats antropogénicos (terrenos baldíos, orillas de caminos y veredas, barbechos), en donde se comportan como malezas o como arvenses. El manejo de los amarantos en los distintos agroecosistemas incluye varios niveles; en un intervalo de menor a mayor intensidad de manejo se pueden distinguir las siguientes etapas o niveles: recolecta, tolerancia, fomento, cultivo incipiente y monocultivo (Mapes *et al.*, 2013).

Basurto *et al.* (1998) mencionan que en la Sierra Norte los quelites que se obtienen bajo un amplio espectro de manejo por parte del hombre, desde la recolección hasta el cultivo; pero la gran mayoría de los quelites proviene de las milpas, así como de los cafetales y huertos familiares. Los quelites pueden ser plantas silvestres, simplemente objeto de recolección o bien tener ya algún grado de manejo, pudiendo ser tolerados o inducidos, así como sembrados y cultivados; entre las especies que sólo son recolectadas se pueden mencionar *A. hybridus* L. y *A. spinosus*. La producción de quelite es frecuentemente para autoabasto del agricultor y forma un complemento alimenticio, pero en ocasiones se vende y contribuye al ingreso monetario familiar.

El quiltonil se consume como plántula o como plantas muy tiernas, se ingieren con el caldo o agua de cocción, cuando están maduras las plantas se preparan y se exprimen se desecha el agua y posteriormente son guisados o sazonados con manteca o aceite, cebolla y salsa de chile verde y tomate. Las partes utilizadas pueden ser: la planta completa (sin raíz), plántulas, ramas o retoños, hojas tiernas, lamina foliar sin nervadura, peciolo y tallos, en algunos casos se comen crudos, pero en su mayoría se ingieren cocidos (Peña, 1998).

2.5 Calidad de planta para verdura.

Los perfiles de consumo para frutas y hortalizas son específicos para cada país o incluso región en particular y varían con el sexo, edad, nivel educativo y nivel socioeconómico (López, 2003).

Existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada, con menor proporción de carbohidratos, grasas y aceites y con una mayor participación de la fibra dietaria, vitaminas y minerales. También, existe una creciente demanda de una calidad tanto externa como interna. Los aspectos externos como presentación, apariencia, uniformidad, madurez y frescura son los componentes principales

de la decisión de compra. La calidad interna es definida por sabor, aroma, textura, valor nutritivo, ausencia de contaminantes bióticos y abióticos (López, 2003).

La calidad se define en términos del servicio o satisfacción que produce a los consumidores, como el grado de cumplimiento de un número de condiciones que determinan su aceptación por el consumidor. Los componentes de la calidad son apariencia o condición, frescura o madurez, flavor (sabor y aroma), valor nutritivo e inocuidad (Abbott, 1999; Kader, 2002; López, 2003; Barret *et al.*, 2010). La importancia relativa de cada parámetro de calidad depende del producto y si es usado fresco o cocinado (Kader, 2002).

López (2003) describe los diferentes componentes de calidad de la siguiente manera: La apariencia es la primera impresión que el consumidor recibe y el componente más importante para la aceptación y eventualmente la compra. La apariencia incluye la forma, compacidad, ausencia de defectos, frescura, madurez y uniformidad. La uniformidad es un concepto que se aplica a todos los componentes de la calidad (tamaño, forma, color, madurez, compacidad, etc.). La frescura y la madurez son parte de la apariencia y son indicadores del sabor y aroma que el consumidor espera. La frescura es la condición de estar lo más próximo a la cosecha posible. La frescura se usa preferentemente en hortalizas en donde la cosecha es el punto de máxima calidad organoléptica caracterizado por una mayor turgencia, color, sabor y crocantes. Dentro de los parámetros que definen frescura y madurez, el color (intensidad y uniformidad) es el aspecto externo más fácilmente evaluado por el consumidor y está asociado a frescura, madurez, y senescencia. En tamaño también hay preferencias según el producto y se utiliza como indicador de cosecha y se asocia a sabor y textura. El brillo es un índice de cosecha, se asocia a turgencia y a frescura; un verde brillante e intenso en las hortalizas está asociado a frescura. La textura que involucra diversas características como firmeza, rigidez, blandura, jugosidad, crocantes, harinosidad y fibrosidad. El flavor es la combinación de las sensaciones percibidas por la lengua (sabor) y por la nariz (aromas).

En frutas y hortalizas, el sabor se expresa normalmente en términos de la combinación de principios dulces y ácidos. Además se puede usar la astringencia, (que es la sensación de pérdida de lubricación en la cavidad bucal), presencia de sabores amargos, pungencia y el aroma (la percepción de numerosas sustancias volátiles). Desde el punto de vista nutritivo, se considera el contenido de carbohidratos, (incluido la fibra dietaria), proteínas, lípidos, vitaminas, minerales y compuestos funcionales o fotoquímicos. Los componentes funcionales son compuestos biológicamente activos y beneficiosos para la salud más allá de la nutrición básica. Estos compuestos o sus metabolitos ayudan a prevenir enfermedades, tienen un efecto protector ante problemas cardiovasculares, son neutralizantes de los radicales libres, reducen el colesterol y la hipertensión, previenen la trombosis, y otros efectos beneficiosos. Las frutas y hortalizas son particularmente ricas en fotoquímicos como los terpenos, fenoles, lignanos y tioles.

El consumo de frutas y hortalizas no debe poner en riesgo la salud. La inocuidad de los alimentos consiste en la ausencia de sustancias dañinas para la salud de origen físico, químico o biológico como piedras, vidrio toxinas naturales, contaminantes abióticos, plaguicidas, micotoxinas y microbios (Kader, 2002).

La calidad de la fruta o verdura fresca depende del cultivar, las prácticas culturales antes de la recolección y las condiciones climáticas, la madurez en la cosecha y el método de cosecha (Kader, 2002). Una forma de medir como se percibe la calidad de la verdura es por medio de una evaluación de preferencias de consumo o análisis sensorial de los atributos o propiedades que pueden encontrar en la verdura por el productor y consumidor al momento de la siembra, venta y compra de la verdura. La calidad nutricional de la verdura se puede determinar mediante análisis en el laboratorio que proporcionan información sobre la composición de la planta.

2.6. Sitio de estudio

2.6.1 Ubicación y características del Municipio de Zapotitlán de Méndez

El Municipio de Zapotitlán de Méndez, Puebla se localiza entre los paralelos 19° 59' y 20° 02' de latitud norte y los meridianos 97° 39' y 97° 44' de longitud oeste. Tiene una altitud entre 600 y 1 500 msn. El municipio colinda al norte con Hueytlalpan e Ixtepec, al este con Zoquiapan, al sur con Huitzilán de Serdán y al oeste con Zongozotla, Camocuautla y Tepango de Rodríguez. La superficie es de 35 km². En el sur de este territorio se levantan las montañas que conforman la Sierra Norte de Puebla, que constituye el extremo meridional de la Sierra Madre Oriental (INEGI, 2015) (Figura 1).

El municipio se localiza en la transición de los climas templados de la Sierra Norte, y los cálidos del declive de Golfo; presenta un solo clima: semicálido subhúmedo con lluvias todo el año, con temperaturas de 18 a 22°C, precipitación que va de los 2000 a los 2500 mm.

La actividad económica preponderante es la agricultura destacando entre sus principales cultivos el café y el maíz. El porcentaje de analfabetismo entre los adultos es del 9.7% (7.4% en los hombres y 11.9% en las mujeres) y el grado de escolaridad es de 7.0 años (7.26 en hombres y 6.81 en mujeres). En las localidades de Zapotitlán de Méndez, Nanacatlán y Tuxtla el porcentaje de adultos que habla alguna lengua indígena es del 33.1, 78.3, y 84.8 %, respectivamente.

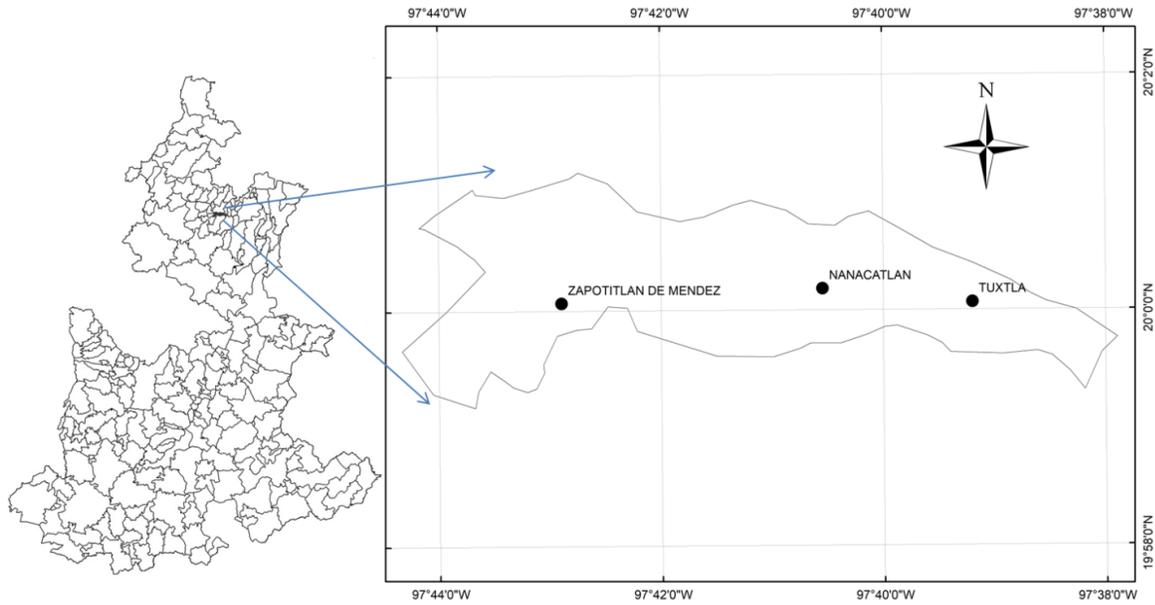


Figura 1. Ubicación del área de estudio, Zapotitlán de Méndez en la Sierra Norte de Puebla, México.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se dividió en tres fases. La primera fue la colecta de semillas en Zapotitlán de Méndez. En esta fase y para identificar las especies y características generales de las poblaciones, estas se sembraron en campo. La segunda fase consistió en realizar un análisis proximal de la calidad de las poblaciones de amaranto en plántulas cosechadas de 40-45 días después de la siembra. La parte final fue la realización de una encuesta entre consumidores y productores de amaranto en Zapotitlán de Méndez para conocer tanto las preferencias de consumo de amaranto, como el manejo que los productores dan al cultivo del amaranto para verdura.

3.1. Colecta de semillas de amaranto para verdura

Se realizó una colecta de semilla de poblaciones de amaranto utilizado como verdura en el Municipio de Zapotitlán de Méndez Puebla, para lo cual se realizaron varias salidas al sitio de estudio con el fin de identificar en las localidades principales del municipio las personas que siembran el amaranto como verdura. Los sitios de colectas fueron Zapotitlán de Méndez, Nanacatlán, Tuxtla y San Martín. La colecta se realizó entre los meses de septiembre del 2015 a mayo del 2016.

Para obtener la semilla de amaranto utilizada como verdura, en las localidades seleccionadas se buscaron personas que comercializan amaranto como verdura y se les pidió una muestra de semilla. Para encontrar otra persona se pidió que la persona de la cual se había obtenido una muestra refiriera con otra persona con producción amaranto. Las muestras de semilla se etiquetaron y se tomaron los datos acerca del lugar de colecta y de pasaporte que incluían fecha, nombre común, hábitat, localidad, municipio, estado, número de colecta, colector, etc. Se obtuvieron 31 poblaciones de amaranto que se usan como verdura. Las muestras se limpiaron y guardaron en frascos de plástico transparentes para su posterior uso.

Adicionalmente, para conocer las especies y características generales de las poblaciones colectadas se sembraron el 22 de junio de 2016 en la comunidad de Moyotzingo, Puebla. Se utilizó una parcela de un metro de largo. Los surcos estuvieron a separados a 80 cm. La siembra se realizó al voleo depositando 0.3 gr de semilla. A los 30 días de emergencia se aclaró a una planta cada 10 cm. Se realizaron tres deshierbes manuales y un aporque manual.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las variables que se midieron fueron días a floración media masculina (DAFM), que es el número de días transcurridos desde la siembra y hasta que el 50 % de la población presentó antesis. Adicionalmente, en una muestra de tres plantas fenotípicamente representativas de la parcela, se determinó: altura de planta (APTA), que fue la

distancia en centímetros del suelo a la punta de la espiga; longitud de panoja (LPAN), medida como la distancia, en centímetros, entre el inicio y la punta de la panoja, color de hoja de planta, color de panoja y especie. Para identificar la especie se tomó una muestra botánica de cada población sembrada y se envió a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para su determinación.

3.2. Calidad nutritiva de las especies y variedades de estudio

3.2.1 Genotipos

En la evaluación de la calidad nutritiva se emplearon 43 genotipos de amaranto. Se utilizaron las poblaciones de amaranto utilizados como verdura en Zapotitlán de Méndez y variedades y poblaciones de amaranto utilizadas para la producción de grano. Por uso se incluyeron 19 accesiones para grano y 24 accesiones de verdura. Todos los genotipos para verdura fueron colectas de Zapotitlán Méndez. Las especie usadas fueron *Amaranthus cruentus* (8), *A. hybridus* (12) y *A. hypochondriacus* (23). Las variedades mejoradas para grano fueron Nutrisol, Rojita, Laura, Diego, Gabriela, Areli, Revancha, PQ2, Amaranteca y Benito. Además se incluyeron nueve poblaciones para grano que fueron coletas de la zona de Huazulco Morelos y Tochimilco, Puebla y nombradas como CP2, CP15, CP30, CP34, CP36, CP38 CP39, CP40 y CP43. Las accesiones clasificadas por uso, especie y tipo se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clave, especie, tipo de material y uso de los genotipos de amaranto evaluados.

ACCESIÓN	ESPECIE	TIPO	USO
AV17	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV31	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV8	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV9	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV13	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura

AV18	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV19	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV20	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV22	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV24	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV30	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV29	<i>A. hybridus</i>	Colecta	Verdura
AV6	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV14	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV16	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV1	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV3	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV4	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV21	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV23	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV25	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
AV28	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Verdura
Amaranteca	<i>A. cruentus</i>	Mejorada	Grano
Benito	<i>A. cruentus</i>	Mejorada	Grano
CP15	<i>A. cruentus</i>	Colecta	Grano
CP34	<i>A. cruentus</i>	Colecta	Grano
CP36	<i>A. cruentus</i>	Colecta	Grano
CP38	<i>A. cruentus</i>	Colecta	Grano
CP39	<i>A. cruentus</i>	Colecta	Grano
CP40	<i>A. cruentus</i>	Colecta	Grano
CP2	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Grano
CP30	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Grano
CP43	<i>A. hypochondriacus</i>	Colecta	Grano
Areli	<i>A. hypochondriacus</i>	Mejorada	Grano
Diego	<i>A. hypochondriacus</i>	Mejorada	Grano
Gabriela	<i>A. hypochondriacus</i>	Mejorada	Grano
Laura	<i>A. hypochondriacus</i>	Mejorada	Grano
Nutrisol	<i>A. hypochondriacus</i>	Mejorada	Grano
PQ2	<i>A. hypochondriacus</i>	Mejorada	Grano
Revancha	<i>A. hypochondriacus</i>	Mejorada	Grano
Rojita	<i>A. hypochondriacus</i>	Mejorada	Grano

3.2.2 Sitio de siembra

El sitio de siembra se estableció en el Municipio de Zapotitlán de Méndez Puebla, México. Que se localiza geográficamente a 20° 0' 30.377" N y 97° 42' 52.056" W. La preparación del terreno consistió en desmontar eliminando el acahual y en la remoción de la tierra con azadón y formación de los surcos de 25 cm de ancho.

3.2.3 Diseño y parcela experimental

El diseño experimental empleado fue un bloques al zar con dos repeticiones. La parcela experimental constó de dos surcos de 25 cm de ancho por cinco metros de largo, dejando una calle de 1m entre repeticiones.

3.2.4 Siembra

La fecha de siembra fue el 22 de septiembre de 2016, la siembra se realizó a "chorrillo" depositando 2 g de semilla y cubriendo con una capa de un centímetro de tierra.

3. 2. 5 Cosecha

Las parcelas se cosecharon a los 45 días después de la siembra, seleccionando las plantas de tamaño uniforme. Las plántulas se cortaron a dos centímetros de la superficie y se colocaron en una bolsa de papel; posteriormente fueron secadas en una estufa de aire forzado (Thermo Scientific) a 55 °C, hasta alcanzar un peso constante. Todas las muestras se molieron en un molino ciclónico marca FOSS TECATOR® con malla de 1 mm, guardadas y etiquetadas en bolsas de ziploc para su posterior análisis en laboratorio.

3.2.6 Variables de estudio

La evaluación de la calidad del amaranto se llevó a cabo en el laboratorio del Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Las variables que se obtuvieron fueron: peso seco de hoja (PSHOJA), peso seco de tallo (PSTAL), peso seco total (PSTOT), carbohidratos solubles (CAB), fibra de detergente neutro (FDN), fibra de detergente ácido (FDA), fibra dietaria total (FDT), lignina (LIG), cenizas (CNZ) y proteína cruda (PC).

Peso seco de hoja

En cada parcela se cosechó toda la planta y se separaron hojas y tallos, las cuales se secaron en estufa a 55° C por 48 horas y se determinó el peso en gramos.

Peso seco de tallo

En cada parcela se cosechó toda la planta y se separaron los tallos, los cuales se secaron en estufa a 55° C por 48 horas y se determinó el peso en gramos.

Peso seco total

Es la sumatoria del PSTAL más PSHOJA, expresado en gramos.

Fibra de Detergente Neutro, Fibra de Detergente Ácido y lignina

Para la determinación de fibra de detergente neutro (FDN), fibra de detergente ácido (FDA) y Lignina en detergente ácido en tallo y hoja de amaranto como verdura se utilizaron los protocolos de Ankom Technology (Ankom, 2006). La determinación de Fibra Detergente Neutro se realizó por duplicado con 0.5 ± 0.0015 g por muestra en un analizador de fibra ANKOM 200/220. Secuencialmente se realizó la determinación la FDA por duplicado y finalmente se llevó a cabo la determinación Lignina con una concentración de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 72%.

Proteína Cruda

La determinación de proteína cruda se llevó a cabo por el método de Micro Kjeldahl y se realizó por triplicado. Se pesaron 0.2 g de muestra, 0.8 g de selenio, se colocaron en un tubo de ensaye y

se les adicionaron 3 mL de ácido sulfúrico. Se colocaron en el digestor a 350°C, transcurridas dos horas y media se procedió a verificar la muestra hasta que presentara un color verde claro transparente. A cada tubo se le adicionaron 10 mL de agua destilada y 10 mL de NaOH. Se colocaron en el destilador recibiendo el destilado en un vaso de precipitado de 5 mL que contiene 5 mL de H₃BO₄ con 5 gotas de tashiro. Se destiló hasta 20 mL y se vertió cada destilado en un matraz Erlenmeyer para titularlo con HCL 0.1 N.

Fibra Dietaría Total

La determinación de fibra dietaría se llevó a cabo mediante el Kit de ensayo de Fibra Dietaría (Marca Sigma-Aldrich), se realizó por duplicado utilizando un gramo por muestra. A cada muestra se le añadieron 50 mL de buffer fosfato pH 6.0. Se agregó 0.10 mL de α -amilasa colocándolos en baño de agua a 95°C por 15 minutos. Se enfrió a temperatura ambiente ajustando a pH 7.5 con 10 mL de NaOH al 0.275 N. Se le adicionaron 0.1 mL de 50 mg/mL de proteasa en buffer de fosfatos y se incubaron a baño de agua a 60°C por 30 minutos. Se enfrió a temperatura ambiente y se ajustó a pH 4.0-4.6 agregando 10 mL de HCl al 0.325 N. Finalmente se le agregaron 0.1 mL de amiloglucosidasa y se dejó por 30 minutos en baño de agua a 60°C. Se filtraron a vacío cada una de las soluciones de cada muestra en papel filtro y a cada sobrenadante se le adicionaron cuatro volúmenes de etanol al 95 %. Cada una de las soluciones se filtró a vacío en crisoles gooch a peso constante a los cuales previamente se les añadieron 0.5 g de celite; el celite se humedeció con etanol al 78 % y el residuo fue lavado con 30 mL de etanol al 78 %, 20 mL de etanol al 95% y 20 mL de acetona. Se secaron los crisoles en una estufa (Shell Lab) a 100°C y se registraron los pesos. Para obtener la fibra dietaria se utilizaron las siguientes fórmulas.

El cálculo de Fibra Dietaria:

Fibra insoluble= peso papel filtro con fibra – peso seco del papel filtro

% Fibra insoluble= Fibra insoluble / gramos de la muestra utilizada X 100.

Fibra soluble= peso seco del crisol + celite + muestra seca del crisol con celite

% Fibra soluble= Fibra soluble / gramos de la muestra utilizada X 100.

Fibra Dietaria Total= % Fibra insoluble + % Fibra soluble

Cenizas

Para la determinación de materia orgánica presente en las muestras se metieron 0.5 g de muestra a la estufa (Thermo Scientific) a 75°C por 5 a 6 h, posteriormente se colocaron en un desecador y se pesaron en una balanza analítica (Shimadzu Auw220d); posteriormente, se pesaron 0.5 g de cada muestra, se colocaron en un crisol de porcelana y se metieron a la mufla a 525°C por 4 a 5 h. Con unas pinzas para crisol se sacaron y colocaron en el desecador y se obtuvo el peso de muestra remanente. Para el cálculo de cenizas se utilizó la siguiente fórmula.

Calculo:

A= Peso del crisol con muestra (g)

B= Peso del crisol con cenizas (g)

C= Peso de la muestra (g)

Cenizas %= (A-B) (C) x 100

Carbohidratos Solubles

En la determinación de carbohidratos solubles se utilizó el método Clegg-Anthrone. Se pesaron 0.5 g por muestra. La muestra se colocó en un matraz Erlenmeyer, se le agregaron 10 mL de agua y se agitó. Posteriormente se le adicionaron 13 mL de solución de ácido perclórico y se agitó en un agitador orbital (LABNET ORBIT 1900) durante 20 min. Se aforó a 50 mL con agua destilada y se filtró. Posteriormente se diluyeron 10 mL del extracto a 100 mL con agua destilada. Se pasó al tubo de ensaye 1 mL del filtrado diluido y se le adicionaron inmediatamente 5 ml de reactivo de antrona recién preparado. Se taparon los tubos y se colocaron en baño maría durante 20 min a

100°C. Se enfriaron los tubos a temperatura ambiente, se colocó una muestra en celdas y se procedió a leer en el espectrofotómetro a 630 nm.

3.2.7 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada una de las variables se sometieron a un análisis de varianza y prueba de medias (Tukey) mediante el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS, 2004).

El modelo estadístico empleado fue diseño anidado de tres estados descrito por Montgomery (2013) y se describe a continuación:

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_{j(i)} + \gamma_{k(ij)} + \varepsilon_{(ijk)l}$$

Donde:

y_{ijkl} = Es el valor de la característica en estudio observado.

μ = Es la media general del experimento.

τ_i = es el efecto del i th uso,

$\beta_{j(i)}$ = es el efecto de la j th especie dentro del i th uso

$\gamma_{k(ij)}$ = es el efecto de la k th genotipo dentro de la j th especie y del i th uso

$\varepsilon_{(ijk)l}$ = es el término del error

También, se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) para analizar el aporte de cada variable evaluada en cada componente. El ACP se calculó a partir de la matriz de correlación de los caracteres y se obtuvo una descripción del conjunto de poblaciones y del número total de variables en la evaluación. También se efectuó un análisis de conglomerados, con una matriz de distancias euclidianas para definir grupos de poblaciones con características similares. En ambos análisis se utilizó el programa SAS 9.3

3.3 Preferencias consumidores y productores de amaranto para verdura

3.3.1 Tamaño de muestra

La información sobre las preferencias de los productores se obtuvo por medio de la aplicación de 25 entrevistas, principalmente en los domicilios particulares de cada productor; estos productores entrevistados fueron quienes donaron la semilla de la mayor parte de las poblaciones colectadas. Para conocer las preferencias de los consumidores se visitaron los mercados de Nanacatlán, Tuxtla y Zapotitlán, localidades comprendidas dentro del municipio de Zapotitlán de Méndez, Pue., y se solicitó a las personas que compraban quiltoniles contestar un cuestionario; por medio de este procedimiento se obtuvieron 90 entrevistas.

3.3.2 Diseño de cuestionario

El cuestionario para conocer el uso y manejo de amaranto como verdura en los productores constó de 22 preguntas cerradas. La primera parte se preguntó datos generales del productor como comunidad, municipio, nombre, edad, género, escolaridad, ocupación; en segundo lugar las preguntas estuvieron relacionada con el manejo y el aprovechamiento de amaranto como verdura.

El cuestionario para productores constó de 18 preguntas cerradas con tres opciones de respuesta y, seis fueron con preguntas abiertas. La primera parte se preguntó datos generales del productor: comunidad, municipio, nombre, edad, género, escolaridad, ocupación; las preguntas estuvieron dirigidas al productor, donde se preguntó ¿Qué variedad de amaranto (quiltonil) prefiere sembrar, rojo, verde, combinado?, ¿por qué?, y ¿cuál compra o prefiere más la gente? (Anexo 1).

El cuestionario para preferencias en consumidores constó de 24 preguntas cerradas con tres opciones de respuesta, y seis preguntas abiertas. La primera parte se preguntó datos generales del consumidor, como comunidad, municipio, nombre, edad, género, escolaridad, ocupación; las preguntas estuvieron dirigidas al consumidor para la compra de la verdura. Algunas preguntas que

se incluyeron fueron ¿Por qué consume el amaranto (quiltonil)? y ¿Qué tan seguido compra y consume el amaranto-verdura? (Anexo 2).

3.3.3 Variables de estudio

Las variables de estudio determinadas en los consumidores estuvieron relacionadas con sus preferencias en cuanto a color, apariencia y textura de la planta y en el tamaño de hoja y planta que prefieren al momento de la compra del amaranto como verdura. También se indagó acerca de las razones por las cuales consumen quiltoniles, precio de compra, facilidad de acceso al producto, olor al cocinarlo, sabor al comerlo, la frecuencia de consumo y si recomendarían la incorporación del amaranto como verdura en la dieta regular de la población.

En los productores las variables estuvieron principalmente relacionadas con el color de la verdura que siembran, manejo agronómico del cultivo, fechas de siembra, precio de venta y cantidad cosechada.

3.3.4 Análisis de preferencias

Para el análisis de la información se llevó a cabo un análisis con estadística descriptiva para conocer las características del producto al momento de la compra y de la aceptación del producto por parte del consumidor. Este tipo de análisis permitió también conocer las preferencias de siembra y venta de la verdura. Se obtuvieron las frecuencias para cada respuesta (variable) para generar tablas de contingencia. El análisis de datos se realizó con la prueba de Chi-cuadrada y prueba de Fisher. Se utilizó el software R ver 3.4.0 (R Core Team, 2017) en el ambiente integrado de desarrollo *R-studio* ver 1.0.143 (RStudio Team, 2017)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Colecta de semillas de amaranto como verdura

En el trabajo en campo se aplicaron 22 entrevistas a productores y se colectaron 31 muestras de semilla de poblaciones locales de amaranto para verdura. Las comunidades donde se obtuvieron las entrevistas y colectas fueron cinco personas de Nanacatlán, 15 de Tuxtla, una de Zapotitlán y una de Zongozotla. Se encontró que el 50 % de los productores destinan la verdura para la venta y un 45 % para consumo propio.

El promedio de edad de los productores fue de 58.3 años. El menor tuvo 40 y los mayores 78 años. La mayor parte de la producción se lleva a cabo en terreno propio (68.2 %), pero también se presentan casos donde alquilan el terreno (27.3 %). Se encontró que el tamaño del lote de producción es pequeño y que en esta superficie no se siembra únicamente amaranto, sólo una pequeña porción del lote. El tamaño de predio más frecuente fue de 625 a 1250 m² (41.9 %), le sigue los siguientes tamaños de predios 2500 m² (22.6 %), menor a 50 m² (19.3 %), 5000 m² (12.9 %) y 100 a 625 m (3.2%).

4.1.1 Características de la planta

En el lote de observación que se estableció en Moyotzingo se encontró que cinco colectas no germinaron y no se obtuvo planta suficiente para tomar mediciones. También, se observó que tres accesiones fueron del género *Celosia*, este género es usado como ornato por lo cual no se emplearon en el ensayo posterior. El resto de las accesiones (24) fueron del género *Amaranthus* de las cuales se identificaron 12 accesiones de la especie *A. hypochondriacus* y 12 de la especie *A. hybridus*. Mapes *et al.*, (2012b) ha reportado la presencia de estas especies en la Sierra Norte de Puebla y su consumo como verdura. Las colectas de *A. hybridus* fueron en general de planta verde y espiga

verde, una accesión presentó planta roja y tres accesiones fueron de espiga roja. Las accesiones de *A. hypochondriacus* fueron de planta verde y sólo tres fueron rojas, pero en todas las colectas las espigas fueron de color rojo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especie y características de planta y panoja de las colectas de amaranto para verdura de Zapotitlán de Méndez evaluadas en Moyotzingo, Puebla. 2016.

Genotipo	Especie	Días a floración media	Altura de planta (cm)	Longitud de panoja (cm)	Color de planta	Color de espiga
AV17	<i>A.hybridus</i>	62.7	92.4	30.4	roja	roja
AV31	<i>A.hybridus</i>	63.0	68.2	29.6	verde	roja
AV8	<i>A.hybridus</i>	72.0	146.5	58.0	verde	roja
AV9	<i>A.hybridus</i>	124.3			verde	verde
AV13	<i>A.hybridus</i>	68.0	110.6	42.3	verde	verde
AV18	<i>A.hybridus</i>	68.3	116.7	51.9	verde	verde
AV19	<i>A.hybridus</i>	64.0	102.0	34.3	verde	verde
AV20	<i>A. hybridus</i>	67.3	110.4	54.1	verde	verde
AV22	<i>A. hybridus</i>	95.5	94.3	31.0	verde	verde
AV24	<i>A. hybridus</i>	61.0	86.1	27.2	verde	verde
AV30	<i>A. hybridus</i>	61.0	71.0	27.9	verde	verde
AV29	<i>A. hybridus</i>	63.3	101.0	37.4	verde	verde roja
AV6	<i>A. hypochondriacus</i>	85.0	86.3	35.2	roja	roja
AV14	<i>A. hypochondriacus</i>	76.3	93.2	32.1	roja	roja
AV16	<i>A. hypochondriacus</i>	82.0	108.6	43.3	roja	roja
AV1	<i>A. hypochondriacus</i>	75.5	91.3	33.1	verde	roja
AV3	<i>A. hypochondriacus</i>	81.5	116.2	43.3	verde	roja
AV4	<i>A. hypochondriacus</i>	82.3	99.7	34.6	verde	roja
AV21	<i>A. hypochondriacus</i>	75.0	92.9	39.9	verde	roja
AV23	<i>A. hypochondriacus</i>	77.0	90.6	33.6	verde	roja
AV25	<i>A. hypochondriacus</i>	76.3	89.1	31.8	verde	roja
AV28	<i>A. hypochondriacus</i>	80.7	93.2	31.1	verde	roja

También se encontraron diferencias en días a floración masculina entre las especies. La especie *A. hypochondriacus* fue un poco más tardía que *A. hybridus* por 6.3 días. Las colectas pertenecientes a la especie *A. hypochondriacus* alcanzaron la floración media en un intervalo de 10 días, mientras

que las colectas clasificadas como *A. hybridus* florecieron en un intervalo de 62.3 días. Ambas especies presentaron promedios de longitud de panoja y de altura de planta similares (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores máximo, mínimo y promedio de las variables evaluadas de dos especies de amaranto para verdura de Zapotitlán. Moyotzingo, Puebla, 2016.

	<i>A. hybridus</i>			<i>A. hypochondriacus</i>		
	DFM	AP (cm)	LP (cm)	DFM	AP (cm)	LP (cm)
Máximo	124.3	146.5	58.0	85.0	116.2	43.3
Mínimo	61.0	68.2	27.2	75.0	86.3	31.1
Promedio	72.5	99.9	38.6	79.2	96.1	35.8

DFM = Días a floración media; AP = Altura de planta; LP = Longitud de panoja.

4.1.2 Uso y manejo de amaranto por los productores

De las entrevistas con productores donantes de semilla se encontró que la semilla que utilizan para siembra proviene de las plantas que dejaron madurar para este fin y que cosecharon en el ciclo anterior. Para obtener las semillas los agricultores cortan de la planta madura la parte floral y la secan al sol. Para separar las semillas frotan con las manos la inflorescencia para que la semilla se desprenda y la guardan en una bolsa de plástico. Se reportaron dos periodos para la siembra, la principal es de octubre a noviembre (77.3 %) y la segunda en enero a mayo (13.6 %), pero también es posible sembrar en junio e incluso todo el año (9.1 %).

En el lote de producción en donde se cultiva el amaranto se encuentran otras especies asociadas, lo más común es chile (90.1%), maíz-frijol (9.1%), además del cilantro, jitomate, hierbamora, jícama, el papaloquelite, col, lechuga y lengua de vaca.

Las labores que se realizan para el cuidado y mantenimiento del amaranto para verdura es sólo el deshierbe, el 100% es manual o con azadón. Este se realiza después de 15 días de la siembra.

Los productores reportaron que el amaranto no tiene plagas (40.9 %) o que rara vez se presentan plagas (36.4 %). Sin embargo, para el control de plagas se reportó que el 68.1% ha utilizado algún insecticida.

La cosecha se realiza al cortar la planta. El número de cortes de la planta, según los entrevistados, es variable de acuerdo el manejo: se reportó que puede ser de 2-3 (52.4 %), de 2-4 (19.0 %), o de 4-5 (28.6 %). En función del número de cortes, la producción puede durar dos meses (14.3 %), 2-3 meses (19.1 %), o 3 meses (66.7). El primer corte es un mes después de la siembra (81.8 %) o al mes y medio (18.2 %). El tamaño de la planta para realizar el corte es muy variable, ya que se mencionó que puede ser de 10-15 cm (10.0 %), de 15-20 cm (25.0 %) y de 20-30 cm (65.0 %).

El tamaño de planta más común que se vende en el mercado es de 20-30 cm (72.3 %) pero también se reportó el de 15 a 20 cm (27.3 %). Los meses de consumo en general son de noviembre a febrero (86.4 %), junio a agosto (13.6 %) por que la producción dura 3 meses.

Los productores mencionaron que además de producir la planta venden el producto obtenido en los mercados locales. El 72.7 % se dedica a la producción y venta, el 22.7 % al consumo propio y sólo a la venta el 4.5 %. La frecuencia de venta es de una vez a la semana (22.7 %), de una a dos ocasiones (40.9 %), de dos a tres (4.5 %) y no vende el producto, sino que lo produce para autoconsumo (31.8 %). El precio de venta por manojo es de tres pesos incluso hasta cinco pesos.

Los lugares de venta son mercados locales como los ubicados en Zapotitlán, Huitzilán, Nanacatlán, Tuxtla, Ixtepec, Tepango o Xochitlán. El consumo es frecuente, pues se reportó que consumen quelites dos veces por semana (40.9 %), de 2 a 3 veces el (50.1 %) y de 3 a 4 veces (9.0 %).

4.2 Calidad nutritiva de las especies y variedades de estudio

El análisis de varianza se presenta en el Cuadro 4. Se puede observar que en el factor de variación Uso sólo hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en PSTAL y FDA. En el factor de variación Especie anidado en Uso [E (U)] hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en FDN y FDA y a $P \leq 0.05$ en Cenizas. En el factor de Tratamiento anidado en Uso y Especie [T (U E)] únicamente en las variable PSHOJA, PSTAL y PSTOTAL no hubo diferencias significativas entre los genotipos evaluados, en el resto hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$).

Cuadro 4. Cuadrados medios del Uso, Especie y Tratamiento de las variables evaluadas en poblaciones y variedades de amaranto. Zapotitlán de Méndez, Puebla, 2016.

Variable	Cuadrados medios					CV	Cuadrados medios del Error			
	Uso		E (U)		T (U E)		Uso	E (U)	T (U E)	
PSHOJA	636.03	ns	1419.97	ns	721.73	ns	39.0	721.73	721.73	420.50
PSTAL	2678.98	**	587.54	ns	237.94	ns	36.1	237.94	237.94	197.32
PSTOTAL	5971.31	ns	3449.78	ns	1462.67	ns	34.4	1462.67	1462.67	990.89
CENIZAS	0.0240	ns	4.08	*	0.9932	**	3.1	0.9932	0.9932	0.404
PC	2.96	ns	22.15	ns	8.54	**	9.1	8.52	8.49	1.70
FDN	64.67	ns	195.86	**	35.9	**	3.1	35.62	35.51	6.24
FDA	256.93	**	225.95	**	30.35	**	11.5	30.14	30.05	8.03
LIGNINA	8.38	ns	4.23	ns	7.23	**	38.6	7.18	7.16	2.65
CAB	7.89	ns	17.62	ns	9.48	**	16.6	9.43	9.40	0.75
FDT	3.31	ns	105.98	ns	43.97	**	4.5	43.89	43.79	9.70

E (U) = Especie (uso); T (U E) = Tratamiento (uso especie); PSHOJA = Peso seco de hoja; PSTAL = Peso seco de tallo; PSTOT = Peso seco total; PC = Proteína Cruda; FDN = Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido; FDT = Fibra dietaria total, LIG = Lignina, CAB = Carbohidratos solubles, CV=coeficiente de variación.

4.2. 1 Medias por uso

En el análisis de medias por Uso (Cuadro 5) se encontró que los amarantos utilizados para la producción de grano presentaron mayor peso en PSTAL y mayor porcentaje de FDA.

En la variable PSTAL los amarantos para grano (45.68 g) tuvieron un mayor peso de tallo que las especies con uso de verdura (34.2 g). Las especies para verdura, según Mapes *et al.* (1996) y Mapes *et al.* 1997) tienen mayor producción de hoja por la selección que le ha realizado el hombre.

En la variable FDA los amarantos para grano tienen mayor valor (26.0 %) que las de verdura (23.4 %). Esta característica da indicio de mejor palatabilidad de las especies de verdura. Esto concuerda con lo reportado por Mapes *et al.* (1996), Mapes *et al.* (1997) y Brenner *et al.* (2000) quienes mencionan que los amarantos consumidos como verdura tienen mejor características para el consumo para este propósito por la selección realizada por los productores.

Cuadro 5. Promedios de diez variables del análisis proximal en plantas de amaranto con uso como verdura o producción de grano evaluadas en Zapotitlán de Méndez Puebla, México. 2016.

Uso	PSHOJ A (g)	PSTAL (g)	PSTOT (g)	CNZ (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	CAB (%)	FDT (%)
Grano	55.8 a	45.6 a	101.4 a	20.2 a	14.4 a	41.7 a	26.0 a	4.5 a	5.0 a	69.8 a
Verdur a	50.3 a	34.2 b	84.4 a	20.4 a	14.2 a	40.4 a	23.4 b	4.0 a	5.4 a	69.5 a

PSHO= peso seco de hoja; PSTAL= peso seco de tallo; PSTOT; peso seco total; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente acido; FDT= fibra dietaria total, LIG=lignina, PC= proteína cruda, CAB= carbohidratos solubles, CNZ=cenizas. Medias con las misma letra en la misma columna son iguales estadísticamente ($P \leq 0.05$).

4.2.2 Medias por especie

En el Cuadro 6 se presentan las medias de las variables estudiadas por Especie. Las variables que mostraron diferencias significativas fueron FDN, FDA y Cenizas.

Cuadro 6. Medias de diez variables de análisis proximal de cuatro especies de amaranto evaluadas en Zapotitlán de Méndez, Puebla, México en 2016.

Especie	Uso	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	FDT (%)	CNZ (%)	CAB (%)	PSHOJA (g)	PSTAL (g)	PSTOT (g)
crue	grano	14.1 a	40.1 b	24.0 _b	4.8 a	67.9 a	20.1 b	5.2 a	57.5 a	49.9 a	107.5 a
hypo	grano	14.6 a	43.3 a	27.9 a	4.2 a	71.7 a	20.4 ab	4.8 a	54.1 a	41.2 a	95.3 a
hypo	verdura	13.6 a	42.0 a	24.9 _b	4.1 a	67.0 a	19.9 b	4.8 a	57.8 a	37.3 a	95.2 a
hybri	verdura	14.7 a	38.9 b	22.0 c	3.9 a	69.1 a	20.7 a	6.0 a	42.7 a	31.1 a	73.7 a

crue = *A. cruentus*; hyp = *A. hypochondriacus*; hybri = *A. hybridus*; PC = Proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; LIG = Lignina; FDT = fibra dietaria total, CNZ = Cenizas; CAB = Carbohidratos solubles; PSHOJA = peso seco de hoja; PSTAL = peso seco de tallo; PSTOT = peso seco total. Medias con la misma letra en la misma columna son iguales estadísticamente ($P \geq 0.05$).

Fibra Detergente Neutro

En FDN las especies de *A. hypochondriacus* para grano y *A. hypochondriacus* para verdura tuvieron los mayores valores de FDN con 42.0 y 43.3 %. Estos valores superaron al de *A. cruentus* y *A. hybridus* (40.1 y 38.9 %, respectivamente).

Fibra Detergente Ácido

La especie *A. hypochondriacus* para grano presentó el valor más alto con 27.9 %. En segundo lugar estuvieron *A. hypochondriacus* para verdura y *A. cruentus* con 24.9 % y 24.0 %, al final estuvo la especie *A. hybridus* con 22.0 %. Los valores menores de FDA de *A. hybridus* encontrados concuerdan con lo reportado por Mapes *et al.* (1996) y Mapes *et al.* (1997), en donde sugieren que la selección de amarantos para verdura les confiere mayor calidad para consumo en fresco; esta

selección también les proporciona una mayor palatabilidad (Brenner *et al.*, 2000). Sin embargo, Stodahl *et al* (1999) encontraron al evaluar accesiones de grano y verdura que las accesiones difirieron en calidad, pero las diferencias no estuvieron relacionadas al tipo de amaranto (grano o verdura), sino que fueron independientes de su uso además hubo poblaciones sobresalientes en calidad ambos tipos de uso.

Cenizas

Las especies con mayor contenido de cenizas fue *A. hybridus* y *A. hypochondriacus* grano con 20.7 y 20.4 %. En cenizas la especie de *A. hypochondriacus* para verdura presentó lo niveles más bajos con 20.0%, lo que significa un menor contenido de minerales.

4. 2.3 Medias por Tratamiento

En el Cuadro 7 se presentan los promedios de las variables consideradas en 43 accesiones de amaranto evaluadas.

Proteína cruda

Se encontró que el contenido de proteína cruda observado estuvo entre 11.1 y 17.8 %, con una media general de 14.3 %. El análisis de medias de los contenidos de proteína en los genotipos evaluados (Cuadro 8) se encontró que un el grupo formado por 14 poblaciones y variedades tuvieron los mayores niveles de proteína ($P \leq 0.5$) con valores entre 14.9 y 17.8 %. Este grupo incluyó representantes de las tres especies y de los dos usos evaluados, de la especie *A. hypochondriacus* de grano estuvo CP30, CP2, Gabriela, Nutrisol, Areli y PQ. En *A. hypochondriacus* de verdura estuvo AV28. En *A. cruentus* fueron CP39, Amaranteca y Benito. En *A. hybridus* fueron AV17, AV29, AV18, AV 31 y AV9. En general la media se encuentra en el nivel reportado por otros investigadores. La literatura reporta valores de proteína en plantas de amaranto de diversas especies y edades de planta de 13.6 % (Seguin *et al.*, 2013) hasta 33.5 %

(Morales *et al.*, 2014). Esta amplia variación en el contenido de proteína se debe a la especie, manejo y edad de la planta (Stodahl *et al.*, 1999; Sleugh *et al.*, 2001) en que se hizo la determinación del nivel de proteína. Sin embargo, todos los genotipos evaluados el nivel de proteína cruda son alto.

En *A. hypochondriacus*, Seguin *et al.* (2013) determinaron 13.6 y 15.2 % de proteína cruda. Pospíšil *et al.* (2009) encontraron 15.2 a 21.6 % y explican que la variación se debió al cultivar y año de evaluación. Abbasi *et al.* (2011) reportaron 24.3 a 26.5 %. En otras especies del género *Amaranthus* se han reportado valores de proteína parecidos a los hallados en esta investigación. Nehal *et al.* (2016) encontraron 17.28 % en *A. lividus*. Acevedo *et al.* (2007) reportan 18 % en promedio de *A. dubius*, *A. spinosus* y *A. gracilis*. Arellano (2004) determinó 22.12 % en *A. dubius*. Wesche-Ebeling *et al.* (1995) encontraron 19.7 a 21.0 % en *A. retroflexus*, *A. palmeri* y *A. blitoides*. Onyango *et al.* (2008) reportaron un promedio 26.1 % en varias especies de amaranto de Kenia (*A. spp.*); por último, Alfaro *et al.* (1987) reportan el 29.5 %.

Cuadro 7. Promedios de las variables evaluadas en 43 accesiones de amaranto de tres especies y dos usos diferentes evaluados en Zapotitlán de Méndez, Puebla, México en 2016.

Gene	Uso	Esp	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	FDT (%)	CNZ (%)	CAB (%)	PSHOJA (g)	PSTAL (g)	PSTOT (g)
AV25	V	hipo	14.73	44.26	26.45	1.71 a	76.28	20.00	7.07 a	94.3	45.5	139.9
AV6	V	hipo	13.63	40.72	24.57	4.22	74.73	21.00	6.89 a	60.7	55.0	115.7
AV28	V	hipo	15.75 a	38.39 a	22.58 a	3.82	70.43 a	20.25	6.38 a	61.0	42.8	103.8
AV23	V	hipo	14.56	41.65	23.67	3.49	65.64 a	20.25	5.72 a	58.3	36.9	95.2
AV7	V	hipo	12.86	42.54	25.43	5.08	70.36 a	20.50	5.46	38.4	21.4	59.8
AV12	V	hipo	14.22	38.04 a	19.30 a	3.11 a	71.57 a	16.00 a	5.18	25.4	12.8	38.2
AV14	V	hipo	13.88	42.65	24.25	3.13 a	70.23 a	20.00	4.86	61.1	40.9	102.0
AV4	V	hipo	12.00	43.44	25.70	6.22	63.87 a	20.25	4.84	66.8	40.7	107.5
AV16	V	hipo	13.20	45.41	25.00	6.32	71.68 a	20.00	4.05	44.5	29.4	74.0
AV21	V	hipo	14.22	39.30 a	21.02 a	4.38	66.46 a	20.25	3.25	71.4	43.6	115.0
AV3	V	hipo	11.15	47.33	34.62	2.49 a	69.28 a	20.00	2.66	48.5	48.8	97.3
AV1	V	hipo	13.54	40.09	25.79	5.52	69.05 a	20.25	1.55	63.3	29.9	93.3
AV24	V	hybri	13.88	40.36	24.08	3.32 a	69.00 a	20.75	8.04 a	76.1	47.2	123.4
AV30	V	hybri	14.39	39.81 a	22.35 a	3.91	69.39 a	21.00	7.68 a	39.0	19.3	58.4
AV20	V	hybri	14.56	32.78 a	22.40 a	5.66	65.45 a	21.00	7.66 a	38.0	34.1	72.2
AV17	V	hybri	15.07 a	35.82 a	19.81 a	3.75	66.36 a	20.50	7.43 a	25.8	28.4	54.2
AV22	V	hybri	14.05	41.09	23.13	5.21	62.16 a	20.75	7.04 a	32.8	17.5	50.4
AV8	V	hybri	13.54	40.72	24.57	4.22	76.77	20.50	6.09 a	29.5	33.3	62.8
AV9	V	hybri	14.90	43.16	14.34 a	4.23	76.84	20.50	5.79 a	47.0	53.0	100.0
AV29	V	hybri	15.24 a	38.01 a	21.18 a	2.85 a	67.85 a	20.75	5.64 a	35.8	18.6	52.9
AV19	V	hybri	13.54	37.16 a	23.73	4.37	70.28 a	20.75	4.98	37.6	26.5	64.1
AV13	V	hybri	14.22	37.56 a	22.83 a	3.04 a	72.57	20.75	4.68	56.0	29.1	85.1
AV18	V	hybri	15.07 a	45.98	25.46	4.03	65.67 a	20.50	4.23	62.1	48.7	110.7
AV31	V	hybri	17.80 a	34.64 a	20.22 a	2.46 a	67.30 a	20.50	3.12	33.0	17.1	50.1
CP38	G	cruen	12.17	42.41	25.84	7.96	66.02 a	20.25	7.36 a	69.6	52.2	121.8
CP36	G	cruen	13.71	43.70	27.43	3.58	64.76 a	20.25	6.41 a	52.7	54.4	107.2
CP40	G	cruen	13.71	38.08 a	25.83	5.70	68.75 a	20.25	5.98 a	56.9	54.4	111.3
CP39	G	cruen	15.58 a	38.53 a	23.16	3.54	75.26	20.25	5.66 a	58.4	57.8	116.3
Amaranteca	G	cruen	15.92 a	44.47	23.71	4.59	64.56 a	19.25	4.82	51.1	36.1	87.3
CP34	G	cruen	12.69	37.97 a	24.35	4.34	68.20 a	20.25	3.97	46.1	44.9	91.1
Benito	G	cruen	14.90 a	36.86 a	20.30 a	5.00	67.43 a	20.00	3.88	65.6	47.8	113.4
CP15	G	cruen	14.22	38.60 a	21.48 a	3.76	68.64 a	20.50	3.47	59.6	51.8	111.4
CP30	G	hipo	15.58 a	47.68	25.94	4.56	76.22	20.50	6.79 a	55.6	35.9	91.6
Areli	G	hipo	15.75 a	43.33	24.41	3.78	78.87	20.25	6.43 a	31.5	36.6	68.1
Gabriela	G	hipo	14.91 a	41.80	27.52	4.49	73.95	20.75	6.00 a	40.9	35.9	76.8
Diego	G	hipo	14.39	41.04	25.60	3.57	71.56 a	20.50	5.75 a	37.7	39.0	76.7
Revancha	G	hipo	13.88	40.85	30.32	2.65 a	66.61 a	20.00	5.34	133.4	57.7	191.1
CP2	G	hipo	15.24 a	42.66	26.80	2.38 a	70.22 a	20.00	5.00	53.0	54.1	107.2
PQ	G	hipo	14.90 a	43.35	28.15	6.06	69.99 a	20.50	4.62	58.8	34.8	93.6

Laura	G	hipo	13.37	40.51	29.61	6.70	67.81 a	20.50	4.36	45.6	29.9	75.6
Nutrisol	G	hipo	16.60 a	41.75	27.09	4.62	75.55	20.50	3.89	32.3	30.0	62.3
Rojita	G	hipo	13.20	44.98	27.91	5.45	71.96	20.25	2.72	48.1	48.1	96.2
CP43	G	hipo	13.37	48.96	33.95	1.58 a	66.50 a	20.50	1.74	57.9	51.0	109.0
DMS			3.06	7.47	8.47	4.84	10.6	2.61	2.54	77.56	59.2	124.53
Máximo			17.80	48.96	34.62	7.96	78.87	21.00	8.04	133.4	57.8	191.1
Mínimo			11.15	32.78	14.34	1.58	62.16	16.00	1.55	25.4	12.8	38.20
Media			14.28	41.12	24.69	4.20	69.81	20.28	5.22	52.6	38.9	91.51

Gene= Genotipo; V = verdura; G = grano; hipo = *A. hypochondriacus*; cruen = *A. cruentus*; hybri= *A. hybridus*; PC= Proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; FDT= fibra dietaria total, CNZ = Cenizas; CAB = Carbohidratos solubles; PSHOJA = peso seco de hoja; PSTAL = peso seco de tallo; PSTOT = peso seco total, a = medias pertenecientes al grupo superior estadísticamente ($p \leq 0.05$). DMS = diferencia mínima significativa.

La edad de la planta también afecta el contenido de proteína, pues Sleugh *et al.* (2001) en *A. hypochondriacus* y *A. hybridus* a los 42 días después de la emergencia, reportaron que el nivel de proteína encontrado fue de 27.0 % y que el contenido se redujo a 10.0 % a los 112 días después de la emergencia. Por su parte Stordahl *et al.* (1999) reportan 23 % a la octava semana de emergida la planta, el contenido declinó a 13 % a la 15 semana en *A. hypochondriacus* y *A. hybridus*.

Entre especies con uso para grano se han reportado diversos niveles en el contenido de proteína. Morales *et al.* (2014) reportaron valores de 20.9 a 33.0 % en *A. cruentus*, de 21.6 % en *A. hypochondriacus* y de 22.1 a 33.5 % en *A. hybridus*.

Dentro de especies se ha reportado diversidad en el contenido de proteína Shukla *et al.* (2006) encontraron, al evaluar 29 líneas de *A. tricolor*, considerable variabilidad genética. También, Stodahl *et al.* (1999) al evaluar accesiones de amaranto para grano y verdura encontraron diferencias entre las accesiones en calidad.

Fibra Detergente Neutro

Los valores encontrados estuvieron entre 32.8 y 48.96 %, con una media de 41.17 % (Cuadro 7). Los valores más bajos de FDN lo tuvieron las siguientes especies y accesiones. En *A.*

hypochondriacus verdura AV-28, AV12 y AV21. En *A. hybridus* AV20, AV17, AV30, AV19, AV29, AV13 y AV31. En *A. cruentus* CP39, Amaranteca, CP15, CP34 y CP40. Cabe destacar que en *A. hypochondriacus* grano no hubo ninguna accesión con bajo nivel de FDN.

Los niveles de FDN encontrados son parecidos a los reportados por otros investigadores como Seguin *et al.* (2013), quienes reportaron valores de 40.1 y 37.2 % en dos genotipos de *A. hypochondriacus*. Pospíšil *et al.* (2009) en tres diferentes etapas de desarrollo de *A. hypochondriacus* encontraron niveles de FDN de 42.3 a 47.8 %. Diversos autores han estudiado *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*, por ejemplo Stordahl *et al.* (1999) reportó el 35 %. Sleugh *et al.* (2001) encontraron de 31.0 a 43.0 %. García-Pereira *et al.* (2009) encontraron en tallo 66.4-73.1 g kg⁻¹ y en hoja de 38.2 a 47.4 %. En *A. tricolor* Abbasi (2012) encontró 34.8-31.1 %. Entonces la variación en los niveles de FDN observa (32.8 a 48.96 %), se explica por los diferentes criterios de selección que fueron sometidos por los productores y la variación entre especies y genotipos (Mapes *et al.*, 1996 y Mapes *et al.*, 1997). En general los amarantos para verdura tuvieron niveles de FDN más bajos que los de grano. Estos niveles encontrados hacen al amaranto una opción para el consumo humano y como forraje para rumiantes como lo reporto García-Pereira *et al.* (2009), Pospíšil *et al.*, (2009) y Stordahl *et al.* (1999).

Fibra Detergente Acido

Los valores estuvieron entre 14.34 y 34.62 %, la media fue de 24.69 % (Cuadro 7). El grupo con menor cantidad de FDA estuvo constituido en *A. hypochondriacus* verdura por las poblaciones AV28, AV12 y AV21. En *A. hybridus* por AV30, AV20, AV17, AV29, AV9, AV13 y AV31. En *A. cruentus* por CP15 y Benito. En *A. hypochondriacus* grano no hubo accesiones sobresalientes. La explicación del menor contenido de FDA en genotipos de las especies con uso como verdura es por la selección realizada por los productores (Mapes *et al.*, 1996 y Mapes *et al.*, 1997) que buscan

mayor palatabilidad en los amaranto consumidos como verdura (Brenner *et al.*, 2000). Otros investigadores han reportado niveles de FDA parecidos a los en este estudio. En *A. hypochondriacus*, Seguin *et al.* (2013) reportaron 29.1-24.7 % de FDA. Abbasi, (2011) encontró entre 20.7-21.5 %. Pospíšil *et al.*, (2009) en tres diferentes estados de desarrollo de la planta reportan 27.4 a 36.6 %. En trabajos donde estudiaron *A. hypochondriacus* y *A. hybridus*, Stordahl *et al.* (1999) reportaron 26 %. Sleugh *et al.* (2001) encontraron 17.4 % a los 42 días de la emergencia y de a 30.34 % a los 112 días después de la emergencia. Por su parte García-Pereira *et al.* (2009) estudiando genotipos de *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* encontraron de 66.4-73.1 % en tallo y de 38.2-47.4 % en hoja. En general los contenidos FDN Y FDA, van a variar en cada planta que se evalúe, debido a cambios fisiológicos que presenta la planta durante su ciclo de vida.

Lignina

Los valores de lignina variaron de 1.58 y 7.96 %, con un media de 4.2 % (Cuadro 7). Para esta variable, el grupo de accesiones con el menor contenido ($P \leq 0.5$) estuvo integrado por poblaciones o variedades de diferentes especie y uso. En *A. hypochondriacus* verdura fueron los genotipos AV25, AV12, AV14, AV3 y AV24. En *A. hybridus* AV29, AV13 y AV31. En *A. hypochondriacus* grano CP2, CP43 y Revancha. En *A. cruentus* no hubo ningún tratamiento en el grupo de menor lignina. Los valores obtenidos fueron parecidos a los reportados por la literatura. La variación en Ligninas se puede deber al genotipo, condiciones de producción y edad de la planta y a la selección por parte de los productores. Seguin *et al.* (2013) en *A. hypochondriacus* reportaron 3.1 y 2.5 %. Sleugh *et al.* (2001) en *A. hypochondriacus* y *A. hybridus* reportan valores de 1.7 a 2.9 % a los 42 días después de la emergencia y de 3.2 a 7.3 % a los 112 días después de la emergencia; por su parte Abbasi (2011) en *A. hypochondriacus* encontró niveles de 2.53-2.58 %.

Fibra Dietaría Total

De acuerdo a los resultados los valores de Fibra Dietaría Total variaron de entre 62.16 a 78.87 % en los 43 genotipos de amaranto evaluados (Cuadro 7). Diversos investigadores han reportado diferentes niveles de Fibra cruda en amaranto, por ejemplo Nehal *et al.* (2016) en *A. lividus* reportaron un 8.35 %; Wesche-Ebeling *et al.* (1995) en *A. retroflexus*, *A. palmeri* y *A. blitoides* encontraron 16.6-19.4 %; Onyango *et al.*, 2007 en varias especies de amaranto hallaron 1.1 %; Morales *et al.* (2014) reporta en *A. cruentus* 8.6-13.1 %, en *A. hypochondriacus* 11.8 % y en *A. hybridus* de 10.5-24.6 %. Sin embargo, los resultados en fibra dietaría total obtenidos en esta investigación fueron altos, esto es debido a que los autores citados determinaron fibra cruda y esta es solo una parte de la fibra dietaría total. En esta investigación se determinó la fibra dietaría total (FDT) que es la suma de la fibra insoluble y la fibra soluble. La fibra insoluble se encuentra en los componentes como la celulosa, hemicelulosa, lignina que con el agua forman mezclas de baja solubilidad; en la fibra soluble se encuentra las pectinas, gomas, mucilagos, junto con el agua forman una mezcla de consistencia más viscosa que la fibra insoluble. En la determinación de FDT se utilizaron enzimas que asemejan el real proceso digestivo que se lleva a cabo en el tracto digestivo de los humanos. También, la fibra se puede categorizar de acuerdo a la fermentación bacteriana en fibra poco fermentable y fibra muy fermentable. Con base en los resultados de FDT se puede decir que el contenido de las muestras contiene fibra muy fermentable porque contienen alta cantidad de fibra soluble (celulosa, hemicelulosa, lignina) e insoluble (gomas, pectinas, mucilagos). Comparado con otros cultivos donde se hicieron FDT los contenidos de fibra dietaría total coincide con lo encontrado por Mayorga *et al.* (2013) quienes reportan en *Amaranthus caudatus* niveles de FDT de 62.74 %.

Cenizas

Los valores de cenizas (CNZ) encontrados (Cuadro 7) fueron de 16 a 21 %, similares a los encontrados por diversos estudios. Wesche-Ebeling *et al.* (1995) en *A. retroflexus*, *A. palmeri* y *A. blitoides* reportan niveles de 16.9-22.1 %. Onyango *et al.*, (2007) mencionan el promedio de diversas especies de amaranto con 19.2 %. Morales *et al.* (2014) reportan en *A. cruentus* valores de 16.1 a 21.6 %, en *A. hypochondriacus* 21.2 %, y en *A. hybridus* 23 a 28.3 %. García-Pereira *et al.*, (2009) en *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* reportan 16.3-18.9 % en tallo y 23 -28.3% en hoja. El contenido de cenizas encontrado en nuestro estudio y lo reportado son de importancia dando a conocer la cantidad de nutrientes que contiene el amaranto como verdura que se está consumiendo. Además de la luz y agua, la planta requiere minerales como macronutriente y micronutrientes. Donde estos elementos son absorbidos del suelo por las raíces. Así mismo gran parte de los elementos que el humano o animales ingieren son derivados de las sales minerales que fueron absorbidas del suelo por las plantas (Ray *et al.*, 1975).

Carbohidratos solubles

Los valores de carbohidratos solubles encontrados (Cuadro 7) se centraron en un rango de 1.55 a 8.44 %; estos valores fueron menores comparados con los $10.4 \pm 0.02\%$ repórtados por Kwenin, *et al.*, (2011) en *A. cruentus*. Pero son similares a los reportados por Nehal *et al.*, (2016) en *A. lividus* con 4.13 %. Mensah, (2008) determinó en *A. cruentus* 7.0 %. Asaolu, *et al.* (2012) en *A. hybridus* encontró 3.36 %. La variación en el contenido de carbohidratos depende de las condiciones de crecimiento, manipulación y condiciones de la siembra o plantación, así como las repuestas a la fertilización (Marshall, 1985). El nivel de carbohidratos solubles da idea del estado de las reservas de carbohidratos de la planta, es un parámetro fisiológico que puede dar alguna indicación de la salud y el vigor de la misma. Estos compuestos orgánicos formados por carbono, hidrogeno y oxígeno, suministran energía al cuerpo, para los diferentes procesos metabólicos en el organismo.

4.2.4 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales mostró que los tres primeros componentes principales, explicaron el 61% de la variación observada en los genotipos de amaranto estudiado, los valores propios fueron 3.14, 1.61 y 1.39, y la contribución fue de 31, 16 y 14 % de la variabilidad total (Cuadro 8). De acuerdo con los vectores propios el primer componente principal (CP1) las variables originales con mayor influencia fueron peso seco de hoja, peso seco de tallo y peso seco total. En el segundo componente principal (CP2) las variables originales de mayor importancia fueron proteína cruda, fibra detergente ácido y carbohidratos solubles. El tercer componente (CP3) fue explicado por fibra detergente neutro, lignina, fibra dietaría total y cenizas (Cuadro 9).

Cuadro 8. Valores propios, proporción y porcentaje acumulado para las diez variables originales evaluadas en variedades y colectas de amaranto en Zapotitlán de Méndez, Pué.

	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulado
1	3.1451	1.5345	0.3145	0.3145
2	1.6106	0.2196	0.1611	0.4756
3	1.3910	0.2464	0.1391	0.6147
4	1.1445	0.2693	0.1145	0.7291
5	0.8753	0.2035	0.0875	0.8166
6	0.6717	0.1627	0.0672	0.8838
7	0.5090	0.1408	0.0509	0.9347
8	0.3682	0.0837	0.0368	0.9715
9	0.2845	0.2845	0.0285	1

La distribución de los análisis proximales, con base en el CP1 ubicó de mayor contenido de PSHOJA, PSTAL, PSTOT, (GIII), este grupo se encuentra ubicado en el eje positivo. Así mismo el Grupo I también tiene una cantidad considerable de las variables medidas, por lo que se encuentra ubicado en el eje positivo. Mientras que el G IV se ubicó en el eje negativo por contener baja concentración de PSHOJA, PSTAL, PSTOT, al igual que el GV. El CP2 ubico al GII y GV por

contener la mayor concentración de PC, FDA, CARB. Mientras que en el eje negativo se ubicó GI, GIII y GIV al contener las concentraciones más bajas de PC, FDA, CARB. Por otra parte, el CP3 ubicó a GIII, GIV y GV por contener bajas concentración de FDN, LIG, CNZ y FDT.

Cuadro 9. Vectores propios para los tres primeros componentes principales y diez variables originales medidas en 43 accesiones de amaranto evaluadas en Zapotitlán de Méndez, Puebla, México.

Variable	Componente principal		
	CP1	CP2	CP3
PC	-0.2533	0.4736*	-0.2442
FDN	0.3082	-0.2953	-0.3865*
FDA	0.3604	-0.3883*	-0.1890
Lignina	-0.0443	-0.3509	0.5324*
FD	-0.0602	0.2336	-0.4723*
Cenizas	0.0647	0.0864	0.3384
Carboh	-0.1230	0.3634*	0.3208
PSHOJA	0.4628*	0.2764	0.1314
PSTAL	0.4592*	0.2436	0.0471
PSTOT	0.5110*	0.2911	0.1089

*= variables que explican mayor variación; PSHOJA=peso seco de hoja; PSTAL=peso seco de tallo; PSTOT=peso seco total; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; FD= fibra dietaria, CAB=carbohidratos solubles, PC=proteína cruda, LIG=lignina, CNZ=cenizas.

4.2.6 Análisis de Conglomerados

Con el análisis de conglomerados se confirmaron cinco grupos observados mediante análisis de componentes principales (Figura 2). El análisis de conglomerados mostró la conformación de cinco grupos, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.4 (Figura 2). Los Grupos I, II, III, IV y V se formaron con 17, 8, 3, 1 y 14 poblaciones, respectivamente. El grupo I está integrado por AV25, AV6, AV28, CP23, AV14, AV21, AV24, AV9, AV18, CP36, CP40, CP39, CP2, CP15, CP34,

Amaranteca, AV21, y Benito. El grupo II está conformado por AV7, AV1, AV16, AV4 y CP38
Rojita, PQ2, Laura. El grupo III por AV3, CP43 y Revancha. El grupo IV por AV-12 y el grupo V
por AV30, AV20, AV17, AV22, AV8, AV29, AV19, AV13, AV31, CP30, Diego, Gabriela, Areli
y Nutrisol (Figura 2).

La distribución de la variabilidad observada respecto en los grupos se encontró que el Grupo I,
formado por especies *A. hypochondriacus* verdura (6) y grano (1), *A. cruentus* (7) y *A. hybridus*
(3), se caracterizó tener valores intermedios en todas las variables evaluadas. El Grupo II tuvo
poblaciones de la especie *A. hypochondriacus* verdura (4) y grano (3), y *A. cruentus* (1). Este grupo
presentó el más alto valor en lignina (6.16 %). El grupo III estuvo constituido por poblaciones de
A. hypochondriacus verdura (1) y grano (2). Además, tuvo los más altos valores en FDN (45.7 %),
FDA (33.0 %), PSHO (79.9 g) PSTAL (52.5 g) y PSTOTAL (132.5 g). Por el contrario tuvo los
valores más bajos en los niveles de lignina (2.2 %), FDT (67.47 %) y carbohidratos solubles (3.2
%). El grupo IV sólo tuvo una población de *A. hybridus*; también, tuvo alto valor en FDT (71.57
%), pero lo más bajos niveles de FDN (38.0 %), FDA (19.3%), Cenizas (16.0 %), PSHOJA (25.4
g) PSTAL (12.8 g) y PSTOTAL (38.2 g). El grupo V estuvo integrado por *A. hypochondriacus*
grano (5) y *A. hybridus* (9), tuvo altos valores en proteína cruda (14.97 %), cenizas (20.6 %) y
carbohidratos solubles (5.9 %). Cabe destacar que la especie *A. cruentus* estuvo solo en los grupos
I y II; la *A. hybridus* en los grupos I y V.

Cuadro 10. Promedio por grupo de las diez variables obtenidas con el análisis de conglomerados para los 43 genotipos de amaranto para grano y verdura de Valles Altos y localidades del Municipio de Zapotitlán de Méndez Puebla, México.

Grupo	P	FDN	FDA	LIG	FDT	CNZ	CAB	PSHO	PSTAL	PSTOT
I	14.50	41.02	23.50	3.84	69.59	20.25	5.38	60.94	47.96	108.89
II	13.15	42.84	26.68	6.16	68.84	20.31	4.37	54.42	35.82	90.24
III	12.80	45.71	32.97	2.24	67.47	20.17	3.25	79.95	52.55	132.50
IV	14.22	38.04	19.30	3.11	71.57	16.00	5.18	25.40	12.80	38.20
V	14.97	39.51	23.62	4.03	71.02	20.64	5.94	37.56	28.69	66.14

PSHOJA= peso seco de hoja, PSTAL=peso seco de tallo, PSTOT=peso seco total FDN= fibra detergente neutro, FDA=fibra detergente ácido, FDT= fibra dietaria TOTAL, LIG=lignina, PC=proteína cruda, CNZ=cenizas, CAB=carbohidratos solubles.

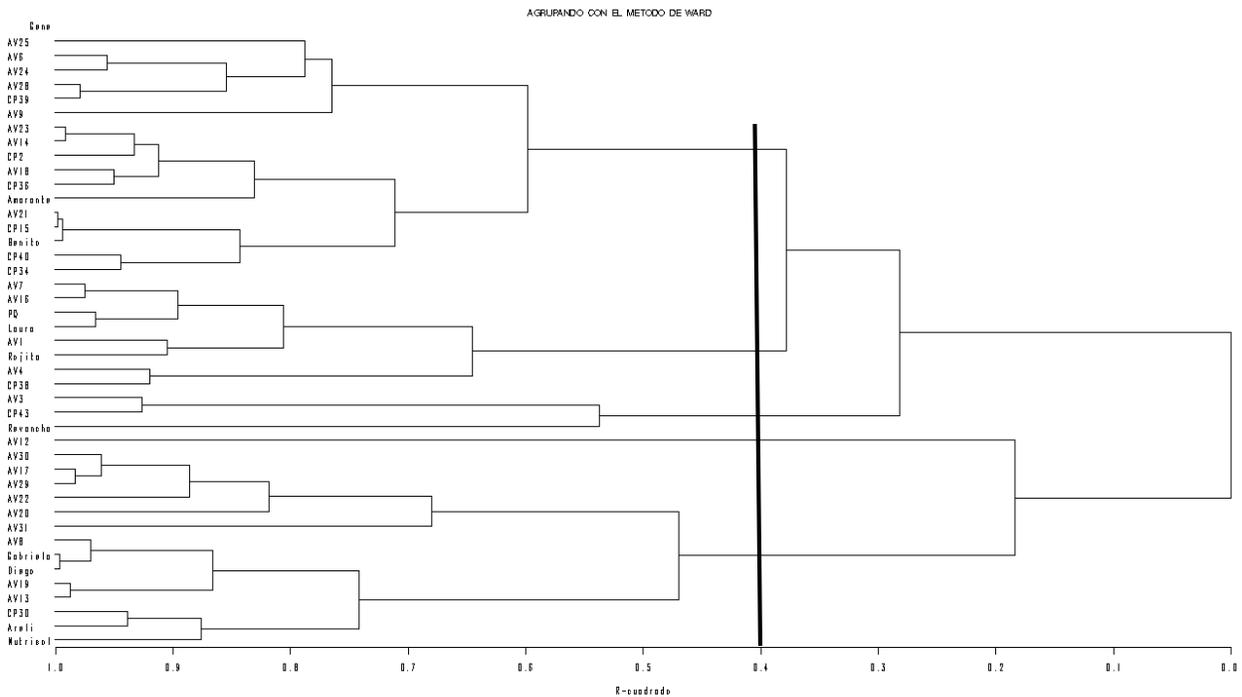


Figura 2. Dendrograma de Análisis proximales de Amaranto (*Amaranthus Spps.*) para grano y verdura de Valles altos y Sierra Norte de Puebla, México, con base en el promedio de diez variables y agrupamiento a una distancia de 0.4.

4.3 PREFERENCIA DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES DE AMARANTO COMO VERDURA

4.3.1 Preferencias de siembra de los productores

Se obtuvieron 24 entrevistas con productores. Los productores entrevistados fueron de las comunidades de Nanacatlán, (42%), Tuxtla (42%), Ixtepec (4%), Allende (12%). Los municipios fueron Zapotitlán de Méndez (88%) y de San Miguel Allende (12 %). La edad de los encuestados fue la siguiente: el 55 % era de mediana edad entre 31-60 años, el 8 % eran de edad avanzada (70-80 años) y el 12.0% eran jóvenes de 21-30 años. De los entrevistados el 62 % fueron mujeres y el 38 % hombres. Todos los entrevistados mencionaron aparte de producir consumen amaranto para verdura, el 71% manifestó comprar continuamente amaranto.

Los productores tienen como actividad cotidiana producir amaranto continuamente. El 71 % de los entrevistados siembran continuamente amaranto y 29.0 % a veces lo cultivan. La razón de la siembra de amaranto se debe a la facilidad de producción de la planta (79 %). Sin embargo, el 79% de los productores no tiene semilla guardada. La obtención de las plantas de amaranto son mediante su forma de manejo: de recolección, crecimiento espontaneo del banco de semillas del ciclo anterior y la siembra de la semilla.

El color de planta que más siembran es el verde (67 %), verde-rojo (17 %), rojo (8 %) rojo-combinado (4 %) y combinado (4 %). La preferencia para sembrar poblaciones cuyas plantas resultantes sean de color verde es porque tienen una mayor demanda en el mercado, alcanzan un mejor precio de venta y tienen un mejor sabor (58 %), en segundo lugar, el combinado (21 %), verde y rojo (12 %) y rojo (8 %) por las mismas razones (Anexo 3).

Referente a las plagas que se presentan el 71% considera que la planta no presenta ninguna plaga que le ocasione daños; sin embargo, en ocasiones llegan a presentarse algunas hojas picadas por gusanos (29 %).

El 100 % produce y vende personalmente la producción, ninguno surte a revendedores. El amaranto se vende por manojo y el precio por manojo tiene un poco de variación. El 75% manifestó venderlo a tres pesos, el 21 % a cinco pesos y el 4 % a dos pesos. La cantidad producida es muy limitada, pues el número de manojos que venden a la semana es de 21-30 (54 %), 31-40 (25 %), 41-50 (8 %) y 51-60 (1 %). Si la cantidad producida por semana se maneja en kg, el comportamiento de la producción es el siguiente: de 21-30 kg (38 %), 31-40 kg (29 %), 41-50 kg (33 %).

La época de cosecha según los productores es durante octubre (67 %), noviembre (17 %), diciembre (4 %) o todo el año (12 %). Los meses de más producción y demanda son noviembre, diciembre y enero (46 %), diciembre y enero (21 %) y casi todo el año (33 %).

Los mercados donde venden su producto están ubicados en dos grupos de comunidades: el primero lo forman Nanacatlán, Zapotitlán y Tuxtla (75 %) y el segundo grupo las comunidades de Zongozotla, Tepango, Huitzilán, y Zapotitlán (17 %), solo un (8 %) no lo vende en mercados sino desde su casa.

La producción de amaranto para verdura continuará debido a que el 92% de los productores piensa seguir produciéndolo.

Se realizaron cuadros de contingencia para dos variables y se hicieron pruebas de independencia para cada dos características cualitativas para probar si están relacionadas entre sí a un nivel de significancia de ($p \leq 0.05$).

No se encontró relación entre el siguiente grupo de variables: Entre género y siembra de quiltonil, entre comunidad de producción y mercado de venta, entre producción semanal y época de cosecha, entre precio de venta y meses de venta y entre época de cosecha y cual tipo de color produce más.

La falta de relación entre género y siembra de quintonil indica que tanto hombres como mujeres producen amaranto no es una actividad en que se solo de hombre o mujeres. La no relación entre comunidad de producción y mercado de venta indican que en todas la comunidades se produce amaranto indistintamente y se puede vender en cualquier comunidad, no hay una comunidad especializada en la producción de amaranto. La falta de relación entre Producción semanal y Época de cosecha. No hay época de cosecha donde se produzca más amaranto. La falta de relación entre precio de venta y meses de venta, indica que el precio de venta no cambia por la época de año sino que se mantiene constante. La no relación entre época de cosecha y cual tipo de color produce más, muestra que en todas época de cosecha se producen todos los colores de planta, no hay una época de cosecha donde se produzca más de un color.

Por otro lado se encontró hubo relación entre el color de planta que se vende mejor y el color que produce más, debido a que se encontró que las poblaciones con plantas de color el verde son las más productivas y las que tienen mayor demanda entre los consumidores. Hay relación entre color preferido de planta sembrado y la razón del por qué siembra el color preferido, ya que los productores siembran el color de planta verde con mayor frecuencia que el resto de colores, debido a que es el color de planta verde que compran más los consumidores. También hubo relación entre edad del entrevistado y si piensa seguir sembrando amaranto, pues las personas de 80 años o mayores ya no piensan seguir sembrando el amaranto.

4.3.2 Preferencias de los consumidores

Se obtuvieron un total de 90 entrevistas repartidas en las siguientes localidades: 25 de Nanacatlán, 31 en Tuxtla, 33 en Zapotitlán y una de San Miguel Allende. Todos los entrevistados declararon consumir amaranto como verdura como parte de su dieta regular. De los entrevistados el 78% fueron mujeres y 22% hombres.

La edad de los consumidores entrevistados osciló entre los 21 a 81 años. El 37 % de los encuestados tuvo una edad entre 21-40 años, el 36 % tuvo entre 41 y 50 años, el 26 % tuvo entre 61 a 80 años y solo el 1% fue mayor de 81 años.

En cuanto a la escolaridad el 22 % no acudió a la escuela formal, el 59 % contaba con primaria terminada, el 13 % terminaron educación secundaria, el 3% concluyó la preparatoria y 2 % terminó la universidad.

Entre las actividades a que se dedican los entrevistados, la más frecuente fue la de ama de casa (72 %) y en segundo lugar el de campesino (19%), también se mencionaron albañil (2 %), artesano (2 %), carpintero (1 %), medico tradicional (1 %), panadero (1 %), y profesor (1 %).

En la compra de la planta de amaranto los consumidores prefieren algunos colores sobre otros. El color de planta de amaranto que tiene más preferencia de compra fue en un 78 % el color verde, otros colores y combinación con un 10 % el verde-rojo, 6 % el combinado, 3 % el rojo, 2% el verde-combinado y en 1 % el rojo-combinado (Anexo 3).

Entre las razones del consumo y compra de quintoniles, los consumidores entrevistados manifestaron que lo compran por ser bueno para la salud (38 %), por su sabor (34 %), por tradición y costumbre (19 %) y por ser barato (9 %).

En cuanto al precio que los consumidores están dispuestos a pagar para adquirir un manojo de amaranto tierno, se encontró que el 36 % estaría dispuesto a pagar tres pesos, el 21 % pagaría 5 pesos, el 7 % de dos pesos y el 37 % pagaría más de 5 pesos.

Los consumidores adquieren en el mercado, además de amaranto, otras verduras y quelites; por ejemplo, el 43 % compra hierbamora y guía de espino, el 20 % el pashnica y shampulum, el 16 % nopal y col, 13.3% calabacitas y chayote y el 8% espinaca y mozote.

En el aspecto relacionado con la madurez de la planta para la compra, el 72 % prefiere que la planta sea tierna (plántula), el 26 % recién cortada y al 2 % le es indiferente. El tamaño de planta que los

compradores prefieren comprar se concentró en plantas de 15 a 20 cm. Se encontró que el 37 % prefiere plantas de 15 cm, el 34 % de 20 cm, el 8 % de 25cm, el 4 % de 30 cm y para el 17 % no importa el tamaño. Al preguntar las razones del porqué prefieren plantas de un tamaño determinado, los consumidores respondieron en un 50 % que las plantas eran tiernas, en un 20 % porque así las venden, el 18 % dijo que tienen buen sabor, 8 % por que están frescas y el 4 % porque son plantas grandes y rinden más.

Sobre el tamaño de las hojas los consumidores entrevistados opinaron en un 41 % que el tamaño de hoja de la planta no les interesa, 32% prefirieron hojas medianas, el 14 % hojas pequeñas y 12% hojas grandes.

Además de seleccionar las plantas por tamaño, el 88 % de los consumidores hace una selección de la planta al momento de la compra y prefieren que sean suaves al tacto o que estén turgentes; al 12 % restante no les interesa hacer una selección adicional, pues consideran que todas las plantas son iguales.

Se preguntó a los consumidores si consideran que la planta tiene un olor y el 81% expresó que la planta presenta un olor y el 19% opinó que no presentaba olor alguno. Entre los compradores que detectan un olor en la planta de amaranto, el 27 % de ellos califica este aroma como muy bueno, el 69 % como bueno, el 4 % considera que es regular.

Los entrevistados opinaron sobre el olor de la planta de amaranto al momento de cocinar y consideraron que el olor era muy sabroso en un 88 %, como bueno el 11 % y como regular el 1 %.

En el aspecto relacionado con el sabor de la planta cocida al momento de ingerirla como alimento, se cuestionó si consideraban que la planta de amaranto tenía un sabor amargo; el 73 % mencionó que la verdura no era amarga y el 27 % que tenía algo de sabor amargo.

En relación al sabor amargo y el color de la planta, el 72 % de los entrevistados opinó que ningún tipo de planta amarga, el 17 % opinaron que la planta de color rojo es la que más amarga, el 7% que el color verde y el 4 % que el color combinado.

Entre las razones del porque el amaranto puede amargar, los consumidores consideraron que el sabor amargo es ocasionado por el color (16 %), porque se fumiga (7 %), por el sol y falta de lluvia (3 %), por la forma de cosecha (1 %); sin embargo, el 73% nuevamente opinó que ninguno tipo de amaranto amarga.

El consumo de amaranto como verdura es frecuente, pues el 43 % mencionó consumir amaranto una vez a la semana, el 33 % lo hace dos veces, el 9 % tres veces, 1 % cuatro veces y solo el 13 % lo hace ocasionalmente.

En cuanto a las formas más comunes que se utilizan para preparar el amaranto para verdura, los entrevistados mencionaron que conocían de una a cuatro formas de cocinarlo. El 26, 61, 10 y 3 % de los consumidores mencionó que conocía una, dos, tres y cuatro formas de cocinarlo, respectivamente. Las formas de cocinarlo mencionadas más frecuentes fueron hervido y frito (59 %), solo hervido (16 %), frito hervido y enchilado (11 %), solo frito (10 %) y frito, hervido, gorditas y asado (4%).

Cuando se preguntó sobre la forma de preparación que tiene más aceptación entre los consumidores, se obtuvo que el guisado que más prefieren es frito y hervido. El 52 % prefiere comer el amaranto frito, el 46 % tiene preferencia por el hervido y sólo el 1 % mencionó que les gusta más a la mexicana y el 1 % restante se inclina por el enchilado.

Sobre el color de planta con el que los consumidores prefieren realizan los guisos de amaranto, resultó que el 77 % de ellos considera que el mejor es el de color verde, el 9 % dijo que el combinado, el 8 % que el rojo, el 6 % el verde-rojo y el 1 % el combinado-verde.

Se preguntó sobre las razones para considerar al amaranto como verdura como un buen alimento y el 38 % mencionó que es un buen alimento porque es verdura, el 31 % opinó que es bueno porque contiene vitaminas, el 20 % comentó que mejora la salud y el 11 % considera que es porque no se le aplican fertilizantes químicos.

En las entrevistas se encontró que el 97% si recomienda el consumo del amaranto por el hecho de ser alimento y solo el 3% dijo que no lo recomendarían pues casi no lo consumen.

Al preguntar sobre la manera en que debería cultivarse el amaranto para continuar con su producción, el 89% de los entrevistados opinó que deseaba que continuaran con manejo orgánicos, el 6% pidió que continuara su venta y el 5 % no tuvo ninguna opinión. Por lo que la producción y venta hace más diverso la planta de amaranto como verdura.

También se les preguntó si continuarían comprando amaranto, el 59 % respondió positivamente pero el 41% dijo que no lo haría. Los que respondieron positivamente fueron los entrevistados de mayor edad, personas que tienen esa costumbre o cultura de consumirlo. Y la gente más joven respondió que no, pues en su alimentación no incluyen a menudo el amaranto como verdura.

Sobre la opinión que se tiene acerca de que si a personas jóvenes les gusta consumir amaranto, los entrevistados mencionaron que el 59% no les gusta a los jóvenes y el 41 % opina que si les gusta. Esto podría hacer que el amaranto tienda a disminuir su producción y colecta a futuro ya que el consumo en jóvenes es menor.

Se realizaron cuadros de contingencia para dos variables y se aplicaron pruebas de independencia para pares de características cualitativas para probar si están relacionadas entre sí a un nivel de significancia de ($p \leq 0.05$). Se encontró que hubo relación entre comunidad y color de compra del amaranto, pues la planta de color verde es el color preferido para su compra. También hubo relación

entre color de planta y el precio que los consumidores están dispuestos a pagar y se encontró que los consumidores están dispuestos a pagar más por plantas de color verde. Se observó relación entre tamaño de planta preferida de compra y el porqué de la preferencia de compra, ya que los consumidores consideran que las plantas de 15 a 20 cm son las más tiernas. Entre el olor de la planta al momento de prepararlo y el sabor una vez ya cocinado hubo relación, debido a que los entrevistados consideraron que el amaranto desprende un olor muy sabroso durante el proceso de cocimiento. Hay relación entre sabor del amaranto cocinado y la percepción de sabor amargo en la planta, se encontró que los consumidores consideran al amaranto muy sabroso una vez ya cocinado y no detectan la presencia de sabor amargo.

No se encontró relación entre las siguientes variables: el color de compra y las razones de compra, madurez de compra y tamaño de planta preferida al comprar, elección de compra, olor al cocinar y color de preferencia, sabor del amaranto cocinado y color de preferencia y entre color recomendado para guisados y platillos.

V. DISCUSION GENERAL

En la primera parte se encontró una buena cantidad de genotipos de amaranto para verdura. Se obtuvieron 31 colectas pero solo 24 fueron viables, todos fueron de semilla negra y de las cuales 10 fueron de la especie *A. hypochondriacus* y 12 de *A. hybridus*. Estas especies son usadas como verdura o quelites y se comercializan en los mercados locales, lo cual fue reportado por Basurto *et al.* (1998). La abundancia y diversidad de amaranto para verdura en la Sierra Norte de Puebla ya había sido descrita por Mapes *et al.* (2012) y Mapes *et al.* (2013).

En México existen diversas especies del género *Amaranthus* que son cultivadas, semicultivadas o silvestres. Estas especies son aprovechadas para la producción de grano y para la obtención de verdura. La planta de amaranto en sus primeras etapas de desarrollo puede ser usada como verdura debido a que tiene una alta calidad alimenticia (Morales *et al.*, 2014). En las especies que se siembran para producir grano el color de la semilla es blanco, mientras que en las especies que se utilizan para verdura la semilla es de color negro y fueron seleccionadas para la producción de hoja (Mapes *et al.*, 1997). Existe una diversidad muy amplia entre las poblaciones de amaranto que se utilizan para la producción de grano y verdura (Mapes *et al.*, 2012, Espitia *et al.*, 2010, De la O *et al.*, 2012, Ruiz *et al.*, 2013). El aprovechamiento como verdura se hace cuando las plantas son jóvenes y tienen alrededor de 30 cm de altura (Basurto *et al.*, 1998). En México existe tradición en el consumo de amaranto, pues hay reportes de su uso antes de la llegada de los españoles a América (Kauffman, 1992). Hay lugares donde la producción y consumo de amaranto para verdura es frecuente como en el caso de la Sierra Norte de Puebla (Mapes *et al.*, 2012b y Mapes *et al.*, 2013). En las especies que se usan para producir grano no es muy común el uso de su planta para la producción de verdura, pero hay reportes de que estas presentan una alta calidad de la planta como forraje (Stordahl *et al.*, 1999; Sleugh *et al.*, 2001; García-Pereira *et al.*, 2009, Pospišil *et al.*, 2009 y Seguin *et al.*, 2013). No se ha comparado la calidad nutricional de la verdura en planta de las diferentes especies que se usan ya sea para la producción de grano o la obtención de verdura; por esta razón se propuso la presente investigación con el propósito de evaluar si hay diferencias en calidad de las planta para verdura en las diferentes especies de amaranto que se usan con fines distintos.

En los resultados no se observaron diferencias entre los amarantos dedicados a la producción de grano con los de verdura. Las poblaciones o variedades de amaranto que se usan para producir grano no fueron diferentes a aquellas que tienen como uso principal la obtención de verdura en

cuanto a contenido de proteína cruda, FDN, Lignina y FDT, cenizas, peso de hoja y peso total. Esta información contribuye a considerar que todas las especies de amaranto estudiadas tienen similar calidad de planta. Sin embargo, si hubo diferencias en FDA y peso de tallo, se encontró que las especies con uso para grano tuvieron mayor concentración de FDA y Peso de tallo comparado con los amarantos con uso para verdura. Esto puede explicarse a que las poblaciones que se utilizan para producir verdura han estado sujetas a un proceso de selección por parte de por los agricultores y por esta razón pueden tener mejor características para su consumo en verde, pues una menor FDA mejora la palatabilidad y el menor peso de tallo incrementa la producción de hoja que es apreciada en especies de verdura. Algunos autores (Mapes *et al.*, 1996 y Mapes *et al.*, 1997; Brenner *et al.*, 2000) han reportado que las especies para verdura, por la selección realizada por los agricultores para este fin, tienen mayor producción de hoja y mejor palatabilidad que las especies de grano. Por otro lado, Stodahl *et al.*, (1999) encontraron genotipos sobresalientes con calidad de verdura en plantas tanto de grano como de verdura. Por lo tanto, es posible hallar poblaciones o variedades que produzcan plantas con buena calidad alimenticia dentro de las especies evaluadas porque existe amplia diversidad en amaranto entre y dentro de especies, como se ha demostrado por diversos investigadores (Mapes *et al.*, 2012a; Espitia *et al.*, 2010; Ruiz *et al.*, 2013; De la O *et al.*, 2012).

La siguiente pregunta estuvo centrada sobre el precisar si existen diferencias en calidad de planta entre las diferentes especies evaluadas. Se encontró que las tres especies evaluadas, *A. hypochondriacus*, *A. hybridus* y *A. cruentus* son iguales en contenido de proteína, FDN, Lignina, FDT, Cenizas, y peso de planta total. Sin embargo, hubo diferencias en contenidos de FDN, FDA y Cenizas. Las muestras de la especie *A. hypochondriacus* para grano y verdura fueron mayores en FDN. En FDA solo tuvo los mayores valores *A. hypochondriacus* para grano. En cenizas *A. hybridus* y *A. hypochondriacus* para grano tuvieron mayores promedios que las especies *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* para verdura. Algunos autores opinan que la selección por el

hombre ha provocado plantas más palatables con mayor producción de hoja que las de tipo grano, ya que estas últimas centran su crecimiento en la producción de semilla (Brenner *et al.*, 2000; Mapes *et al.*, 1996 y Mapes *et al.*, 1997). Menores valores de FDN son un indicio de mejor palatabilidad de *A. cruentus* y *A. hybridus*. Esta idea se fortalece porque *A. hybridus* tuvo además menores valores de FDA y concuerda con lo reportado por Brenner *et al.* (2000) en especies aprovechadas como verdura.

La última interrogante fue si hay diferencias en la calidad de planta entre las diferentes poblaciones o variedades evaluadas. Se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en todas las variables medidas y hubo genotipos estadísticamente superiores en contenido de proteína cruda, FDN, FDA, lignina, FDT, cenizas y carbohidratos solubles, excepto PSHOJA, PSTAL y PSTOT. Esto concuerda con estudios previos, ya que se ha reportado diversidad morfológica dentro de especies de amaranto para grano (Ruiz *et al.*, 2013; De la O *et al.*, 2012) y entre especies de verdura (Mapes *et al.*, 2013). También hay reporte de diversidad en otras especies como en *A. tricolor* (Shukla *et al.*, 2006 y 2011). La diversidad observada permite hacer posible la selección de materiales con alto contenido de proteína y bajo contenido de FDA y FDN que dará alta calidad y palatabilidad al producto obtenido, en este caso las plantas de amaranto para ser aprovechadas como verdura. Por ejemplo, en *A. hypochondriacus* verdura AV28, en *A. hybridus* AV17, AV29, AV31 y en *A. cruentus* la variedad Benito.

Es necesario evaluar la producción de biomasa en un periodo de tiempo mayor y evaluar el efecto de varios cortes de la planta. La evaluación en este estudio fue en plantas de 40 días. En las especies de verdura se ha reportado que es posible realizar tres cortes e incrementar la producción, esto es posible por la capacidad de rebrote de las especies de verdura. (Mapes *et al.*, 1997), pero esto no se ha evaluado en especies de grano. Se ha reportado que las formas o tipos vegetales fueron seleccionadas al elegir plantas con desarrollo retardado de la inflorescencia, alta producción de

hoja y disponibilidad de hoja comestible en un periodo de tiempo extendido (Brenner *et al.*, 2000). También hay que evaluar la época de corte o edad de corte de la planta, para obtener la máxima calidad de planta con la mayor biomasa posible. Se ha demostrado en la producción de forraje que a mayor edad de la planta existe mayor contenido de fibra, se reduce el contenido de proteína pero aumenta la biomasa (Alfaro *et al.*, 1987; Stordahl *et al.*, 1999; Sleugh *et al.*, 2001; Pospíšil *et al.*, 2009; Abbasi *et al.*, 2012), pero no se ha evaluado para el consumo humano en diferentes especies. Es necesario determinar la mejor época de corte en cuanto a calidad de planta y cantidad de producción. Otros estudios pendientes es precisar el manejo agronómico, por ejemplo el efecto de la fertilización en la producción y calidad de planta. La fertilización puede incrementar el contenido de proteína pero también puede incrementar el contenido de nitratos (Abbasi *et al.*, 2012). Finalmente es importante buscar las preferencias del consumidor para tener criterios claros de selección en color de planta, tamaño, etc.

5.1. Preferencias de Productores

Referente al manejo general del amaranto y preferencias de productores en este estudio se encontró que los productores destinan área de terreno para la producción de amaranto y lo hace con frecuencia. En la producción participan tanto hombres como mujeres de todas las edades. La Sierra Norte es un lugar donde la recolección, producción y el consumo de amaranto es frecuente y lo han reportado diversos investigadores (Basurto *et al.*, 1998; Mapes *et al.*, 1997; Mapes *et al.*, 2012b). Los productores producen amaranto porque consideran que es fácil producir la planta (79 %). Es fácil producir porque el manejo como cultivo es escaso, solo realizan la preparación del terreno, no guardan semilla (79 %), no hay control de plagas por que no las observan, la producción dura alrededor de 40 días, la planta tiene demanda y el producto obtenido lo pueden vender en mercados locales personalmente (100 %). Mapes *et al.* (2013) indica que el manejo de los amarantos para

verdura es desde recolecta, tolerancia, fomento, cultivo incipiente hasta el monocultivo. Las ventajas de la producción de amaranto entre otras son que el intervalo de tiempo de siembra a cosecha del follaje es generalmente de sólo 3-6 semanas (Das, 2016), es resistente a factores adversos como alta temperatura y sequía (Barrales *et al.*, 2010) y tiene bajos costos de producción (Achigan-Dako *et al.*, 2014). Se han observado un incremento su producción en la Sierra Norte de Puebla por su venta en el mercado y porque contribuye al ingreso familiar (Basurto *et al.*, 1998). La producción de amaranto ocurre en pequeñas áreas, entre otras razones, porque la superficie de cultivo disponible es una limitante (Soto, 1998).

El único carácter que se encontró que prefieren los productores en el cultivo de amaranto para verdura es el color de planta, los productores prefieren sembrar plantas de color verde por su demanda en el mercado (Anexo 3).

5.2. Preferencias de Consumidores

En el estudio sobre preferencias se obtuvo un total de 90 entrevistas con consumidores de amaranto para verdura de las localidades pertenecientes al municipio de Zapotitlán de Méndez, Puebla.

Se encontró que las personas que compran amaranto para verdura o quintoniles son de todos los rangos de edad, desde los 21 a 81 años de edad. Una de Las razones de compra de amaranto con mayor frecuencia es por ser bueno para la salud (38 %); en este sentido, López (2003) comenta que actualmente la población está más consiente del cuidado de la salud y opta por una dieta más equilibrada. Otra razón de su compra es por su sabor (35 %) y por tradición (19 %); todo lo anterior refleja una cultura de consumo en la Sierra Norte como lo reportan Mapes *et al.* (1997) y Mapes *et al.* (2012b).

En el mercado se ofrecen amaranto o quintoniles de diversos colores como rojos, verdes y combinaciones, pero se encontró que los consumidores tienen preferencias por el amaranto de color

verde, de tamaño de planta entre 15-20 cm (71 %), plantas tiernas (50 %), planta recién cortada (25 %) y que el tamaño de las hojas no es importante (41 %). En las tablas de contingencia se observó que los consumidores consideran más tiernas las plantas de 15 a 20 cm que plantas de mayor tamaño. Basurto *et al.* (1998) mencionan que el aprovechamiento de las plantas de amaranto como verdura es cuando estas son jóvenes de alrededor 30 cm de altura. Se conoce que plantas más jóvenes son más palatables que plantas de mayor edad y se ha demostrado que a mayor edad de la planta de amaranto existe mayor contenido de fibra y se reduce el contenido de proteína (Alfaro *et al.*, 1987; Stordahl *et al.*, 1999; Sleugh *et al.*, 2001; Pospíšil *et al.*, 2009; Abbasi *et al.*, 2012). Por otro lado, López (2003) ha mencionado que un factor importante en la elección de las hortalizas por los consumidores es su apariencia y frescura en el momento de la compra.

El consumo de amaranto es frecuente pues se encontró que el 43% lo consume una vez por semana, lo que refleja una cultura de consumo local. Son dos formas básicas de consumo la planta hervida y frita (59 %) y la planta solo hervida (16 %). Otros investigadores ya habían reportado esta forma de consumo. Mapes *et al.* (2012) mencionan que los quelites se comen cocidos y en raras ocasiones crudas. Peña (1998) menciona que el hervido es forma común de consumo de quintoniles.

Entre las razones de las preferencias de plantas de color verde se encontró que por opinión pudiera estar asociado con cierto sabor amargo de las plantas de color rojo (16 %) y por un mejor sabor de las plantas de color verde (77 %). La preferencia de plantas de color verde se hace evidente cuando se considera las tablas de contingencia, donde se encontró que los consumidores están dispuestos a pagar un mayor precio por plantas de color verde y que las comunidades prefieren plantas de color verde. También se observó que plantas cocinadas tiene mejor sabor y menor sabor amargo (Anexo 3).

Una de las razones del consumo es que es orgánico o la producción en general es con poco o sin uso de pesticidas, esto debido a que consideraban el 89 % que deseaban que continuara la producción orgánica.

Un dato inquietante es que el 59 % opinó que el consumo de quintoniles no le gusta a las personas jóvenes y el 41% piensa que no seguirá comprando amaranto.

VI. CONCLUSIONES

Entre usos se observó que los amarantos para grano no defirieron a los de uso para verdura en contenido de proteína cruda, FDN, Lignina, FDT, carbohidratos, cenizas, peso de hoja y peso total. Sin embargo, se encontró que las especies de tipo de grano tuvieron mayor concentración de FDA y peso de tallo comparado con los de verdura. Entre especies se observó que *A. hypochondriacus* para grano, *A. hypochondriacus* para verdura, *A. hybridus* y *A. cruentus* son iguales en contenido de proteína cruda, Lignina, FDT, carbohidratos solubles, peso seco de hojas, peso seco de tallo y peso de planta total. Sin embargo, las especies *A. hypochondriacus* de tipo grano y verdura fueron mayores en FDN. Por otro lado *A. hypochondriacus* para grano tuvo los mayores valores en FDA. *A. hybridus* y *A. hypochondriacus* para grano tuvieron mayores promedios en cenizas. Entre genotipos se encontró diferencias en todas las variables medidas excepto en PSHOJA, PSTAL y PSTOT. Los materiales con alto contenido de proteína y bajo contenido de FDA y FDN que muestran alta calidad y palatabilidad fueron en *A. hypochondriacus* para verdura AV28, en *A. hybridus* AV17, AV29, AV31 y en *A. cruentus* la variedad Benito. Se encontró que los productores cultivan amaranto para verdura con frecuencia. La producción es realizada tanto hombres como

mujeres de todas las edades. Los productores producen amaranto porque consideran que es de fácil y rápida producción, la planta tiene demanda y lo pueden vender en mercados locales personalmente. El carácter que más prefieren los productores es el color de verde planta por su mayor demandad en el mercado. En la Sierra Norte existe una cultura de consumo de amaranto como verdura que se advierte porque el 43% lo consume una vez por semana. Los consumidores prefieren plantas con las siguientes características, color verde, de tamaño de entre 15-20 cm (71%), tiernas (50%) y recién cortada (25%). Las personas que compran amaranto son de todos los rangos de edad. Las razones de compra son por lo consideran bueno para la salud (38%), por su sabor (35%) y por tradición (19%). Las formas básicas de consumo son frita (59%) y hervida (16%).

VII. LITERATURA CITADA

- Abbasi, D., Y. Rouzbehan and J. Rezaei, J. 2012. Effect of harvest date and nitrogen fertilization rate on the nutritive value of amaranth forage (*Amaranthus hypochondriacus*). *Animal feed science and technology*, 171(1): 6-13.
- Abbott, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest biology and technology*, 15(3): 207-225.
- Acevedo, I., O. García, I. Acevedo, y C, Perdomo 2007. Valor nutritivo del bledo (*Amaranthus spp*) identificación en el municipio de Mora, estado de Lara. *Revista Agrollania* 4: 77-93.
- Achigan-Dako E. G., O. E. Sogbohossou and P. Maundu 2014. Current knowledge on *Amaranthus spp.*: research avenues for improved nutritional value and yield in leafy amaranths in sub-Saharan Africa. *Euphytica*, 197(3): 303-317.
- Alfaro, M. A., A. Martínez, R. Ramírez y R. Bressani 1987. Rendimiento y composición química de las partes vegetativas del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*, L.) en diferentes etapas fisiológicas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 37(1): 108-21.
- Alejandro-Iturbide G., Valdés-Lozano, C. G. S., y García-Pereyra J., (2012). Selección y adaptación de variedades criollas de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) en el Noreste de México. En: Espitia R., E. (ed.). *Amaranto: Ciencia y Tecnología*. INIFAP. Libro científico N.2. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 249-256 (354).
- Arellano, M. L. de G. Albarracín, S. Fernández, S. Arce, E. G. Aguilar y S. L. de Mucciarell (2004). Estudio comparativo agronómico y nutricional de dos especies de amarantos. *Phyton* 53: 199-203.
- Asaolu, S. S., O. S. Adefemi, I. G. Oyakilome, K. E. Ajibulu y M. F. Asaolu 2012. Proximate and mineral composition of Nigerian leafy vegetables. *Journal of Food Research*, 1(3): 214.

- Barrales Domínguez J. S., E. Barrales Brito y E. Barrales Brito 2010. *Amaranto: recomendaciones para su producción*. Plaza y Valdés. D. F. México. 166 p.
- Barrett, D. M., J. C. Beaulieu and R. Shewfelt 2010. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(5), 369-389.
- Basurto P, F., M. A. Martínez A. y G. Villalobos C. 1998. Los quelites de la Sierra Norte de Puebla, México: inventario y formas de preparación *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 62:49-62.
- Becerra, R. (2000). El amaranto: Nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. *CONABIO. Biodiversitas*, 30: 1-6.
- Brenner, D. M., D. D. Baltensperger, P A. Kulakow, J. W. Lehmann, R. L. Myers, M. M. Slabbert and B. B. Sleugh. 2000. Genetic resources and breeding of *Amaranthus*. *Plant Breeding Reviews*, Volume 19: 227-285.
- Bye, R., y E. Linares 2000. Los quelites, plantas comestibles de México: una reflexión sobre intercambio cultural. *Biodiversitas*, 31: 11-14.
- Bye, J. R. A. 1981. Quelites: Ethnoecology of edible greens-past, present, and future. *J. Ethnobiol.* 1: 109-123.
- Castro Lara, D., F. Basurto Peña, L. M., Mera Ovando y R. A. Bye Boettler, 2011. Los quelites, tradición milenaria en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. SINAREFI. 41 p.
- Costea, M., A. Sanders, and G. Waines 2001. Preliminary results toward a revision of the *Amaranthus hybridus* species complex (*Amaranthaceae*). *SIDA* 19: 931-974.
- Das, S. (2016). *Amaranthus: A promising crop of future*. Springer. 208 p.
- De la O Olán, M., E. Espitia Rangel, A. V. Ayala Garay, J. M. Hernández Casillas, J. L. Arellano Vázquez, V. C. Ruiz Hernández. 2012. Caracterización morfológica de germoplasma para grano de amaranto

- (*Amaranthus* spp.). En: Amaranto: Ciencia y Tecnología. E. Espita Rangel (Ed.) INIFAP. Libro científico No 2. Celaya, Guanajuato, México. Pp: 165-181.
- Eber, A. W., T. H. Wu and S. T. Wang 2011. Vegetable Amaranth (*Amaranthus* L.). International Cooperators Guide. AVRDC Publication Number: 11-754. AVRDC-The World Vegetable Center Shanhua, Tainan, Taiwan. 9 p.
- Espitia Rangel E., C. Mapes Sánchez, D. Escobedo López, M. de la O Olán, P. Rivas Valencia, G. Martínez Trejo, L. Cortés Espinoza, J. M. Hernández Casillas (2010). Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 201 p.
- García-Pereyra, J., C. G. S. Valdés-Lozano, E. Olivares-Saenz, O. Alvarado-Gómez, G. Alejandre-Iturbide, E. Salazar-Sosa y H. Medrano-Roldán 2009. Rendimiento de grano y calidad del forraje de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivado a diferentes densidades en el noreste de México. *Phyton*, 78(1): 53-60.
- Herrera, S. y A. Montenegro 2012. El amaranto: prodigioso alimento. *Tendencias Gastronómicas*, Kalpana, (8): 50-66.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) 2015. Prontuario de Información Geográfica Municipal INEGI. Consultado 31 de diciembre de 2016 en: www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/.../21210. Consultado enero 2016.
- Jacobsen, S. E. and Mujica, A. 2003. The genetic resources of Andean grain amaranths (*Amaranthus caudatus* L., *A. cruentus* L. and *A. hypochondriacus* L.) in America. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 41-44.
- Joshi V., M. Vijaya, K. Sireesha and P. M. Latha 2011. Characterization and preliminary evaluation of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.). *Vegetable Science*, 38(2): 239-240.

- Kader, A. A. 2002. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. En: Lamikanra O. (Ed.), *Fresh-cut fruits and vegetables: Science, Technology, and Market*. CRC Press pp 11-20.
- Kauffman, C.S. 1992. Realizing the potential of grain amaranth. *Food Reviews International*. pp 8 -21.
- Kwenin, W. K. J., M. Wolli and B. N. Dzomeku 2011. Assessing the nutritional value of some African indigenous green leafy vegetables in Ghana. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 10(2): 1300-1305.
- López Camelo, A. F. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, del campo al mercado. Boletín de Servicios 151. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 179 p.
- Mapes, C. 1990. Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* en México En: El amaranto (*Amaranthus spp.*) su cultivo y aprovechamiento. Trinidad Santos, A.; F. Gómez Lorence y G. Suárez Ramos (Comp). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. pp 65-80.
- Mapes, C., J. Caballero, Espitia and R. A. Bye 1996. Morphophysiological variation in some Mexican species of vegetable *Amaranthus*: evolutionary tendencies under domestication. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 43(3): 283-290.
- Mapes, C., F. Basurto and R. Bye 1997. Ethnobotany of quintonil: knowledge, use and management of edible greens *Amaranthus spp.* (*Amaranthaceae*) in the Sierra Norte de Puebla, México. *Economic Botany* 51(3): 293-306.
- Mapes Sánchez, C; A. Díaz Ortega y J. Blancas 2012a. Caracterización de germoplasma de amaranto (*Amaranthus spp.*) para verdura. En: *Amaranto: Ciencia y Tecnología*. E. Espita Rangel (Ed.) INIFAP. Libro científico No 2. Celaya, Guanajuato, México. Pp: 183-201.
- Mapes Sánchez C., F. Basurto y L. Bautista 2012b. Manejo y cultivo de *Amaranthus spp.* como Quelite en la Sierra Norte de Puebla. SINAREFI. Jardín Botánico. Instituto de Biología. UNAM. 31 p.

- Mapes Sánchez C., F. Basurto Peña y A. Días-Ortega 2013. Diversidad de “quintoniles” (*Amaranthus spp*). En la Sierra Norte de Puebla, México. SINAREFI y UNAM, México, D.F., 79 p.
- Marshall, J. M. 1985. Carbohydrate, status as a measure of seedling quality. *Scientia Agraria Paranaensis*: 5(2), 63-66).
- Mayorga Z. L.F 2013. Comparación de la capacidad antioxidante de 10 cultivos ancestrales andinos con sus respectivos concentrados de fibra dietética total para su uso como aditivo funcional en la industria de Alimentos. (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Pp 1-90.
- Mensah, J. K., R. I. Okoli, J. O. Ohaju-Obodo and K. Eifediyi 2008. Phytochemical, nutritional and medical properties of some leafy vegetables consumed by Edo people of Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 7(14): 2304-2309.
- Molina, K., B. Brunner, R. N. Chávez-Jaúregui y L. Flores 2015. Amaranto o Bledo. Hoja informativa. Proyecto de Agricultura Orgánica. Estación Experimental Agrícola de Lajas. Puerto. 6p.
- Morales Guerrero, J. C., N. Vázquez Mata y R. Bressani Castignoli 2014. El amaranto: características y aporte nutricional. Segunda edición. Trillas. D.F. México. 280p.
- Mlakar, S. G., M. Turinek, M. Jakop, M. Bavec and F. Bavec 2010. Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate. *Journal for Geography*, 5(1): 135-145.
- National Research Council (NRC) 1984. *Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop*. National Academy Press, Washington, D.C. 83p.
- Nehal, N., S. Mann and R. K. Gupta 2016. Nutritional and phytochemical evaluation of *A. lividus* L. syn. *Amaranthus blitum* subsp. oleraceus (L.) Costea leaves. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 14 (4): 669-674.

- Onyango, C. M., S. I. Shibairo, J. K. Imungi and J. Harbinson 2008. The physico-chemical characteristics and some nutritional values of vegetable amaranth sold in Nairobi-Kenya. *Ecology of Food and Nutrition*, 47(4): 382-398.
- Peña, F. B., Alfaro, M. A. M., y Contreras, G. V. 1998. Los quelites de la Sierra Norte de Puebla, México: inventario y formas de preparación *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62: 49-62.
- Pospišil A., M Pospišil, M. Dubrauco and S. Zlatko 2009. Yield and Quality of Forage Sorghum and Different Amaranth Species (*Amaranthus spp*) Biomass. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 74 (2):85-89).
- R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ray, P. M. 1975. Requerimientos de minerales. La planta viviente. *Biología Moderna*. pp. 129-152 (271).
- Reyna Trujillo, T. 1991. Requerimiento climáticos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) en México. Trinidad Santos, A.; F. Gómez Lorence y G. Suárez Ramos (Comp). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. 81-89 pp.
- Rezaei, J., Y. Rouzbehan and H. Fazaeli 2009. Nutritive value of fresh and ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) treated with different levels of molasses. *Animal Feed Science and Technology*, 151(1): 153-160.
- RStudio Team 2017. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Ruiz Hernández, V. C., M. de la O Olán, E. Espitia Rangel, D. M. Sangerman-Jarquín, J. M. Hernández Casillas y R. Schwentesius de Rindermann 2013. Variabilidad cualitativa y cuantitativa de accesiones de amaranto determinada mediante caracterización morfológica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5): 789-801.
- SAS Institute 2004. SAS/SATA 9.9. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC. Pp 1731-1900.

- Seguin, P., A. F. Mustafa, D. J. Donnelly and B. Gélinas 2013. Chemical composition and ruminal nutrient degradability of fresh and ensiled amaranth forage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(15): 3730-3736.
- Shukla, S., V. Pandey, G. Pachauri, B. S. Dixit, R. Banerji and S. P. Singh 2003. Nutritional contents of different foliage cuttings of vegetable amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3): 1-8.
- Shukla, S., A. Bhargava, A. Chatterjee, A. Srivastava and S. P. Singh 2006. Genotypic variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L) for foliage yield and its contributing traits over successive cuttings and years. *Euphytica*, 151(1): 103-110.
- SIAP, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera 2012. Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. Disponible en http://.Siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp. (7septiembre 2012).
- Sleugh, B. B.; K. J. Moore; E. C. Brummer; A. D. Knapp; J. Russell and L. Gibson 2001. Forage Nutritive Value of Various Amaranth Species at Different Harvest Dates. *Crop Science*, 41 (2): 466-477.
- Stallknecht, G. and J. Shulz-Schafer. 1993. Amaranth rediscovered. En: J. Janick and J. E. Simon (eds.). *New Crops* John Wiley and Sons. New York. pp 211-218.
- Stordahl, J. L., A. Di Costanzo, and C. C. Sheaffer 1999. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality. *Journal of Production Agriculture*, 12(2): 249-253.
- Soto Mora, C. (1988). El espacio agrícola de la Sierra Norte de Puebla. *Investigaciones geográficas*, (18), 111-127.
- Wesche-Ebeling, P., R. Maiti, G. García-Díaz, D. I. González, D. I., and F. Sosa-Alvarado 1995. Contributions to the botany and nutritional value of some wild *Amaranthus* species (*Amaranthaceae*) of Nuevo Leon, Mexico. *Economic Botany*, 49(4): 423-430.

Anexo 1. Cuestionario usado en las entrevistas de preferencias de siembra y venta en productores de amaranto verdura en Zapotitlán de Méndez, de la Sierra Norte de Puebla.

Número de cuestionario ()

Encuestador _____ Fecha _____

I. ASPECTOS GENERALES DEL PRODUCTOR (A)

Comunidad: _____ Municipio: _____

Nombre _____

Edad: _____ Género: Hombre () Mujer ()

Escolaridad (indicar hasta que año estudió): _____

Ocupación principal (agricultora, servicios, industria) _____

1. ¿Siembra el quintonile?

a.-Verde	Si ___	No ___
b.-Rojo	Si ___	No ___
c.-Combinado	Si ___	No ___

2. ¿Siembra el quintonile?

a.-Verde	Si ___	No ___
b.-Rojo	Si ___	No ___
c.-Combinado	Si ___	No ___

3. ¿Compra el quintonile?

¿Con quien?		
1. Verde	Si ___	No ___
2. Rojo	Si ___	No ___
3. Combinado	Si ___	No ___

¿Porque no siembra usted el quintonile? _____

4. ¿Revende el quintonile?

a.- Verde	Si ___	No ___
b.- Rojo	Si ___	No ___
c.- Combinado	Si ___	No ___

5. ¿A cómo vende el manajo?

1.	Verde	\$1 ____	\$2 ____	\$3 ____	otro ____
2.	Rojo	\$1 ____	\$2 ____	\$3 ____	otro ____
3.	Combinado	\$1 ____	\$2 ____	\$3 ____	otro ____

4. ¿En qué mercados vende el quintonile?

1.	Verde	En uno ____	En dos ____	En tres ____	¿Cuáles? _____
2.	Rojo	En uno ____	En dos ____	En tres ____	¿Cuáles? _____
3.	Combinado	En uno ____	En dos ____	En tres ____	¿Cuáles? _____

4. ¿Cuántos manajos de quintonile vende a la semana?

1.	Verde	3-5 ____	6-10 ____	11-15 ____	15-20 ____
2.	Rojo	3-5 ____	6-10 ____	11-15 ____	15-20 ____
3.	Combinado	3-5 ____	6-10 ____	11-15 ____	15-20 ____

4. ¿Por qué vende quintonile?

1.	Verde	1.-El precio de venta ____	2.- La demanda que hay ____	3.- Es fácil producirlo ____.	Otro ____
2.	Rojo	1.-El precio de venta ____	2.- La demanda que hay ____	3.- Es fácil producirlo ____.	Otro ____
3.	Combinado	1.-El precio de venta ____	2.- La demanda que hay ____	3.- Es fácil producirlo ____.	Otro ____

4. ¿En qué meses vende el quintonile?

1.	Verde	Ene_ Feb_ Mar_ Abr_ Mar_ Jun_ Ago_ Sep_ Oct_ Nov_ Dic_
2.	Rojo	Ene_ Feb_ Mar_ Abr_ Mar_ Jun_ Ago_ Sep_ Oct_ Nov_ Dic_
3.	Combinado	Ene_ Feb_ Mar_ Abr_ Mar_ Jun_ Ago_ Sep_ Oct_ Nov_ Dic_

¿A qué se debe que usted venda más en ese mes?

4. ¿De qué color de quintonile prefiere sembrar?

1.	Verde ____
2.	Rojo ____
3.	Combinado ____

4. ¿Por qué prefiere sembrar este tipo de quintonile?

1.	Verde _____
----	-------------

2.	Rojo _____
3.	Combinado _____

10.- ¿De qué color tiene semilla de la siembra del cultivo anterior?

1.	Verde _____
2.	Rojo _____
3.	Combinado _____

11.- ¿Cuál vende mejor?

1.	Verde _____
2.	Rojo _____
3.	Combinado _____

¿Por qué cree que se venda mejor? _____

12 ¿Tiene problemas de plagas en su cultivo?

1.	Verde	Si _____	No _____
2.	Rojo	Si _____	No _____
3.	Combinado	Si _____	No _____

Mencione alguno _____

13.- ¿Cuál verde, rojo, combinado es más resistente a las Plagas?

1.	Verde _____
2.	Rojo _____
3.	Combinado _____

14.- ¿Cuánto produce del verde, rojo, combinado?

1.	Verde _____	1kilo__	2 kilos__	3 kilos__	4 kilos__	Más de 4 kilos__
2.	Rojo _____	1kilo__	2 kilos__	3 kilos__	4 kilos__	Más de 4 kilos__
3.	Combinado _____	1kilo__	2 kilos__	3 kilos__	4 kilos__	Más de 4 kilos__

15.- ¿En qué época del año se producen los diferentes tipos de quintonile?

1.	Verde	Ene_ Feb_ Mar_ Abr_ Mar_ Jun_ Ago_ Sep_ Oct_ Nov_ Dic_
2.	Rojo	Ene_ Feb_ Mar_ Abr_ Mar_ Jun_ Ago_ Sep_ Oct_ Nov_ Dic_
3.	Combinado	Ene_ Feb_ Mar_ Abr_ Mar_ Jun_ Ago_ Sep_ Oct_ Nov_ Dic_

16.- ¿De cuál se produce más?

1.	Verde ____	1kilo__	2 kilos__	3 kilos__	4 kilos__	Más de 4 kilos__
2.	Rojo ____	1kilo__	2 kilos__	3 kilos__	4 kilos__	Más de 4 kilos__
3.	Combinado ____	1kilo__	2 kilos__	3 kilos__	4 kilos__	Más de 4 kilos__

17. ¿Piensa seguir vendiendo quintonile?

Si_____ no_____

18. La gente joven consume quintonile

Si_____ no_____ ¿Por qué? _____

Anexo 2 Cuestionario usado en las preferencias de consumo de amaranto como verdura en mercados locales de Zapotitlán de Méndez de la Sierra Norte de Puebla.

Número de cuestionario ()

Encuestador _____ **Fecha** _____

I. ASPECTOS GENERALES DEL CONSUMIDOR(A)

Comunidad: _____ Municipio: _____

Nombre _____

Edad: _____ Género: Hombre () Mujer ()

Escolaridad (indicar hasta que año estudió): _____

Ocupación principal (agricultor (a), servicios, industria) _____

1.- ¿Compra el quintonile?

a.-Verde	Si ___	No ___
b.-Rojo	Si ___	No ___
c.-Combinado	Si ___	No ___

2.- ¿Consume el quintonile?

a.-Verde	Si ___	No ___
b.-Rojo	Si ___	No ___
c.-Combinado	Si ___	No ___

3. ¿Por qué compra y consume quintonile?

Tradicón o costumbre	
Es barato (por el precio)	
Su sabor	
Bueno para la salud	
Otro	

4.- ¿Cuánto pagaría por la verdura de un color en específico?

1.	Verde	\$1 ___	\$2 ___	\$3 ___	otro ___
2.	Rojo	\$1 ___	\$2 ___	\$3 ___	otro ___
3.	Combinado	\$1 ___	\$2 ___	\$3 ___	otro ___

5.- ¿En caso de que no compre el quintonile que otra verdura compra?

1.	_____
2.	_____
3.	_____

6.- ¿De qué color prefiere comprar el quintonile?

1.	Verde _____
2.	Rojo _____
3.	Combinado _____

7.- ¿Cómo prefiere la verdura al momento de la compra?

1.	Verde ___ Tierno___ Fresco (recién cortado)___ Brilloso ___ Recio ___ Es indiferente_
2.	Rojo ___ Tierno___ Fresco (recién cortado ___ Brilloso ___ Recio ___ Es indiferente_
3.	Combinado _Tierno _Fresco(recién cortado _ Brilloso ___Recio _ Es indiferente_

8.- De acuerdo al tamaño de la hoja ¿Cómo prefiere el quintonile al momento de la compra?

1.	Verde Hojas grandes ___ Hojas pequeñas ___ Hojas medianas ___ No importa el tamaño__
2.	Rojo Hojas grandes ___ Hojas pequeñas ___ Hojas medianas ___ No importa el tamaño__
3.	Combinado Hojas grandes ___ Hojas pequeñas ___ Hojas medianas ___ No importa el tamaño__

9.- ¿Qué tamaño de la planta prefiere al momento de la compra?

1.	Verde 15cm___ 20cm ___ 25cm ___ 30cm___ No importa___
2.	Rojo 15cm___ 20cm ___ 25cm ___ 30cm___ No importa___
3.	Combinado 15cm___ 20cm ___ 25cm ___30cm___No importa___

¿Por qué?_____

10.- ¿Al momento de la compra, usted hace alguna elección de la verdura (quintonile), ya sea con el tacto o visual?

Si___ No___

a.-Verde	Suave___	Rugoso___	Todos son iguales___
b.-Rojo	Suave___	Rugoso___	Todos son iguales___
c.-Combinado	Suave___	Rugoso___	Todos son iguales___

11.- ¿El quintonile tiene un olor la planta en fresco?

a.-Verde	Si___	No___
b.-Rojo	Si___	No___
c.-Combinado	Si___	No___

12.- ¿Cómo le parece el olor de la planta de quintonile en fresco?

a.-Verde	Muy bueno ___	Bueno ___	Regular ___	Malo ___	Muy malo___
b.-Rojo	Muy bueno ___	Bueno ___	Regular ___	Malo ___	Muy malo___
c.-Combinado	Muy bueno ___	Bueno ___	Regular ___	Malo ___	Muy malo___

13.- ¿Al momento de cocinar el quintonile que le parece el olor?

a.-Verde	Muy Sabroso __	Sabroso___	Bueno __	Regular __	Malo__
b.-Rojo	Muy Sabroso __	Sabroso___	Bueno __	Regular __	Malo__
c.-Combinado	Muy Sabroso __	Sabroso___	Bueno __	Regular __	Malo__

14.- ¿Qué le parece el sabor del quintonile ya cocinado?

a.-Verde	Muy Sabroso __	Sabroso___	Bueno __	Regular __	Malo__
b.-Rojo	Muy Sabroso __	Sabroso___	Bueno __	Regular __	Malo__
c.-Combinado	Muy Sabroso __	Sabroso___	Bueno __	Regular __	Malo__

15.- ¿Cuál amarga más verde, rojo, combinado, manchado?

a.-Verde	No amarga ___	amargo algo ___	amarga mucho ___
b.-Rojo	No amarga ___	amargo algo ___	amarga mucho ___
c.-Combinado	No amarga ___	amargo algo ___	amarga mucho ___
d.- Manchado =	No amarga ___	amargo algo ___	amarga mucho ___

Manchado = hoja verde con mancha oscura en el centro

¿A qué cree que se deba el sabor amargo? _____

16.- ¿Con que frecuencia consume a la semana el quintonile?

a.-Verde	Una__ Dos __ Tres__ Cuatro__ Ocasionalmente__
b.-Rojo	Una__ Dos __ Tres__ Cuatro__ Ocasionalmente__
c.-Combinado	Una__ Dos __ Tres__ Cuatro__ Ocasionalmente__

17.- ¿En cuántas formas cocina el quintonile?

a.-Verde	Una__ Dos __ Tres__ Cuatro__ Menciónela __
b.-Rojo	Una__ Dos __ Tres__ Cuatro__ Menciónela __
c.-Combinado	Una__ Dos __ Tres__ Cuatro__ Menciónela __

18.- ¿Cuál tipo de guisado le gusta más de acuerdo a los colores de la verdura?

a.-Verde	_____
b.-Rojo	_____
c.-Combinado	_____

19.- ¿Cuál color de la verdura recomienda más para un guisado?

a.-Verde	_____
b.-Rojo	_____
c.-Combinado	_____

20.- ¿Cree que sea buen alimento?

Sí ____	No ____
a.-Verde	Si ____ No ____ ¿por qué?_____
b.- Rojo	Si ____ No ____ ¿por qué?_____
c.- Combinado	Si ____ No ____ ¿por qué?_____

21.- ¿Usted recomendaría a otras personas para que lo consuman? Sí ____ No ____

a.-Verde	Si ____	No ____
b.-Rojo	Si ____	No ____
c.-Combinado	Si ____	No ____

¿Por qué? _____

22.- ¿Alguna opinión sobre la verdura, que le gustaría que se mejorara en algo?

1. _____
2.- _____
3. _____

23.- ¿Piensa seguir comprando quintonile? Si _____ No _____

24.- ¿Usted piensa que le gusta los quintoniles a los jóvenes? Si _____ No _____

25.- Observaciones complementarias.

Anexo 3. Colores de amaranto como verdura para preferencia de productores y consumidores de Zapotitlán de Méndez de la Sierra Norte de Puebla.

Amaranto verdura color rojo



Amaranto verdura color verde



Amaranto color combinado

