



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR  
NUTRIMENTAL DE CINCO ESPECIES DE QUELITES DE CONSUMO  
RECURRENTE EN COMUNIDADES RARÁMURI DE LA SIERRA  
TARAHUMARA, MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

**MARÍA DE GUADALUPE GONZÁLEZ PEDROZA**



**CDMX 01 de septiembre de 2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** Profesora: GÁLVEZ MARISCAL MARÍA AMANDA  
**VOCAL:** Profesor: GONZÁLEZ HERNÁNDEZ ILIANA ELVIRA  
**SECRETARIO:** Profesor: RAMÍREZ OREJEL JUAN CARLOS  
**1er. SUPLENTE:** Profesor: SÁNCHEZ SALAZAR BRENDA  
**2° SUPLENTE:** Profesor: PÉREZ JIMÉNEZ ADRIANA BERENICE

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**LABORATORIO II, DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA, FACULTAD DE  
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA (UNAM)**

**ASESOR DEL TEMA: MENC. RAMÍREZ OREJEL JUAN CARLOS**

---

**(nombre y firma)**

**SUPERVISOR TÉCNICO: DR. BYE BOETTLER ROBERT ARTHUR**

---

**(nombre y firma)**

**SUSTENTANTE: GONZÁLEZ PEDROZA MARÍA DE GUADALUPE**

---

**(nombre y firma)**



ESTA TESIS FUE ELABORADA CON EL APOYO BRINDADO POR LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM)

A TRAVÉS DEL PROYECTO: PAPIIT IG200419

CONOCIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE ESPECIES COMESTIBLES PARA LA  
SOBERANÍA ALIMENTARIA EN LA SIERRA TARAHUMARA: QUELITES

## Contenido

Resumen.....	6
Introducción .....	7
Hipótesis .....	9
Objetivos .....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos particulares .....	10
1.    Marco teórico.....	12
1.1 La Sierra Tarahumara .....	12
1.2 Contexto sociohistórico en la Sierra Tarahumara.....	14
1.2.1 Periodo colonial .....	14
1.2.2 Periodo Post-Jesúfico .....	15
1.2.3 Siglo XIX a la actualidad.....	16
1.3 Rarámuri.....	18
1.3.1 División Territorial (Zonas ecológicas).....	19
1.3.2 Los rarámuri en la actualidad. ....	22
1.3.3 Estilo de vida .....	23
1.3.4 El sistema de subsistencia rarámuri.....	26
1.4 La agricultura rarámuri.....	30
1.4.1 La milpa rarámuri.....	32
1.5 Quelites .....	39
1.5.1 Quelites en la tradición rarámuri.....	40
1.6 Alimentación rarámuri .....	58
1.6.1 Ingesta calórica diaria.....	60
1.6.2 Ingesta de proteína .....	61
1.6.3 Ingesta de lípidos .....	63
1.6.4 Ingesta de carbohidratos.....	64
1.6.5 Sodio, vitaminas y nutrimentos inorgánicos .....	64
2. Metodología .....	67
Selección de las especies de quelites .....	68
Recolección de las muestras.....	70
Tratamiento de las muestras en el laboratorio .....	74
3.Resultados y discusión.....	75

Conclusiones .....	101
Referencias .....	103
<b>Anexos</b> .....	109
Cromatogramas .....	109

## Resumen

La Sierra Tarahumara que se encuentra ubicada al noroeste de México es considerada una de las zonas biodiversas de América del Norte. Los rarámuri constituyen el pueblo más numeroso y conocido de los que habitan la zona, considerados agricultores de subsistencia complementan su dieta mediante el consumo de vegetales de hoja conocidos como quelites. Los quelites aportan diversos aromas, colores y sabores a la gastronomía mexicana, y tradicionalmente se conocen los beneficios que aporta su consumo. Se tiene conocimiento que los rarámuri consumen más de 120 especies de quelites, entre las que se encuentran *Amaranthus retroflexus*, *Arracacia edulis*, *Phacelia platycarpa*, *Amaranthus palmeri* y *Tauschia madrensis*. El objetivo de este estudio fue determinar la composición química y el valor nutrimental de las especies de quelites antes mencionadas y consideradas de consumo recurrente. Se realizó la caracterización fisicoquímica (a través de la determinación del contenido de fibra cruda, extracto etéreo, proteína cruda, proteína verdadera, extracto libre de nitrógeno y cenizas), se determinó el perfil de aminoácidos presentes, la calificación química de la proteína, se cuantificó la concentración de nutrimentos inorgánicos (Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P y Zn), además de determinar la presencia de factores anti nutricionales (oxalatos y nitratos) que podrían influir de manera negativa en la absorción de nutrientes presentes en las cinco especies. Los resultados obtenidos indicaron que las cinco especies aportan un buen contenido de fibra cruda, proteína y nutrimentos inorgánicos (Ca, P, K y Mg), cuatro de las cinco especies vegetales analizadas pueden considerarse como fuente de proteína de buena calidad, además de proporcionar los aminoácidos indispensables en la dieta de acuerdo con las recomendaciones de la FAO/OMS, de igual manera, los factores anti nutricionales cuantificados (oxalatos y nitratos) generaron valores que se encuentran dentro del límite permitido.

## Introducción

La Sierra Tarahumara se localiza en la Sierra Madre Occidental (la cordillera más larga de México) el área que abarca limita hacia el oeste con los estados de Sonora y Sinaloa, hacia el sur con el estado de Durango y hacia el este con los altiplanos centrales del estado de Chihuahua, y es considerada una de las zonas con mayor biodiversidad de América del Norte (ONU, 2019). Hasta el año 2019 se tuvo el conocimiento de la presencia de 3,271 especies de plantas y cuatro pueblos originarios (WWF, Tarahumara sustentable, 2014), siendo el pueblo rarámuri el más numeroso y conocido de ellos (Pintado Cortina, 2004). Los rarámuri son considerados agricultores de subsistencia que complementan una porción significativa de su dieta (basada principalmente en maíz, frijol, calabaza y chile) con plantas comestibles no cultivadas obtenidas mediante recolección (Bye R. , 1981), dichas plantas pertenecen al grupo conocido como quelites (en lengua rarámuri “kiribá”). El término quelite es una palabra prestada derivada del sustantivo náhuatl "quilitl", que hace referencia a verduras comestibles o vegetales de hoja en México, y los describe como plantas cuyas hojas, tallos tiernos y en ocasiones inflorescencias inmaduras, son consumidas como verdura (Bye & Linares, 2011). Este grupo de plantas tiene un gran valor en la alimentación nacional debido a que aportan diversos aromas, colores y sabores (Castro, Basurto, Mera, & Bye, 2011) a la gastronomía tradicional mexicana, sin embargo en las estadísticas agrícolas nacionales, los quelites son especies de poco significado económico tanto por la reducida superficie cosechada como por el valor de la cosecha, por ello son consideradas plantas de uso local y tradicional que en su mayoría se cultivan o recolectan a escala de auto consumo y comercialización incipiente (Linares Masari, 2015). En la actualidad se reconoce que los quelites son vegetales ricos en nutrimentos inorgánicos, vitaminas y ácidos grasos (Mera, 2011). El creciente interés de la población por mantener una “dieta más natural” y equilibrada hacen de los quelites una opción atractiva para los consumidores aumentando la necesidad de estudios que corroboren su valor nutrimental. Según lo mencionado por Bye (1981), los rarámuri emplean más de 120 especies de quelites, de las cuales 10 son

consumidas cotidianamente, entre ellas se encuentran *Amaranthus retroflexus*, *Arracacia edulis*, *Phacelia platycarpa*, *Amaranthus palmeri* y *Tauschia madreensis* (Linares Masari, 2015). El objetivo de este estudio fue determinar la composición química y el valor nutrimental de estas cinco especies de quelites consideradas de consumo recurrente realizando la caracterización fisicoquímica (fibra cruda, extracto etéreo, proteína cruda, proteína verdadera, extracto libre de nitrógeno y cenizas), la cuantificación de aminoácidos presentes, determinando la concentración de nutrimentos inorgánicos (Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P y Zn) y determinando la calificación química y la digestibilidad (*in-vitro*) de la proteína. Los resultados indicaron que las cinco especies aportan un buen contenido de fibra cruda, proteína y nutrimentos inorgánicos (Ca, P, K y Mn), lo que nos permite conocer el aporte nutrimental que ofrecen en la dieta rarámuri.

## Hipótesis

Si se conoce la composición química, el perfil de aminoácidos, la calidad química de la proteína, el contenido de nutrimentos inorgánicos y la concentración de factores anti nutricionales (nitratos y oxalatos) presente en las especies de quelites *Tauschia madrensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus*, entonces podrá conocerse el aporte nutrimental que ofrecen en la dieta rarámuri, así como la presencia de factores anti nutricionales que se encuentran intrínsecamente asociados al consumo de cada una de las especies de quelites.

## Objetivos

### Objetivo general

Definir la composición química de cinco especies de quelites (*Tauschia madrensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus*) consideradas de consumo recurrente en comunidades rarámuri, con el fin de fundamentar el aporte nutrimental de los quelites en la dieta tradicional, así como verificar algunos potenciales riesgos a la salud (contenido de oxalatos y nitratos) que implica su consumo.

### Objetivos particulares

- Determinar la composición química (humedad, materia seca, extracto etéreo, cenizas, proteína cruda, proteína verdadera y carbohidratos) de cinco especies de quelites (*Tauschia madrensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus*) provenientes de la Sierra Tarahumara, con el fin de conocer el aporte nutrimental de cada una de las especies en la dieta rarámuri.
- Definir mediante espectroscopía de absorción atómica el contenido de Ca, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P y Zn de cinco especies de quelites (*Tauschia madrensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus*) provenientes de la Sierra Tarahumara con el fin de conocer el aporte de nutrimentos inorgánicos de cada una de ellas en la dieta rarámuri.
- Cuantificar mediante la técnica de cromatografía de líquidos de alta resolución los aminoácidos presentes en cinco especies de quelites (*Tauschia madrensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus*) provenientes de la Sierra Tarahumara y posteriormente establecer la calificación química y la digestibilidad (*in-vitro*) de la proteína aportada por cada una de las especies en la dieta rarámuri.
- Precisar mediante técnica volumétrica la concentración de oxalatos presente en cinco especies de quelites (*Tauschia madrensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus*)

provenientes de la Sierra Tarahumara, con el fin de conocer su potencial impacto a la salud.

- Precisar mediante técnica colorimétrica la concentración de nitratos presente en cinco especies de quelites (*Tauschia madreensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus*) provenientes de la Sierra Tarahumara, con el fin de conocer su potencial impacto a la salud.
- Realizar una comparación entre el aporte nutrimental de las especies de quelites (*Tauschia madreensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis*, *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus*) y siete especies de vegetales de hoja (col, coliflor, brócoli, lechuga romana, lechuga hoja verde, lechuga iceberg y espinaca) consideradas de consumo frecuente.

## 1. Marco teórico

### 1.1 La Sierra Tarahumara

*“Se dice que hace mucho tiempo,  
el cuervo hizo las barrancas...  
La tierra era plana.  
No había barrancas para que se fuera el agua.  
Por eso, me cuentan, el cuervo caminó por la tierra  
e hizo zanjas para que corriera el agua.  
Por eso ahora hay muchas barrancas.  
En algunos lados son muy profundas.  
Hasta hay cañadas angostas abajo, en las barrancas”.*

#### **Legenda rarámuri**

*Burgess, Don (compilador) 1895:149*

La Sierra Tarahumara está constituida por montañas de hasta 3,700 m de altitud y profundas barrancas de 300 metros sobre el nivel del mar siendo uno de los lugares más extremos de México (Gabrielová, 2007). Dicho territorio montañoso forma parte de la Sierra Madre Occidental (la cordillera más larga de México). El área que abarca limita hacia el oeste con los estados de Sonora y Sinaloa, hacia el sur con el estado de Durango y hacia el oeste con los altiplanos centrales del estado de Chihuahua, dicha área geográfica se ha considerado un corredor geográfico y cultural desde tiempos precolombinos hasta nuestros días (Gotés Martínez, 2010). La Sierra Tarahumara posee una gran importancia étnica, biológica, ecológica e hidrológica. Se estima que en la región se encuentran 4000 especies de plantas vasculares, de las cuales 150 son endémicas, por ello es considerada uno de los sitios megadiversos del planeta (Salmón, 2000).

La región abarca 59,874 km<sup>2</sup>, que representan 24% de la extensión del estado de Chihuahua (el más grande del país) con 247,087 km<sup>2</sup> (12% de todo México). La región (Sierra Tarahumara) para algunos<sup>1</sup> está compuesta por 21 municipios del

---

<sup>1</sup> Existen diferentes criterios sobre los municipios que conforman la Sierra Tarahumara; para algunos autores e instituciones de Gobierno, la región está compuesta de 21 a 23 municipios que se encuentran en la región alta y de barrancas, al oeste y suroeste del estado, más como una zona geográfica que cultural (zona donde

estado de Chihuahua. De éstos, 17 son de mayor presencia indígena, donde coinciden los niveles de pobreza y marginación más altos del estado: Balleza, Batopilas, Bocoína, Carichí, Chínipas, Guachochi, Guadalupe y Calvo, Guazapares, Guerrero, Maguarichi, Morelos, Morís, Nonoava, Ocampo, Temósachi, Urique y Uruachi (Almanza Alcalde, 2017), que a su vez dan cobijo a las culturas o'óba, ralámuli, guarijó y óódami, más conocidas como pimas, tarahumaras, warijós y tepehuanes (Ver Figura 1).

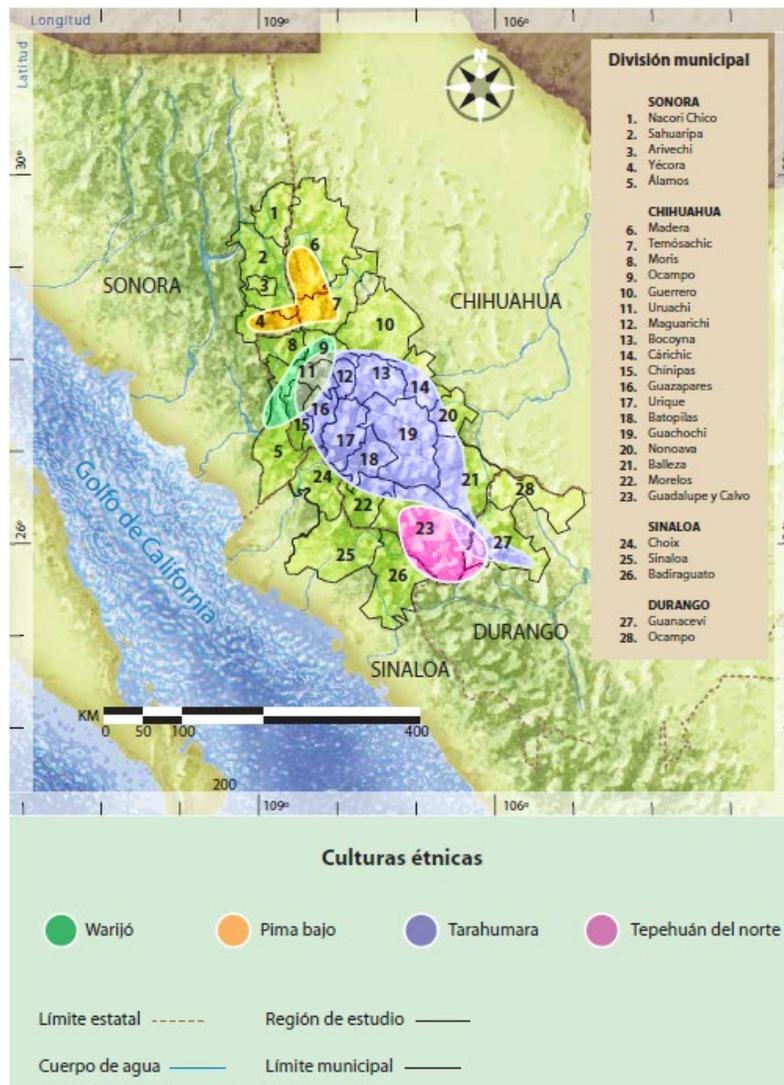


Figura 1 División municipal y culturas étnicas en la Sierra Tarahumara. (Gotés Martínez, 2010)

alguna vez hubo asentamientos autóctonos de algún grupo originario), para otros la presencia indígena es la variable importante para marcar las fronteras del territorio.

## 1.2 Contexto sociohistórico en la Sierra Tarahumara

### 1.2.1 Periodo colonial

La conformación etnográfica de la Sierra Tarahumara a la llegada de los españoles, es incierta. Hasta donde se sabe, existía una multitud de grupos organizados en espacios habitacionales, que compartían diversos rasgos culturales y estaban adscritos a un grupo, clan o banda determinada, en cuanto a su filiación étnica (Pacheco Arce, 2010). Los datos históricos que hacen las primeras referencias a la región conocida actualmente como Chihuahua, son textos que hablan de los pobladores que vivían y tenían más o menos definido su límite territorial con respecto a los otros pueblos y corresponden principalmente a los escritos de los misioneros, quienes llegaron a la cabeza de los conquistadores y colonizadores, en su proceso de expansión desde la Nueva España a la caída de los imperios Azteca y Purépecha en el centro de lo que hoy es México (Almanza Alcalde, 2017).

En 1567 el descubrimiento de minerales en territorio habitado en aquel entonces por los Odami (conocidos como Tepehuanos), propició el establecimiento del primer asentamiento en la región (Santa Bárbara) a partir de la cual se expande la colonización del actual estado de Chihuahua por su región sureste. Los primeros encuentros que establecen los nativos de la Sierra con los colonizadores europeos se dan con los misioneros jesuitas, quienes representan uno de los elementos de la tríada en la expansión colonial hacia el norte de la Nueva España, que operaba mediante una estrategia fundada en la instauración de presidios o fuertes militares, enclaves mineros y misiones (Noriega, 1992). La colonización de las Indias Occidentales por los europeos tenía como base de sustento la actividad agropecuaria; donde el sector rural se vio obligado a servir de apoyo al urbano en sus primeras fases de desarrollo. Los jesuitas no fueron ajenos a este tipo de sociedad y al evangelizar a los habitantes del norte novohispano, intentaron transformar radicalmente la vida de los grupos étnicos con los que trabajaron (tepehuanes, coras, ópatas, mayos, yaquis, pimas, warijós, pápagos, cochimíes, pericúes y guaycuras) (León García, 1992), tratando de implementar las actividades agropecuarias en los pueblos nativos de una forma similar a los usos de cada región; sin embargo, en el caso de los tarahumaras esto no fue del todo posible. Los

tarahumaras, al igual que muchos de estos pueblos, vivían trasladándose de un lugar a otro, dando a la naturaleza un trato sencillo, sin agotarla y aprovechando todas sus manifestaciones en la montaña, los barrancos, los valles y los llanos (León García, 1992). Este patrón de movilidad les permitió tener mejores espacios de cultivo, con lo cual aumentaban las posibilidades de obtener mejores productos agrícolas además de garantizar acceso a los diversos productos silvestres recolectados en los distintos nichos ecológicos (Pacheco Arce, 2010). Debido a la naturaleza nómada de algunos pueblos nativos el proyecto jesuítico se adaptó a un formato que denominaron “rancherías<sup>2</sup>”.

Las investigaciones arqueológicas, históricas, etnográficas y los documentos etnohistóricos heredados de los misioneros en el noroeste de México coinciden en que la ranchería era el estilo de vida de la mayoría de la población norteña, sin embargo, se ha podido detectar que también existían unidades habitacionales de pequeños grupos familiares en general dispersos, sobre todo en las partes más escarpadas de la Sierra Tarahumara. Esta conducta probablemente obedezca a las pocas posibilidades de desarrollar una agricultura a gran escala, lo que no permitía el desarrollo de núcleos familiares amplios (Pacheco Arce, 2010). Considerando la historia colonial, el registro arqueológico y las características ambientales de la Sierra, se observa que la trashumancia ejercida por los pobladores serranos se remonta a épocas precolombinas y se continuó durante la Colonia, sin embargo, durante este periodo la movilidad tenía una doble función, es decir, la adaptación al ambiente y escapar del sometimiento español (Pacheco Arce, 2010). Esta conducta de aparente aislamiento responde a un amplio conocimiento del medio, lo que permitió, a pesar de los esfuerzos misionales, mantener un tipo de vida móvil.

### 1.2.2 Periodo Post-Jesuítico

Tras la expulsión jesuítica llevada a cabo en el año 1767, se reforzó (mediante los elementos culturales de cooperatividad y reciprocidad) un esquema productivo de autoconsumo comunal quedando los contactos comerciales reducidos al

---

<sup>2</sup> Las rancherías se componían de pequeñas unidades familiares agricultoras que se entrelazaban entre sí por la vía del parentesco extenso y de un conjunto de relaciones sociales de intercambio y de reciprocidad.

intercambio con los mestizos serranos generando un mercado limitado a la propia Sierra Tarahumara lo que arrojó como resultado, hacia 1890, un tarahumara agrícola, seminómada, auto subsistente en términos comunitarios y poco ligado al comercio regional y nacional (Noriega, 1992). Durante este periodo las culturas étnicas del noroeste se vieron sometidas a un nuevo periodo de aislamiento dentro del cual se generaron nuevos cambios, es entonces cuando en la Sierra Tarahumara se conforma lo más característico de los modos étnicos que permanecen aún en la actualidad, a saber: las culturas rarámuri o tarahumares, óódami o tepehuanes del norte, los o'óba, conocidos como pimas bajos y finalmente, los warijó o wuarijío (Pacheco Arce, 2010).

### 1.2.3 Siglo XIX a la actualidad

El siglo XIX, con la Independencia y las siguientes guerras civiles, significó el abandono político y militar de esta zona de poca importancia estratégica. Sin embargo, los mestizos continuaban la explotación de la sierra aprovechando la ausencia de las autoridades y de los misioneros para despojar los nativos de sus tierras (Gabrielová, 2007). Durante la época porfirista, la Sierra fue impactada por la modernidad, lo cual trajo consigo nuevos ambientes productivos y sociales, que incorporó las innovaciones tecnológicas de ese tiempo, por ejemplo, la construcción del Ferrocarril Kansas City (actualmente conocido como Chihuahua-Pacífico o Chepe). En el estado de Chihuahua, fue ésta la época de la implantación y auge de grandes proyectos mineros y las nuevas explotaciones forestales en la zona, además del despojo de tierras a los pueblos nativos para otorgar concesiones a inversionistas (en su mayoría capital extranjero) (Gotés Martínez, 2010), en este periodo las comunidades indígenas fueron vistas como un obstáculo en el desarrollo del país, por lo tanto se pretendía integrar a todos a una economía del mercado sin considerar los valores tradicionales de estas comunidades<sup>3</sup> (Gabrielová, 2007). Durante el siglo XX, el gobierno mexicano implementó un proyecto político en relación con la diversidad étnica y lingüística del país que tenía como finalidad promover el desarrollo integral de los grupos nativos, acelerando el proceso de

---

<sup>3</sup> “Se debe hacer entrar al indio en la marcha del progreso” y “aprovecharlo y no eliminarlo”. Enrique C. Creel gobernador de Chihuahua 1904-1906 y 1907-1910.

cambio cultural a las formas de vida del México moderno, se apoyaron, además, en el reordenamiento territorial y forestal de la región mediante la creación de los ejidos forestales, durante los años 1949 a 1971, que en la práctica fueron sobre todo centros de fuerza de trabajo para la explotación del bosque y la extracción maderera (Gotés Martínez, 2010), lo que ha derivado en la pérdida del equilibrio ecológico debido a la tala inmoderada de los bosques, la práctica de la ganadería extensiva, la expansión de los proyectos mineros y la consecuente contaminación ambiental derivada de dichas prácticas, además del empleo de mano de obra indígena en las labores donde no se necesitaba mayor calificación. En los últimos años la Sierra Tarahumara y sobre todo la zona de la Barranca del Cobre se convirtieron en un destino turístico, lo cual resulta en mayor penetración de la cultura dominante a las partes cada vez más retiradas de la sierra, llevando a los pueblos nativos a la pérdida de su estilo de vida tradicional, para adaptarse y sobrevivir (Gabrielová, 2007).

La invasión occidental de la Sierra, iniciada desde el siglo XVII, heredó a la época contemporánea la presencia de una población mestiza, que es una referencia fundamental para comprender las actuales dinámicas étnicas y políticas de la región, como el manejo del pequeño comercio, la formación de cacicazgos, la captación de las representaciones ejidales y municipales, el desarrollo de núcleos urbanos y comerciales, creando un mosaico de interacciones sociales, geográficas, históricas y culturales que conforman una particular dinámica de inter-etnicidad. En esta región se contabiliza aproximadamente a 80,000 hablantes de lenguas nativas: 72,000 tarahumares, 6,500 tepehuanos, 1,000 warijíos y 650 pimas (INEGI, 2001) y es en el estado de Chihuahua donde reside cerca de 95% de la población nativa censada, la cual está distribuida, principalmente, en 21 de sus municipios. Según los censos, destaca una mayor densidad demográfica de hablantes en las demarcaciones de Guachochi, con 30%; Guadalupe y Calvo, 11%; Urique, 9.5%; Balleza, 8.5%; Bocoyna, 8%; y Batopilas, 6.5% (Gotés Martínez, 2010).

### 1.3 Rarámuri

*“Onorúame, dios del Sol, luego de crear el mundo quiso probarlo.*

*Para ello tomó varias mazorcas,  
las desgranó y con el maíz formó una figura de hombre  
a la que sopló tres veces para darle vida.*

*Después hizo a la mujer,  
a quien le dio cuatro soplos de su aliento,  
ya que necesitaría más fuerza para parir a sus hijos.*

*Así creó la raza del maíz...”*

**Leyenda rarámuri**

(CONACULTA, 2021)

Los rarámuri son un pueblo nativo que vive en el norte de México. Su territorio se encuentra en la parte de la Sierra Madre Occidental conocida como Sierra Tarahumara y cubre alrededor de 35,000km<sup>2</sup>, ellos llaman a este territorio *Gawi Wachi* (el lugar de la crianza), y han habitado en él por cerca de 2,000 años (Salmón, 2000). El nombre rarámuri (como se autodenominan) significa “corredores a pie” proviene de las raíces: rara (pie) y muri (correr), otro nombre con el que se conoce este grupo étnico es tarahumara o tarahumar, una deformación hispánica del nombre indígena (Gabrielová, 2007). Las investigaciones sobre la historia del poblamiento de Chihuahua mencionan que a principios del siglo XVII existían entre 20,000 a 60,000 rarámuri y se encontraban distribuidos en las regiones del centro y suroeste del actual Chihuahua donde había “...tierras de muy buena labranza” y sin grandes necesidades en cuanto a irrigación se refiere. Sobre todo, en el Valle del Papigochi, y en torno a Nonoava, los españoles encontraron altas concentraciones de población (Hillerkuss, 1992). Solamente en el valle de Papigochi la sucesión de planicies cultivadas mostraba gran densidad; varios cronistas hablaron de un único poblado, grande y espacioso. En el resto predominaba una forma dispersa de asentamiento, la que con frecuencia alcanzaba un grado extremo, tanto en la sierra (en la zona de barrancas, mucho menos densamente poblada que ahora) como en

las mesas, (a menudo pequeñas y extraordinariamente frías en invierno) (Hillerkuss, 1992).

### 1.3.1 División Territorial (Zonas ecológicas)

El territorio en la Sierra Tarahumara habitado por los rarámuri se encuentra dividido en cuatro zonas ecológicas claramente diferenciadas<sup>4</sup> (Hillerkuss, 1992). (Ver Figura 1.4)

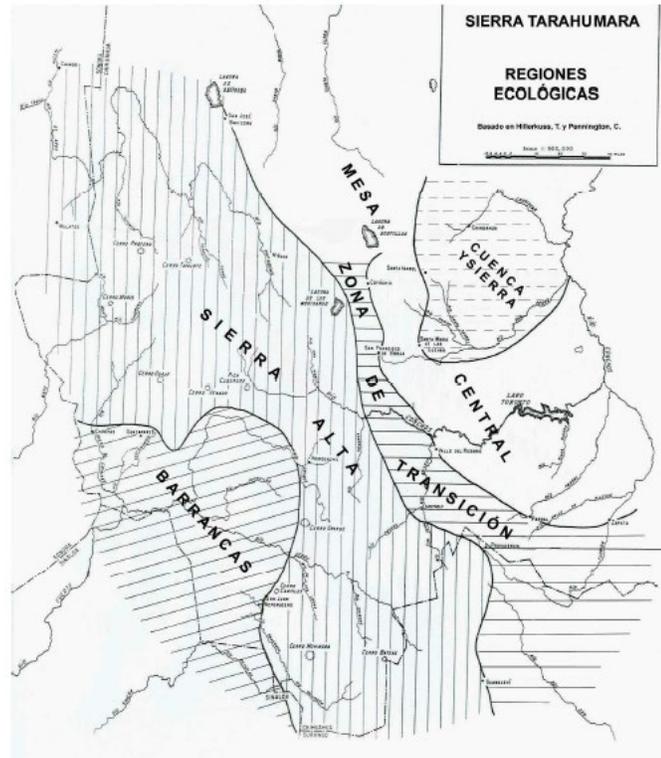


Figura 1.4. Zonas ecológicas en la Sierra Tarahumara.

#### 1.3.1.1 Las Barrancas

Las barrancas son regiones con una gran variedad de vegetación, desde la xerofítica (vegetales adaptados para un desarrollo en ambiente seco para evitar la pérdida de agua por evaporación), hasta la cactácea (más al fondo del barranco) debido a esta variedad, existen plantas conocidas por los rarámuri y los mestizos para su consumo, así como para su uso en medicina tradicional (Almanza Alcalde, 2017). Producto del clima y la humedad, cerca de los arroyos y escurrimientos de la

---

<sup>4</sup> Algunos autores mencionan únicamente tres zonas en la Sierra Tarahumara: la cumbre, las barrancas y los pastizales.

cumbre se pueden encontrar plantas cultivadas propias de los trópicos como el mango, el papayo, el limón, la naranja, el plátano, la guayaba además de otras de tipo silvestre como el tempisque, el guamúchil, etc. La zona de las barrancas posee grandes inclinaciones en los terrenos (de hasta 45°), por lo que pocas son las superficies lo suficientemente planas para el cultivo de la principal planta alimenticia: el maíz. Desde los tiempos prehispánicos era necesario subir a la Sierra Alta en busca de mejores tierras para la siembra, situación que ha marcado hace cientos de años la particularidad de su movilidad estacional dentro de su territorio (Almanza Alcalde, 2017). Aun así, es común ver en los barrancos los desmontes y posteriores milpas, sin embargo, estas siembras no se pueden realizar usando el arado y la yunta, sólo se utiliza la *wika* (coa) para poder depositar la semilla a la profundidad apropiada. En algunas laderas, situadas entre los 600 y 1,500 msnm, no aptas para el cultivo, por lo empinado del terreno se puede encontrar vegetación entre la que predomina el bosque de hoja ancha<sup>5</sup>. Las barrancas son regiones en las que aún hoy en día (y durante casi todo el año) se aprovecha la recolección de plantas, frutos y raíces comestibles, medicinales y ceremoniales, más la caza de especies menores y la pesca de cuando menos cuatro especies de peces que se reproducen en los ríos (Almanza Alcalde, 2017).

#### 1.3.1.2 La Sierra Alta

Localizada por arriba de los 2,000 metros de altitud, por sus condiciones presenta mayor número de problemas para la siembra del maíz (Almanza Alcalde, 2017). En lugares como Carichí, Tomóchi, Sisoguichi y Guachochi, las temperaturas llegan a alcanzar ocasionalmente hasta los 30°C entre mayo y septiembre, pero también se corre el riesgo de que las heladas nocturnas puedan dañar las plantas jóvenes. En la época de invierno, por los meses de noviembre a marzo, se han registrado temperaturas mínimas menores de 25°C y la temperatura máxima en estos meses no va más allá de los 15°C. Entre noviembre y abril se registran nevadas ocasionales y la nieve rara vez supera los 20 centímetros de altura. Entre la vegetación de la cumbre predominan los pinos, aunque también encontramos encino, táscate, madroño, entre otros (Almanza Alcalde, 2017). En esta zona es

---

<sup>5</sup> Bosque templado (WWF, 2021).

común ver cultivos en partes cercanas a ríos y arroyos, donde se ha acumulado suficiente cantidad de aluviones, que por su gran cantidad de material orgánico ofrecen la oportunidad de obtener buenas cosechas de maíz sin abono, aunque es necesario dejar descansar esta tierra de tres a siete años, después de sembrar en ella de dos a tres años seguidos (Hillerkuss, 1992) lo cual implica la necesidad de abrir nuevos terrenos en el bosque. En la cumbre no existe la gran variedad de plantas comestibles y medicinales como en las partes bajas, limitándose la recolección de estas, principalmente en el verano, cuando el clima es propicio y las lluvias abundantes, sin dejar de coleccionar tubérculos y algunas especies de quelite durante los meses fríos del año, así como pequeños frutos como los del madroño presentes desde octubre hasta febrero (Almanza Alcalde, 2017).

#### *1.3.1.3 Zona de transición*

Una de las características de esta región ecológica es su benevolente clima, comparado con la Sierra Alta; no es común que se presenten condiciones extremas en sus temperaturas a lo largo del año. Esta zona recibe durante la época de lluvias suficiente agua para permitir el cultivo, además de contar con numerosos arroyos, cuyas corrientes de agua han ido depositando tierra y material orgánico de buena calidad, permitiendo buenos cultivos. Los valles son amplios y con pocas pendientes, junto con bosque abierto de hoja ancha y tupido pasto. Es muy posible que también en estos lugares las condiciones permitan la recolección y caza menor para completar la dieta al pueblo rarámuri y otros grupos vecinos (Almanza Alcalde, 2017).

#### *1.3.1.4 Mesa central*

Su altitud promedio varía entre los 1,000 y 2,000 metros sobre el nivel del mar, por lo general la temperatura sube durante la época de verano, se caracteriza por lluvias breves pero fuertes en grandes extensiones de tierras más o menos planas. Desde antes de la llegada de los colonizadores, los antiguos habitantes dependían del agua de los ríos como el Conchos y el Florido, lo mismo que de sus manantiales. Estos, por ejemplo, han disminuido en Santa Eulalia, Parral o Chihuahua, ya que la deforestación que causó la explotación de la plata en los últimos cuatrocientos años ha hecho bajar el nivel de las aguas subterráneas (Hillerkuss, 1992). Ejemplos de

esta región ecológica lo serían las actuales tierras de Cuauhtémoc, Delicias, Camargo, entre otras.

Pennington (1996) incluye una quinta zona hacia el noreste del actual estado y a la que denomina **Cuenca y Sierra**, dentro de la cual estarían los actuales municipios de Satevó y Chihuahua, por ser parte de la cuenca del río Conchos, principalmente.

La base de la subsistencia consistía principalmente en la recolección, la caza y el cultivo de maíz, frijol y calabaza en pequeñas porciones de tierra en las márgenes de ríos y arroyos con la ayuda de un bastón sembrador o *wika*. Los asentamientos alrededor de los campos de cultivo eran temporales y su territorio definido con un carácter de constante movilidad de los rarámuri y de los grupos que habitaban el actual estado de Chihuahua. Durante el invierno migraban hacia las partes bajas de las barrancas, por lo que la construcción de sus viviendas era poco desarrollada. Las cuevas, las casas de madera y ramas eran las habitaciones que empleaban y siguen empleando en la actualidad (Almanza Alcalde, 2017).

### 1.3.2 Los rarámuri en la actualidad.

La población rarámuri en la actualidad es de poco más de 80,000 personas, siendo con esto el grupo más numeroso de esta región y en el estado (INPI, 2021). Los poblados que concentran la mayor cantidad de habitantes se encuentran en los municipios de Guachochi (cabecera municipal del mismo nombre), San Juanito, Creel (ambos del municipio Bocoina), Baborigame del municipio; Guadalupe y Calvo y su cabecera municipal, Balleza (cabecera municipal), Carichí. La concentración poblacional en las cabeceras municipales se debe a que es precisamente en estos sitios donde se concentran la mayor parte de los servicios que la población demanda (salud, educación, comunicación, etc.) y donde se localizan las mayores fuentes de trabajo (INPI, 2021), condiciones que atraen a la población de los alrededores. Estos asentamientos urbanos actualmente cuentan con una población mestiza mayoritaria, excepto Baborigame, donde además de ser el centro de organización y ceremonial, cuenta además con un alto porcentaje de población indígena. De las tres subregiones geográficas en que se divide la Sierra Tarahumara (la cumbre, las barrancas y los pastizales) la que mayor proporción de habitantes tiene es la de las

cumbres y la menos poblada es la de las barrancas, como sucede en algunas zonas de los municipios Guachochi, Bocoína, Carichí (Almanza Alcalde, 2017).

### 1.3.3 Estilo de vida

#### 1.3.3.1 Formas poblacionales y patrones de asentamiento

Producto, entre otras circunstancias, de la adaptación de estos pueblos a lo abrupto de la geografía (la situación orográfica permite pocos lugares adecuados para la agricultura) y al estilo de vida seminómada que los rarámuri practican (Almanza Alcalde, 2017), el patrón de asentamiento disperso aún se conserva (Ver Figura 1.5), y es común (sobre todo entre los pueblos que se localizan en las regiones de barranco y cumbre de barranco) que las familias tengan más de una vivienda, esto con la finalidad de tener un movimiento claramente definido dentro de su territorio. En la actualidad, la movilidad entre los rarámuri tiene dos niveles que se articulan: el ambiental y el social. En primer lugar, persiste como mecanismo de ajuste medioambiental (sobre todo en las comunidades y rancherías que se distribuyen en las zonas de barrancos como Batopilas, Urique o Uruachi) (Gotés Martínez, 2010). En primavera, verano y parte de otoño viven en las cumbres, donde la producción agrícola es mayor debido a la precipitación pluvial y a la mejor calidad de los suelos.

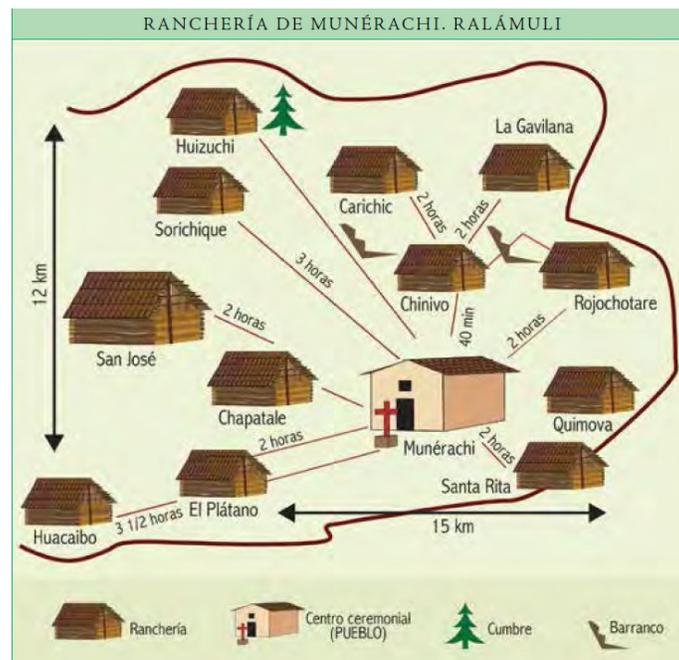


Figura 1.5. Distribución de ranchería rarámuri. (Gotés Martínez, 2010).

Hacia finales del mes de noviembre, cuando el invierno se acerca, descienden a las tierras bajas y cálidas de las barrancas y cañadas, en busca de forrajes de pastoreo para el ganado y para obtener la cosecha de aquella altitud, que ante la ausencia de las heladas permite un ciclo agrícola más prolongado que en la montaña. Así, en los barrancos poseen otra casa-habitación, asentada en las laderas de los ríos o arroyos, en donde siembran en pequeñas terrazas acondicionadas (Gotés Martínez, 2010).

Debido a las características ambientales de tipo subtropical, además de cosechar maíz, chile o papa, también obtienen frutos tropicales como naranja, plátano, papaya, limón, mango y aguacate, los cuales venden o intercambian en los poblados *chabóchi*<sup>6</sup> más cercanos. Durante las diferentes épocas del año, y cuando se trasladan de una zona a otra, continúan practicando la recolección de alimentos que complementan su dieta (raíces, zacates, tunas, nopales, hongos, agaves, piñones, bellotas, etc.), de plantas medicinales y ceremoniales y de elementos materiales que les permiten su reproducción cultural, como las palmas de sotol (*Dasyliirion simplex*) con las que tejen sus cestos o *wáli*, o la madera del táscate con la que fabrican violines (Gotés Martínez, 2010).

Por otro lado, con el cambio de residencia temporal cumbre-barranca, los rarámuri logran extender las interacciones en la red social debido a que, por lo general, en la temporada de barranco comparten el espacio de una rancharía con individuos cuyo asentamiento en la cumbre es distinto, generando relaciones de vecindad alternas. Es aquí cuando aparece el segundo nivel, en donde la movilidad también tiene que ver con la reproducción social del grupo, durante este periodo de asentamiento se generan las relaciones sociales que permiten unir en matrimonio a miembros de distintas rancharías y comunidades (Gotés Martínez, 2010). En este sentido, el matrimonio, y el parentesco que se genera, es un elemento de gran importancia en la estructura social rarámuri, pues a través de él continúan reproduciéndose

---

<sup>6</sup> “La palabra que utilizan (los rarámuri) para referirse a los blancos es chabochi, que proviene de chaboáre, la barba que caracteriza a los blancos, criollos o mestizos de la sierra, pero la palabra tiene un sentido peyorativo...el chabochi es malo no solamente porque se comporta indignamente, sin justicia, equidad, ni verdad, sino también porque su origen así lo impone (al ser considerados hijos del que vive abajo –el diablo-)” (Montemayor, 1999)

culturalmente. También debe considerarse que existen razones distintas que tiene el individuo o familia para desplazarse de su ranchería al pueblo de adscripción, y en su mayoría tendrán que ver con la celebración de alguna festividad religiosa en la iglesia, con las reuniones coordinadas por el gobernador o *siríame* local, acudir a la escuela-albergue a la que asisten los niños, comprar algunos productos en la tienda, o incluso, aunque en menor porcentaje, acudir a la clínica de salud local por causa de enfermedad (Gotés Martínez, 2010).

### 1.3.3.2 *Convivencia comunitaria*

Cuando el objetivo del movimiento tiene que ver con las características intrínsecas de reciprocidad y cooperación rarámuri, tanto familias como individuos van de una ranchería a otra por varias razones: para realizar trabajo comunitario, agrícola o de construcción, a cambio de comida y bebida (tesgüino en rarámuri *sowiki* o *batári* <sup>7</sup>) o para participar en una festividad ritual en la casa de algún familiar o conocido (Gotés Martínez, 2010). La comunidad colabora también cuando algún integrante del grupo tiene problemas de sustento debido a una mala cosecha, por orfandad o viudez, o una familia se ve mermada por la muerte de un miembro productor o por robo o incendio de la parcela, haciendo fluir bienes de quienes más los poseen (sin comprometer la subsistencia del donante). A esta institución social se le denomina ***kórima***; para ellos, ayudar al necesitado es una obligación (un deber) y por otro lado pedir ayuda no es visto como humillante. El *kórima* es una práctica arraigada entre los rarámuri, ya que facilita la supervivencia del grupo, sirve para la redistribución de riqueza, aumenta las relaciones entre la comunidad y da prestigio a la persona que ayuda (Gabrielová, 2007).

El *kórima* permite establecer una relación de ayuda y cooperación, ya sea con posible retribución en especie o trabajo a futuro. El beneficiario queda comprometido a ayudar a su benefactor cuando este se encuentre en desgracia. No se establece un tiempo específico para tal retribución.

---

<sup>7</sup> Bebida fermentada hecha a base de granos de maíz germinados que los grupos rarámuri, o'óba, warijío y óódami ingieren en diversas ocasiones, ya sea durante el trabajo cooperativo o en los eventos rituales y religiosos (Gotés Martínez, 2010).

### 1.3.4 El sistema de subsistencia rarámuri

El sistema de subsistencia rarámuri se conforma por un conjunto de estrategias productivas y económicas que permiten la reproducción física y social del grupo. La mayoría de estas estrategias, derivan de la relación que mantienen con el medio natural que habitan y con el que han interactuado por cientos de años (Almanza Alcalde, 2017).

#### 1.3.4.1 Cacería, pesca y recolección

En cuanto a la cacería, algunos autores señalan la predilección por pequeños mamíferos, reptiles y aves. Las presas principales son el conejo (*rowí*), la ardilla azul (*chimorí*), tejón (*cholugo*), venado (*chomarí*), pavo (*chipawiki*), zorrillo (*payochi*), ardillita (*chichimoco*) y mapache. Entre las aves se encuentra la perdiz el pato y la paloma (*masaka*); entre los reptiles la tortuga (*sinówi*), serpientes (*chachamuri*) y las lagartijas (*rochaka*). La pesca se orienta básicamente en especies como la sardina (*chawiki*), la trucha, el bagre y el charal (*motoreche*) (Almanza Alcalde, 2017). Por otra parte, los rarámuri, practican la recolección de productos forestales no maderables. Para tener una idea de la cantidad de esta clase de productos disponibles para los pueblos que habitan la Sierra Tarahumara, alrededor de 1,900 especies de plantas han sido registradas para la zona, de las cuales 350 poseen uso alimenticio y/o medicinal (World Wildlife Fund (WWF), 2021).

Los habitantes de estas tierras (mestizos e indígenas), reconocen los tiempos de colecta dentro de su territorio establecido, y almacenan cada uno de los productos que brinda la zona cada temporada (Ver Tabla 1.1). Además, las comunidades practican el trueque para complementar la alimentación en cada zona.

**Tabla 1.1. Alimentos elaborados, cultivados y recolectados en la zona de la barranca de acuerdo con la tradición rarámuri.**

Comida casera	Productos cultivados	Nombre rarámuri	Productos barranco	Nombre rarámuri	Fecha de colecta	Frutas huertos	Nombre rarámuri	Plantas medicinales
<b>Tortilla</b>	Maíz	Sunuku	Pitayas	Chawiró	Junio-Julio	Jícama	Sarabí	Hojas aguacate
<b>Pinole</b>	Frijol	Muniki	Papaches		Sept- Oct	Manzana		Istafiate
<b>Yorike</b>	Calabaza mayera	Bachí	Tempisques		Febrero a Noviembre	Plátano		Sibiri o Sibire
<b>Pozole</b>	Calabaza casco		Camotes		Junio-Julio	Papaya		Manzanilla

Isquiáte	Chícharo		Cardón	Chowá		Naranja		Epazote
Caldo gallina/ Pollo	Ejotes	Siparí	Jupare			Durazno	Turasí	Chicura
Caldo papas	Chile piquín	Siburi	Igualama			Aguacate		Cardón
Sopas/ Pastas	Habas	Kosémuni	Chalate			Tunas	Napó	Copal
Arroz	Guamúchil	Mikúchini	Quiote	Ba'rí	Mayo- Junio-Julio	Pera		Palo piojo
Galletas	Cacahuates	Kawate	Mezcal					Línaza
Esquite	Pimienta		Penca maguey	Matagara				Casc. Encino
Bichicores	Comino		Chapotes					Sibire tatemado
Orejones	Orégano	Na'pákori	Arrallan					Casc. Guamúchil
Queso vaca			Tecomblates					Majawi
Aleluya (tortillas de harina de trigo integral)			Café	Paje/cajé	Junio- Noviembre			Hoja de Sandía
Queso chiva			Nopal castilla	Riwirí	Mayo-Julio			Malva
Queso tuna			Tuna	Napó	Junio- Agosto			Raíz de Sandía
Chacales			Tomatillo	Rurusí	Agosto- Octubre			Sangre de grado
Sal			Chile piquín	Siburí	Todo el año			Yerbabuena
Azúcar			Girasol	Sewátsarí				Cáscara de mezquite
Atoles			Biznaga	Wichurí				Zacate chapari
Guisos con "pasados"			Jaltomate	Me'táresi				Vara blanca
Guisos con "secos"			Camotillo					Yerba del zorriño
Envasados			Camote blanco					Salvia
Frijol con maíz								Yerba del indio
Frijol con lagartija								Wainoko
Frijol con chikuri								Semilla de weja
Frijol con quelite								Hojas de naranja
Animales del monte (se								Hojas de limonero

consumen asados por lo general)									Albahacar
									Incienso
									Telempacate
									Salleti
									Copalquín
									Arí-gomilla
FUENTE: SES, subsede Guachochi, Diagnóstico Participativo Comunitario en Salud, Elaboración: Kiriaki Orpínel E. 2004-2005									

Las mujeres serranas tienen prácticas de conservación de alimentos que les han funcionado, generación tras generación. La mayoría de las mujeres mestizas juntan frascos durante todo el año y compran tapaderas en las ferreterías para envasar; en los meses de agosto y hasta octubre las mujeres dedican parte de su día para envasar: duraznos, manzanas, calabazas, hongos, quelites, elotes, etc.

Además del envasado de frutos existe la práctica de enterrar frutos como manzana o papaya en hoyos cubiertos con hojarasca de pino para conservarla en los meses que no es posible cosecharla. Entre las mujeres rarámuri es más común que utilicen el secado de los productos a la sombra y bien oreados<sup>8</sup>. Secan quelites, calabazas (de casco y mayeras<sup>9</sup>) y sus flores, duraznos, manzanas, chícharos, ejotes, chacales<sup>10</sup> (Ver Figura 1.6).

Otra forma de almacenamiento de productos secos son los “*bichicores*” constituidos por tiras de verduras o frutas como durazno, manzana, chabacano o calabaza, las cuales se enredan en un olote o trozo de madera seca (que no aporte sabor) y se dejan secar colgando del techo (Almanza Alcalde, 2017). Al producto ya deshidratado o seco le asignan el término de “pasado”. Con estas técnicas de deshidratado, pueden preservar los productos animales y vegetales que forman parte de su alimentación.

<sup>8</sup> Así se llaman los productos cuando se ponen a secar bajo algún cobertizo, siempre y cuando circule el aire suficiente por el lugar para que permita el secado rápido del producto.

<sup>9</sup> Corresponde a la especie *Cucurbita pepo* (mayeras) y para la calabaza de casco a las especies *Cucurbita moschata* (calabaza de castilla) y *Cucurbita argyrosperma* (calabaza pipiana) (Vela, 2010).

<sup>10</sup> El chacal es maíz seco en la mazorca, para su preparación es necesario desgranar la mazorca, lavar los granos y ponerlos a cocer, después se guisan con tomate, cebolla o lo que se tenga en existencia, algunas mujeres gustan agregarle algunos trozos de queso.

En la cultura rarámuri o tarahumara, la transformación casi inmediata de los cultivos cosechados y de las plantas recolectadas (ya sea por procesos de deshidratación o blanqueado) es una actividad cotidiana y de suma importancia. La preferencia por almacenar productos secos se debe principalmente a que facilitan su traslado durante el cambio de residencia, además de no emplear recursos extra (leña, gas, sal, azúcar, etc.), requieren menor espacio de almacenamiento y se tiene disponibilidad de alimentos durante todo el año.

La estacionalidad de los productos frescos es una limitante muy fuerte en esta región del país, pues el clima restringe el desarrollo de los cultivos a sólo cuatro o



*Figura 1.6. a) Habitante de la sierra consumiendo quelites (plato blanco) con esquiate (en güeja o jícara), Gonogochi, Chihuahua. b) Preparación de quelite pasado con el objetivo de conservar los quelites, para consumo durante la época invernal (Bye, 2019).*

cinco meses (mayo a septiembre) o menos según las condiciones de sequías, granizadas o heladas (Bye, Mera, & Linares, 2019).

#### 1.4 La agricultura rarámuri

*“Hace muchos años, Onorúame-Iyerúame  
Vio una hormiga que llevaba un grano de maíz.  
Queriendo saber de dónde provenía se convirtió en una hormiga roja  
y fue a un lugar donde había mucho maíz desgranado.  
Entonces pensó que sería muy bueno dar a los rarámuri ese maíz.  
Primero platicó con el primer siríame y le dijo:  
“Aquí están estas comidas;  
hagan que se multiplique sembrándolo”.*

***Leyenda rarámuri***

*(Palma Aguirre, F. 2002:61)*

Como economía de subsistencia, entre los pueblos indígenas, los tiempos para la realización de las diferentes actividades agrícolas son críticos y cuentan con diversas estrategias para realizar cada una de ellas en el tiempo adecuado. La actividad agrícola rarámuri está ligada a las ceremonias, festividades y forma en la que se organizan para el trabajo, de tal modo que el ciclo agrícola y ritual inician con la semana santa, y después de la luna llena siguiente, respectivamente, los rarámuri inician la siembra de los principales cultivos de autoconsumo (maíz, papa, frijol). La Tabla 1.2 presenta un planteamiento general del calendario ritual y agrícola rarámuri (Ver Figura 1.7); es importante mencionar que existen variaciones en cada una de las regiones ecológicas (principalmente debido al suelo y clima), además de existir diferencias de acuerdo con la particularidad cultural de cada pueblo y cultura que habita en la Sierra Tarahumara.

**Tabla 1.2. Calendario ritual y agrícola rarámuri.**

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
6 de enero día de Reyes	2 de febrero día de la Candelaria Danza de matachines	<b>Noririwachi</b> Semana Santa Inicia el ciclo de siembra Danzas de Fariseos y Pascolas		15 de mayo Fiesta de San Isidro	24 día de San Juan Se espera que por estas fechas inicien las lluvias			Ceremonia para ofrecer los primeros elotes en la cumbre y barranco <b>Yúmari</b>	12 de octubre día del Pilar. Danza de Matachines	2 de noviembre En algunos pueblos celebran el día de muertos	12 <b>Warupachi</b> 24-25 Navidad Danza de Matachines
Primeros barbechos para que la tierra retenga humedad y las heladas maten las plagas en la sierra		Siembra del maíz en la Cumbre		Siembra de frijol	Primer desyerbe	Boleo	Pizca del maíz y almacenado				
						Recolección de quelites y hongos	Despunte de la espiga como alimento.	Cosecha de la papa y se almacena en un hoyo libre de humedad y lejos de la luz para ser consumido a lo largo del año			
<b>Yúmari</b> <sup>11</sup> de curación de la tierra					<b>Yúmari</b> de petición de lluvia	Temporada de lluvias abundantes	Corte del rastrojo para secarlo como alimento al ganado.				
				<b>Rarajipari</b> (carrera de bola) y <b>Ariweta</b> (carrera de aro)							
		Inicia el barbecho en el barranco			Con las primeras lluvias inician las siembras de maíz en el barranco	Beneficio de las siembras	Inicia la pizca del maíz en el barranco				
					Siembra del maíz en el barranco.						
				Tiempo de <b>Rarajipari</b> y <b>Ariweta</b> en los barrancos							
Fuente: Augusto Urteaga (1994:180), Horacio Almanza, Kiriaki Orpinel y Víctor Martínez, en Diario de Campo; anotaciones sobre el ciclo agrícola y ritual											

<sup>11</sup> Fiesta-danza tradicional rarámuri asociada principalmente a la petición de lluvia (Pintado, 2005), así como a fines específicos entre los que se encuentran el agradecimiento de la cosecha, prevenir enfermedades de humanos, animales y plantas domésticos, y la prevención de percances climatológicos (Bonfiglioli, 2008)



Figura 1.7 Ciclo agrícola Rarámuri (Pintado Cortina, 2004)

#### 1.4.1 La milpa rarámuri.

El sistema agrícola rarámuri en su mayoría es temporal (más del 90%) y localmente conocido como milpa es fundamental para la auto subsistencia. Las milpas (“*mawechi*” y “*wasá*”) constituyen una porción de terreno, dedicada principalmente al cultivo de maíz (“*sunú*”), (Figura 1.8), sin embargo, pueden diversificarse y convertirse en un espacio de multi cultivo mediante la siembra de frijol, calabaza, papa y haba para autoconsumo (en pocos lugares siembran trigo).

La producción de los cultivos se encuentra condicionada por varios factores, entre los que se encuentran las características del suelo junto con la topografía y el clima (Sánchez Pérez, 2010). La superficie cultivable es de apenas el 3.5% del total de la Sierra Tarahumara, y permite apenas 0.9 hectáreas de terreno cultivable por habitante, y en su mayoría no cubren las necesidades de la mayor parte de las familias (Almanza Alcalde, 2017).



Figura 1.8 Unidad habitacional rarámuri (Almanza Alcalde, 2017).

El maíz constituye el eje de subsistencia rarámuri, considerado el cereal primordial y el dador de vida. El *sunú* se siembra en la Alta Tarahumara a finales de abril, principios de mayo y en la Baja Tarahumara en el mes de junio cuando empieza a llover. Para que el maíz produzca buen fruto, se tiene que abonar la tierra con estiércol de chivas o vacas, y se siembra con el frijol y la calabaza (Bye, Mera, & Linares, 2019).

Existen en la sierra Tarahumara alrededor de 13 diferentes tipos de *sunú* (Figura 1.9), y con él se preparan muchas comidas entre ellos el *kobisi* (pinole) y las *remekes* (tortillas) (Linares, 2016). Según lo reportado por Bye (2019), entre las principales variedades de maíz que se consumen entre las comunidades rarámuri se encuentran las siguientes:

- **Sunú áwisi** (apachito) es semicristalino de color rosado. Es un maíz muy apreciado por que “se apura” es muy precoz y es el primero en producir mazorca, por lo cual gusta mucho. Es muy variable en cuanto a la resistencia a la sequía. Se emplea en la preparación de: *remekes* (tortillas), tamales, chacales y tesgüino, entre otras.
- **Sunú bewali** (complejo cristalino de Chihuahua) puede ser blanco, amarillo, o azul-morado. Es un maíz rico en grasa y proteína de los que se cultivan en la sierra. Además, es de los más resistentes a la sequía, se puede sembrar a más de 10 cm de profundidad. Es reventador y se emplea en la preparación de: pinole, esquiate<sup>12</sup>, tortillas, tamales, tesgüino y chacales, entre otras.
- **Sunú chupéame** (pepitilla) es un maíz con importancia ceremonial. Es harinoso y se “pica” fácilmente por insectos. Es escaso en la sierra. Se emplea en la preparación de: tortillas, tamales y tesgüino, entre otras.

---

<sup>12</sup> El esquiate o *keoriquí* es una bebida similar al pinole, elaborada a partir de maíz tostado (reventado) y molido, para modificar el sabor (a maíz) suelen agregarse raíces de bariguchi (*Eriogonum atrorubens*), espigas jóvenes de maíz, y frutos como el *waparí* (*Aphanante monoica*) y *usabí* (*Prunus serotina* subsp. *capuli*) entre otros, además de hojas tiernas frescas de *chikuri* (*Crotalaria ovalis*), *soíwari* (*Eryngium carlinae*), *usábi* (*Prunus serotina* subsp. *capuli*) y *rorogochi* (*Plantago hirtella*) (Linares, 2016).

- **Sunú sitákame** (rojo) es un maíz dentado, que se cultiva en la sierra Tarahumara, aún no se ha identificado su raza. No es muy resistente a la sequía, pero se aprecia por su color rojo quemado. Es rico en grasa y proteína. Se emplea en la preparación de: tortillas, tamales y tesgüino, entre otras.



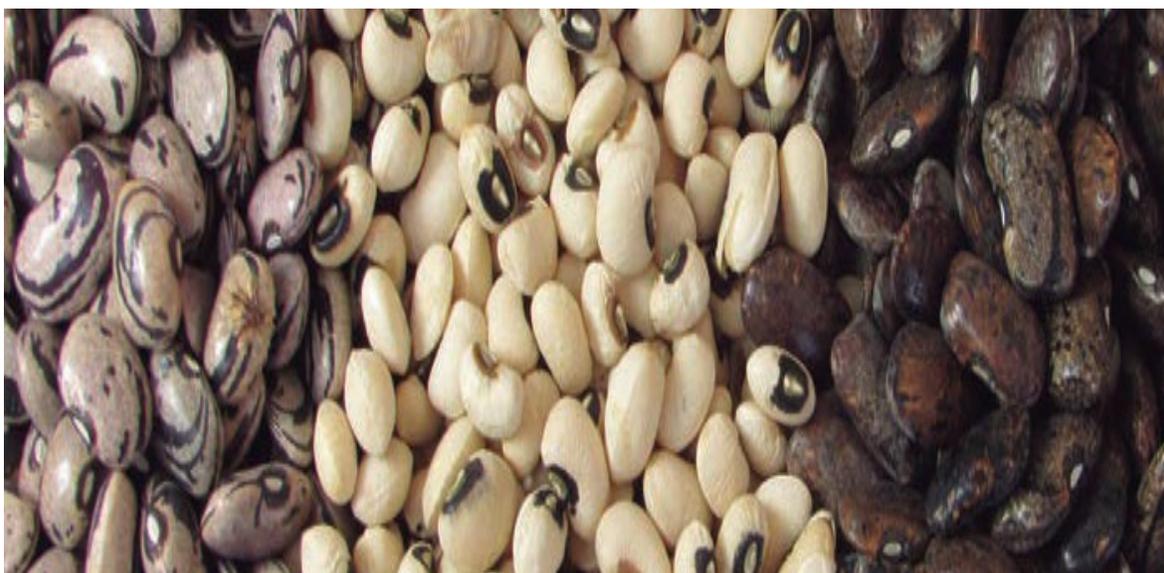
Figura 1.9. Diferentes variedades de maíz (Bye, Mera, & Linares, 2019).

El frijol (*muní*), se siembra para crecer junto al maíz, (especialmente cuando son enredaderas) en parcelas adyacentes a las viviendas (Ver Figura 1.10), representa la principal fuente de proteína de origen vegetal que consumen los rarámuri, y preferentemente se consumen cocidos en caldo, aunque en algunas comunidades de la Sierra Tarahumara las semillas de la especie *P.vulgaris*, se consumen en *cho'géwari*<sup>13</sup> (Bye, Mera, & Linares, 2019). Almanza Alcalde (2017) menciona que

---

<sup>13</sup> El *cho'géwari* es una bebida que se prepara con las semillas de *P.vulgaris* tostadas y molidas en el metate de forma similar al pinole (Bye, Mera, & Linares, 2019).

en la Sierra Tarahumara, se emplean 13 clases diferentes de frijol entre las que se encuentran el amarillo, ojo de cabra, mantequilla, ejotero o sirote, siendo las especies de mayor importancia *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus coccineus* (Bye, Mera, & Linares, 2019).



*Figura 1.10 Diferentes variedades de frijol (Bye, Mera, & Linares, 2019).*

El consumo de calabaza (*bachí*), junto al maíz y frijol completa la tríada básica (alimenticia) mesoamericana<sup>14</sup>. En la Sierra Tarahumara están presentes las cuatro especies mexicanas<sup>15</sup>: *Cucurbita ficifolia* y *Cucurbita pepo* en la zona templada; *Cucurbita argyrosperma* y *Cucurbita moschata* hacia las barrancas cálidas.

La calabaza tradicionalmente se siembra junto con el maíz (al igual que el frijol), el cultivo se extiende por debajo del maíz a lo largo de los márgenes de la milpa o en parcelas adyacentes, optimizando la utilización del espacio disponible. Es una planta que aporta vitaminas, nutrimentos inorgánicos y grasas a la dieta. Se utiliza

---

<sup>14</sup> El sistema agrícola tradicional policultivo (milpa) conformado por maíz, frijol y calabaza se conoce como “tríada mesoamericana”, dependiendo de la región puede complementarse con la siembra de tomate, chile y aprovechar el crecimiento de otras especies herbáceas como los quelites (Lozada & Ponce, 2023).

<sup>15</sup> El género *Cucurbita*, en el que se engloban las calabazas, es de origen americano y está conformado por unas 11 especies, de las cuales 4 son nativas de México *Cucurbita ficifolia*, (chilacayote), *Cucurbita pepo* (calabaza mayera), *Cucurbita argyrosperma* (calabaza pipiana) y *Cucurbita moschata* (calabaza de castilla) (Vela, 2010).

de manera integral y su uso varía de acuerdo con el estadio de desarrollo de la planta. Primero se consumen las hojas tiernas y tallos de las guías, luego las flores (usualmente las masculinas), los frutos inmaduros, los frutos maduros y las semillas (Bye, Mera, & Linares, 2019).

Las técnicas de conservación utilizadas tradicionalmente por los rarámuri (Ver sección 1.3.4.1), son aplicadas en este vegetal, principalmente empleando las técnicas de deshidratación a cada una de las partes antes mencionadas o elaborando ruedas o tiras de los frutos maduros de calabaza (Ver Figura 1.11) llamados *bichikori* o bichicores (Bye, Mera, & Linares, 2019).



Figura 1.11. a) Flor y fruto de calabaza deshidratados; b) Flor y hoja de calabaza extendiéndose previo al secado; c) Frutos de calabaza en diferentes estadios de maduración; d) Bichikori de calabaza en tira y rueda. (Bye & Linares, 2022)

El consumo de chile (*korí*) *Capsicum annum* es una práctica habitual en el territorio mexicano, y es considerado complemento de la triada mesoamericana (maíz, frijol, calabaza), en el caso de la milpa rarámuri, esta planta se siembra para la producción de frutos (rojos o verdes) que se desarrollan de manera colgante debajo del follaje (Ver Figura 1.12). El fruto es picante, y su principal uso es la elaboración de salsas para acompañar los platillos. Al igual que otros vegetales es común deshidratar los frutos de chile para conservarlos por un periodo de tiempo prolongado, ya deshidratado también se utiliza como base de diferentes preparaciones culinarias, entre las que se encuentra el platillo tradicional local llamado “chile pasado” (Bye, Mera, & Linares, 2019).



Figura 1.12. a) Frutos de chile chilaca (*Capsicum annum*) en la planta; b) Frutos de chile chilaca tostados y distribuidos en un canasto para secado junto a flor de calabaza; c) Frutos de chile chilaca “pasados”; d) Frutos de chile chilaca “pasado” y fresco colgado. (Bye & Linares, 2022)

## 1.5 Quelites

*“Hay gran suma de hierbas que llaman quilites”,  
“tienen huautli y chayoquilitl,  
y otras hierbas que no se nombran  
por ser de nombres muy exquisitos y aún estas dichas,  
no hay semillas en España a que poderlas comparar”.*

### **Relaciones Geográficas**

*El consejo de indias (aplicado a la nueva España 1579 y 1585)*

Los pueblos tradicionales seleccionan sus recursos vegetales según su cultura, generando una gran variedad de formas (inclusive de la misma especie). Su disponibilidad depende, entre otros factores, de las estaciones del año y del potencial para ser cultivadas. La selección de las plantas que son recolectadas para el consumo humano ha tenido como base que sean agradables al gusto, es decir, que no tengan compuestos tóxicos y que sean fácilmente digeribles (Linares Masari, 2015), entre estos recursos vegetales se encuentran los quelites. Los quelites se definen como plantas cuyas hojas, tallos tiernos y en ocasiones las inflorescencias inmaduras, son consumidas como verdura (Bye R. , 1981).

Se conocen más de 200 especies de quelites pertenecientes a diferentes familias botánicas, las cuales se consumen en el país, sin embargo, las estadísticas agrícolas nacionales (Ver Figura 1.13) muestran a los quelites como especies de poca importancia debido a la poca superficie de cosecha y al poco valor de esta (Castro, Basurto, Mera, & Bye, 2011).

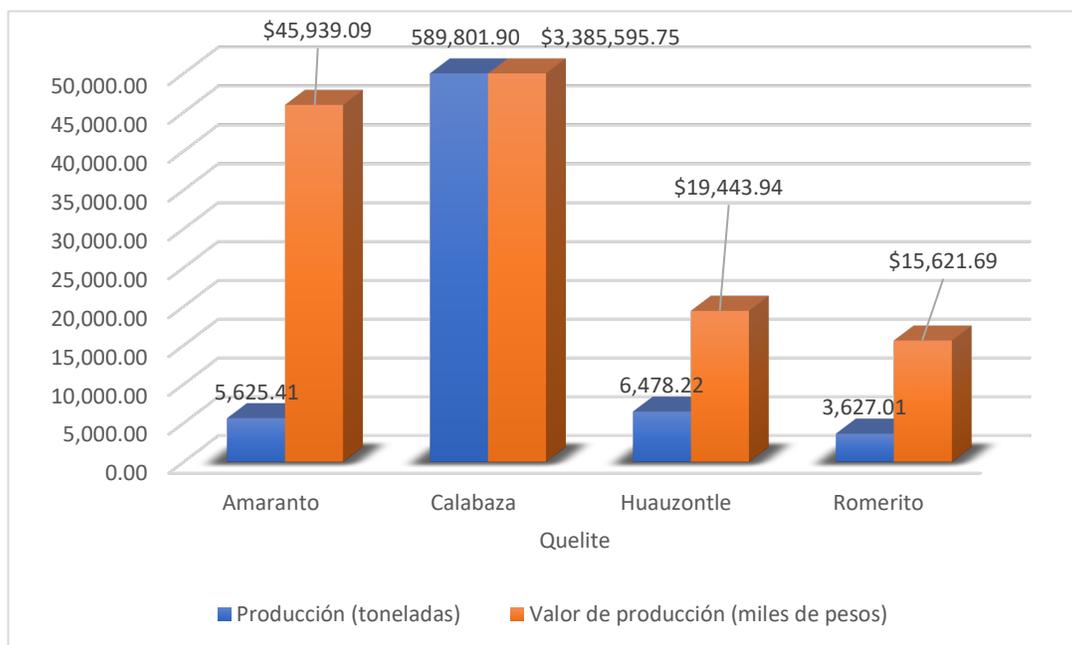


Figura 1.13 Producción y valor de producción de quelites en México. (SIAP, 2022)

A nivel local, la venta de quelites representa una opción de autoempleo y obtención de recursos, ya que posibilita un ingreso con poca o ninguna inversión monetaria, mientras que su presencia en los mercados mexicanos es un reflejo de la importancia en la tradición culinaria de los diferentes grupos étnicos que habitan el territorio nacional, quienes incorporan a estas plantas en su dieta y las consumen de manera cotidiana (Castro, Basurto, Mera, & Bye, 2011).

#### 1.5.1 Quelites en la tradición rarámuri.

El término quelite proviene del náhuatl *quilitl* que se utiliza para designar a las hierbas comestibles, sin embargo, el término varía dependiendo de la lengua indígena. Entre los rarámuri, estos vegetales comestibles se conocen como “*kiribá* o *guilibá*<sup>16</sup>”, y se recolectan principalmente en la época de lluvias (Ver Tabla 1.2), aunque son importantes todo el año; como estrategia de disponibilidad se secan (pasan) para asegurar su consumo durante todo el año (Linares, 2016) por lo que a la técnica de conservación empleada se conoce como “*kiribá wakichéame*” o “quelite pasado” (Bye, Mera, & Linares, 2019). En la alimentación rarámuri el consumo de quelites se practica dentro de las estrategias de subsistencia, en ellas se refleja el

<sup>16</sup> *kiribá* o *guilibá* es la palabra equivalente al náhuatl *quilitl*.

conocimiento tradicional del uso plantas obtenido desde la época prehispánica, y los coloca como una fuente importante de alimentos, ya que forman parte de la llamada dieta complementaria y de emergencia cuando existe escasez de alimento, que junto con la dieta básica (maíz, frijol, calabaza y chile) proveniente del *mawechi*(milpa) forman el patrón alimenticio de gran parte de las comunidades rarámuri (Linares, 2016).

Los quelites en la Sierra Tarahumara pertenecen a varias familias botánicas. Bye (1981) menciona que se conocen 120 especies de quelites empleadas en la Sierra Tarahumara, sin embargo en la actualidad únicamente 10 se consumen comúnmente en las comunidades rarámuri. En su mayoría, los quelites crecen espontáneamente en la milpa durante la temporada de lluvias mientras que otros se cultivan debido a la preferencia que existe en su consumo.

Entre los quelites cultivados se encuentran el *mekuásare* o coles (*Brassica rapa*) una planta que llegó con los conquistadores españoles, y que debido a su resistencia al frío se adaptó como verdura de invierno (Linares, 2016), otra especie que se produce mediante siembra es la calabaza debido a la diversidad de su consumo (Ver Sección 4.1). Los quelites recolectados constituyen un grupo más diverso y constituyen la mayoría de los quelites que se consumen regularmente por los rarámuri, entre ellos se encuentran las especies que se mencionan a continuación (Linares, 2016).

#### 1.5.1.1 Wasorí o quelite de agua<sup>17</sup> (*Amaranthus retroflexus*).

Linneo publicó la descripción y el nombre *Amaranthus retroflexus* en 1753. Basándose en sus colecciones (Linné, 1753) (Ver Figura 1.14). El género *Amaranthus* (de la familia botánica *Amaranthaceae*) consta de 105 especies que son nativas en diferentes partes del planeta. Algunas especies como *Amaranthus retroflexus* se han dispersado por todo el mundo. En América, ésta especie se distribuye desde Argentina hasta el sur de Canadá. Fritz (2019) reporta que esta planta pudo haberse expandido gracias a la difusión de la agricultura de milpa de

---

<sup>17</sup> Wasorí corresponde al nombre rarámuri, quelite de agua corresponde al nombre común en castellano.

México a otras partes de América, además de que las semillas de amaranto se asocian a sitios arqueológicos desde México hasta el sur de Canadá.

Debido a las afinidades florísticas, históricas y culturales, varios grupos indígenas y étnicos en Estados Unidos y Canadá (además de la población hispanoamericana) también recolectan, comen y almacenan esta especie, entre ellos se encuentran: Acoma, Apache, Pueblo (Castetter E. F., 1935); Indios del sur de California, Apache (Montaña Blanca) (Palmer, 1973); Cochiti; Isleta (Jones, 1931); ; Jemez (Cook, 1930); Keres (occidental) (Swank, 1932); Laguna; Navajo, ; ; y Tewa (Robbins, 1916).



Figura 1.14. Espécimen tipo de *Amaranthus retroflexus* depositado en el herbario Linneano (LINN 1117.22). Planta cultivada en Horto Upsaliensis presumiblemente a partir de semillas suministradas por Peter Kalm de Filadelfia, Pensilvania [establecido en 1682; ahora EE. UU.] en octubre de 1748. Su asociación con la agricultura de maíz sugiere que este quelite se dispersó con el complejo agrícola milpa originario de México.

Esta especie de *Amaranthus* se consume ampliamente en todo México, donde crece abundantemente (Cheatham, Johnston, & Marshall., 1995). No obstante, se consume con mayor frecuencia en el noroeste de México debido a la disponibilidad y abundancia respecto a otras especies de *Amaranthus* (p. ej., *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus hybridus*) que se encuentran de manera abundante en el centro y sur del país (Ver Figura 1.15).

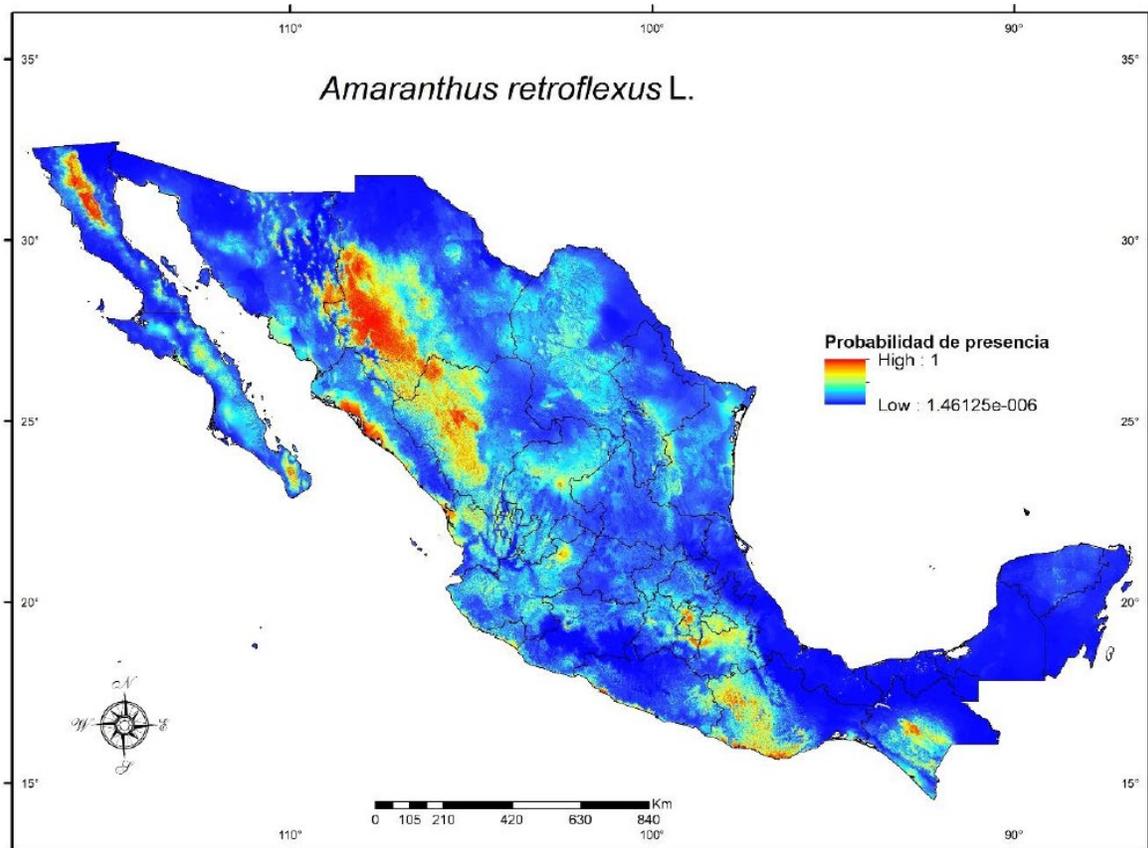


Figura 1.15. Distribución potencial de *Amaranthus retroflexus* basada en especímenes de herbario (Bye, 2019).

En México, 30 especies pertenecientes al género *Amaranthus* se consideran nativas, incluidas 15 reportadas en Chihuahua. Es común encontrar ejemplares de la especie *Amaranthus retroflexus* en los bosques de pino-encino templados semisecos de la Sierra Tarahumara ocupando los márgenes de milpas, campos abandonados y bancos de arena a lo largo de los ríos y arroyos. Comúnmente crece como maleza en los campos de agricultura tradicional o mecanizada al este de la

Sierra, y a lo largo de los drenajes de los desiertos centrales de Chihuahua. Hoy en día se considera una maleza con una rápida capacidad de evolución, por lo que ha desarrollado cepas resistentes a herbicidas. Pennington (1963) sugiere que *Amaranthus retroflexus* fue cultivado en pequeños huertos por los tarahumaras en la región del alto río Conchos con el fin de utilizar sus semillas como complemento en su dieta basada en maíz. En la actualidad los rarámuri toleran estas hierbas espontáneas a lo largo de los márgenes y dentro de las milpas durante su etapa vegetativa, pero eliminan la mayor parte de las plantas antes de la floración (Ver Figura 1.16).



Figura 1.16. a) Plántulas de *Amaranthus retroflexus*, recolectadas para su consumo en San Ignacio, Bocoyna, Chihuahua. b) Planta madura de *Amaranthus retroflexus* al margen de la milpa, tolerada para obtener semilla útil para la siguiente temporada en Choguita, Bocoyna, Chihuahua (Bye, 2019).

Las plantas más desarrolladas pueden dejarse en las milpas cosechadas o recolectarse y almacenarse para proporcionar forraje para su ganado durante el invierno (Ver Figura 1.17). De todos los quelites, los censos indican que esta

especie es el quelite espontáneo favorito de la sierra Tarahumara y en general, ocupa el segundo lugar en preferencia de consumo únicamente después de *mekwásare*, la raza herbácea cultivada de *Brassica rapa* L. subsp. *sylvestris*. que se planta en milpas que fueron abonadas recientemente por animales disponibles en los corrales. Las hojas tiernas de *Amaranthus retroflexus* son recolectadas por tarahumaras y *chabochis* por igual, la recolección se lleva a cabo para autoconsumo en “fresco”, sin embargo, cuando es posible, los rarámuri preparan “quelites pasados” deshidratando las plántulas y guardándolas en frascos y bolsas de plástico los cuales se llegan a intercambiar a través de su programa de asistencia social domiciliaria (“*koríma*”) o se llegan a vender en los ranchos y pueblos. Los rarámuri tienen predilección por el consumo de las hojas tiernas de este quelite debido a que poseen sabor agradable y textura suave, su bajo rendimiento para consumo se compensa con la abundancia que presenta en los campos de cultivo, es decir, puede recolectarse suficiente material fácilmente.

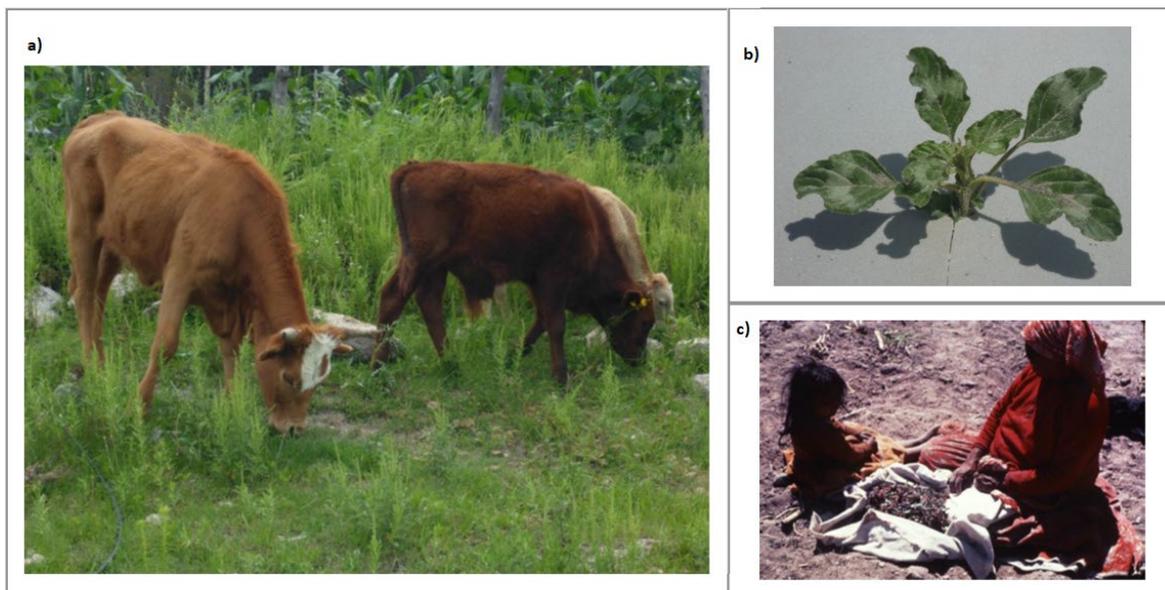


Figura 1.17 a) Ganado pastando en una parcela adyacente a la milpa con quelites. b) Plántula de *Amaranthus retroflexus* en estadio para consumo como quelite. San Ignacio, Bocoyna, Chihuahua. c) Abuela colectando basori (*Amaranthus retroflexus*) para su consumo como quelite. San Ignacio, Bocoyna Chihuahua. (Bye,2019)

La manera común de preparar este quelite para su consumo es mediante cocción en agua con sal, posteriormente se escurren, y las hojas se fríen con manteca o

aceite vegetal. A veces, se agregan cebollas después de cocinarlas. Otra manera de prepararlos consiste en moler las hojas con nixtamal<sup>18</sup> para hacer tamales. Se consume también al vapor y se mezcla con huevo, frijoles o simplemente acompañado con pinole (Linares, 2016).

#### 1.5.1.2 *Basorí, masorí, wasorí o quelite de agua, bledo*<sup>19</sup> (*Amaranthus palmeri*).

El género *Amaranthus* (de la familia botánica Amaranthaceae) consta de 105 especies que son nativas de todo el mundo. En algunos casos, como *Amaranthus palmeri*, se han dispersado por todo el mundo y ocupan hábitats perturbados por las actividades humanas. Probablemente antes de la expansión de la agricultura y la ganadería del virreinato español, esta especie se encontraba principalmente en las barrancas subtropicales y las llanuras costeras del Pacífico del noroeste de México y los E. U. A. adyacentes (Ver Figura 1.18). Debido a las afinidades florísticas, históricas y culturales, varios grupos indígenas y étnicos en el suroeste de los Estados Unidos también recolectan, comen y almacenan estos quelites, entre los que se encuentran: Apache (Palmer, 1973), Cocopa, Mohave, Yuma, Papago (Castetter E. F., 1951), Pima (Curtin, 1949). En México se consideran nativas 30 especies de amaranto incluyendo 15 reportadas en Chihuahua. Esta especie de amaranto se consume ampliamente en todo México, donde crece abundantemente, sin embargo, se consume en mayor cantidad en el Noroeste del país (Cheatham, Johnston, & Marshall., 1995).

---

<sup>18</sup> Proceso que consiste en cocer maíz en agua con alguna sustancia alcalina (cal o ceniza del fogón, entre otros) para ablandar el grano y retirarle la cáscara antes de molerlo (Muñoz Zurita, 2012).

<sup>19</sup> basorí, masorí y wasorí, corresponden al nombre rarámuri, quelite de agua y bledo corresponden al nombre común en castellano.

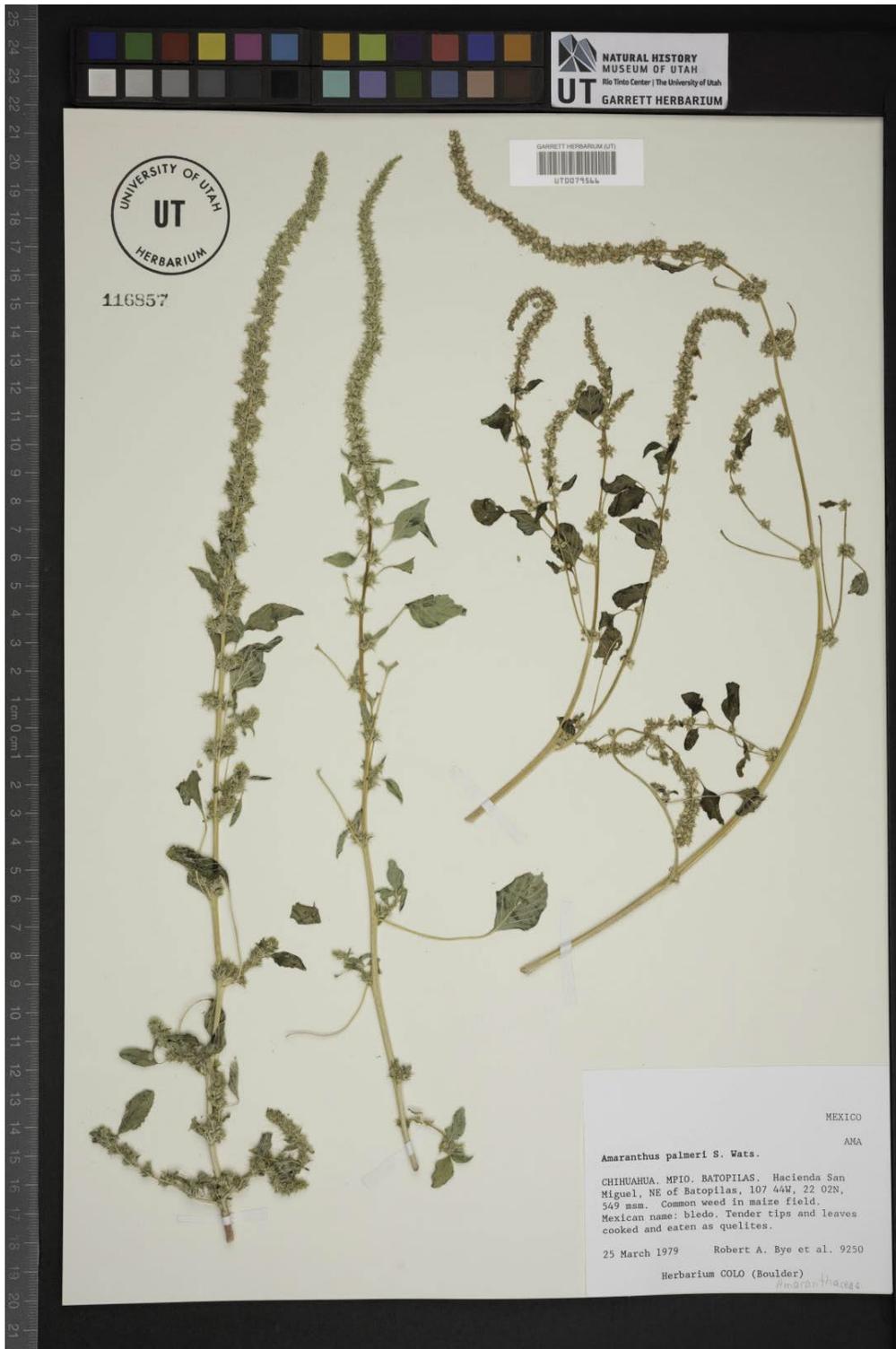


Figura 1.18. Espécimen de herbario (Bye et al. 9250: UT) que documenta la continuidad etnobotánica de este quelite en Hacienda San Miguel, Batopilas, Chihuahua.

*Amaranthus palmeri* crece comúnmente en las barrancas subtropicales de la Sierra Tarahumara occidental, en bancos de arena a lo largo de los fondos de los ríos, campos abandonados y ocupando los márgenes de las milpas, a lo largo de las carreteras y corrales de ganado de las montañas orientales y los desiertos centrales de Chihuahua (Ver Figura 1.19). Pennington (1963) sugiere que *Amaranthus palmeri* pudo cultivarse en pequeños huertos por los tarahumaras en la región del alto río conchos, donde sus semillas pudieron utilizarse como complemento del maíz para la elaboración de atoles.

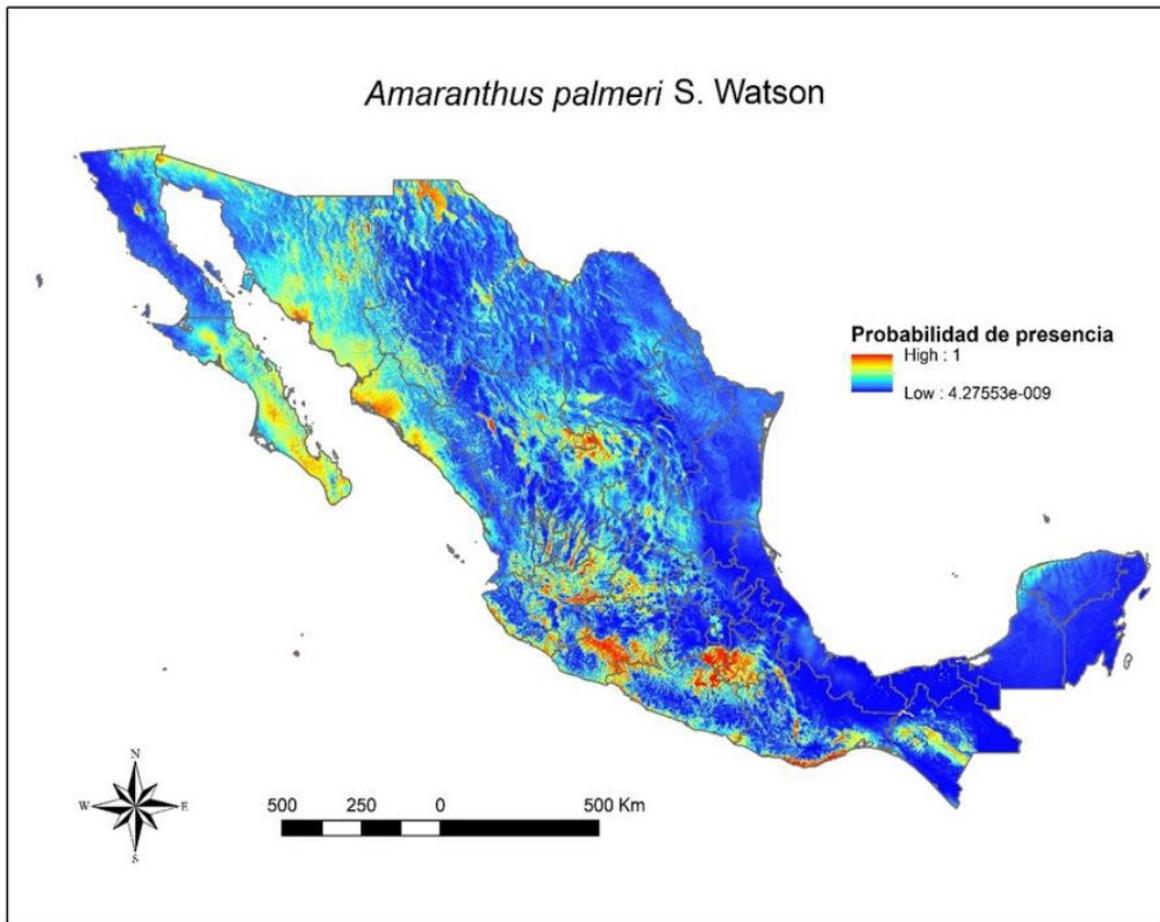


Figura 1.19. Distribución potencial de *Amaranthus palmeri* basada en especímenes de herbario (Bye,2019).

En la actualidad los rarámuri toleran el crecimiento de ésta especie a los márgenes y dentro de las milpas durante su etapa vegetativa, pero eliminan la mayoría de las plantas antes de la floración, sólo algunas de las plantas maduras suelen dejarse en las milpas cosechadas o recolectarse y almacenarse para proporcionar forraje



*Figura 1.20 Plántula de Amaranthus palmeri en la Barranca Urique en estadio juvenil. (Bye, 2019)*

para su ganado durante el invierno, sin embargo, debido a su prolífica producción de semillas, se le considera una maleza agresiva en algunos campos de producción mecanizada.

En cuanto a su consumo como quelite, los rarámuri tienen predilección por la recolección de plantas en estado juvenil (tiernas) ya que se considera que en esta etapa de desarrollo las hojas poseen sabor y textura agradable (Ver Figura 1.20). La preparación común para su consumo consiste en hervir las hojas en agua con sal, posteriormente se escurren y fríen las hojas con manteca o aceite vegetal, también pueden agregarse algunas cebollas, y en algunas ocasiones las hojas se muelen junto al nixtamal para la elaboración de tamales (Ver Figura 1.21).

El consumo de esta especie es conocido desde hace siglos, e incluso se menciona que los mineros extranjeros que arribaron a las barrancas durante la expansión minera en la zona elogiaron las virtudes de *Amaranthus palmeri* mencionando: “brota de la tierra para bendecir el estómago del hombre al comienzo de la temporada de lluvias y, por lo tanto, se puede disfrutar solo dos o quizás tres meses durante el año” (Sheperd, 1938). Cuando es posible preparan “quelites pasados”, deshidratando las plantas y guardándolas en frascos y bolsas de plástico que posteriormente venden en pueblos o ranchos vecinos o bien intercambian durante la práctica del *korimá*.

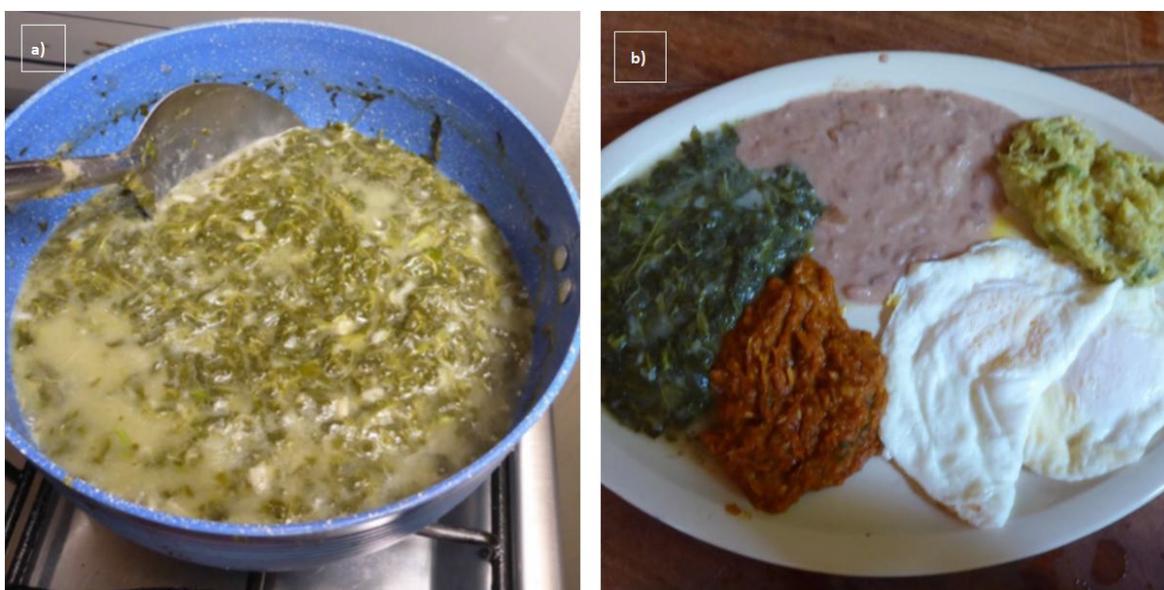


Figura 1.21 a) Guisado de *A. palmeri*, Urique, Chihuahua. b) Un platillo para desayuno constituido por quelite (*A. palmeri*), chile colorado, huevo, frijol, y aguacate, Urique, Chihuahua (Bye,2019).

#### 1.5.1.3 Masiáwari, wasiáwari<sup>20</sup> (*Arracacia edulis*) y Basiáwari (*Tauschia madrensis*)

Los géneros *Arracacia* y *Tauschia* están estrechamente relacionados y algunas especies se han colocado en ambos. Se conoce que México posee 25 y 22 especies de estos géneros, respectivamente. El género *Arracacia* consta de 50 especies, mientras que *Tauschia* se reconoce por tener 42 especies, la mayoría de las cuales

<sup>20</sup> Basiáwari, masiáwari, wasiáwari corresponden al nombre rarámuri.

son nativas de las cordilleras montañosas de América. El nombre tarahumara "basiáwari" (que puede variar como "masiáwari" o "wasiáwari", según el dialecto regional) se basa en el lexema o raíz lexicológica "basiá" (o "masiá" o "wasiá") que se utiliza en nombres tarahumara de especies de los géneros *Arracacia* y *Tauschia*.

*Arracacia edulis* es una especie endémica del norte de la Sierra Madre Occidental (Ver Figura 1.22) (Villaseñor, 2016) , crece en sitios húmedos en bosques de pino y encino de tierras altas parcialmente sombreadas cerca de arroyos, donde los rarámuri han abierto sus sitios naturales en el bosque original para el cultivo de este quelite, generalmente a lo largo de los márgenes de la milpa y el bosque.

El Basiáwari es un quelite de sabor y olor intenso, y su crecimiento se restringe a ciertas áreas de la Sierra Tarahumara (Ver Figura 1.23 a) y b)), como lo es el municipio de Bocoyna, donde se aprecia por su fuerte sabor (Linares, 2016). Crece en sitios húmedos en bosques de pino y encino de tierras altas parcialmente sombreadas donde los rarámuri han abierto sitios en el bosque para el cultivo de este quelite, cerca de arroyos, a los márgenes de la milpa y del bosque (Ver Figura 1.24). Aunque no es común su crecimiento en la milpa activa, puede colonizar un campo en barbecho<sup>21</sup> durante los primeros cinco años después de que ha cesado el cultivo. Los rarámuri recolectan las hojas basales, las hojas tiernas y las inflorescencias amarillas inmaduras para alimentarse.

La recolección se lleva a cabo tirando de las partes tiernas de la planta sin arrancar la planta madre, utilizando un cuchillo u otro objeto cortante insertando su hoja afilada aproximadamente 1cm por debajo de la superficie del suelo y cortando el cáudice (tallo subterráneo vertical). Este proceso deja tejido meristemático del que rebrota la planta madre, además de cuidar no cortar demasiado abajo del nivel del suelo, posteriormente se enjuagan, se quita el pecíolo de la hoja (así como el pedúnculo en la base de la inflorescencia inmadura).

---

<sup>21</sup> Sistema de cultivo que consiste en dejar de sembrar la tierra periódicamente para que se regenere.



Figura 1.22. Espécimen de herbario (Palmer 1885:HH: GH) que documenta la primera observación etnobotánica de este quelite en 1885 en Norogachi, Chihuahua. También es el espécimen tipo en el que se basa el nombre científico.

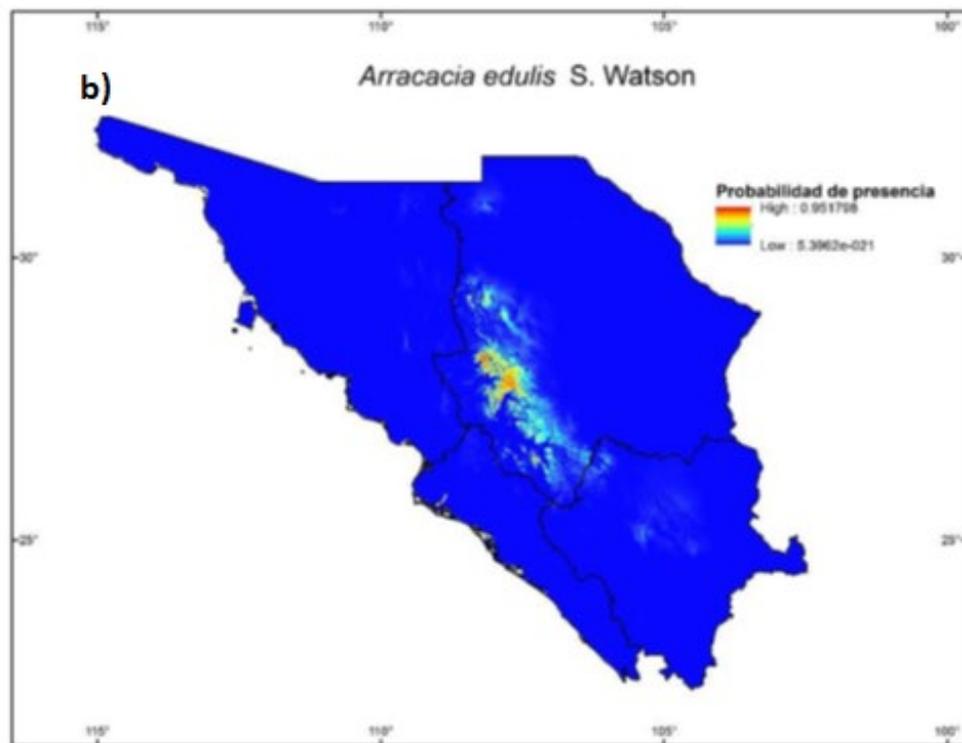
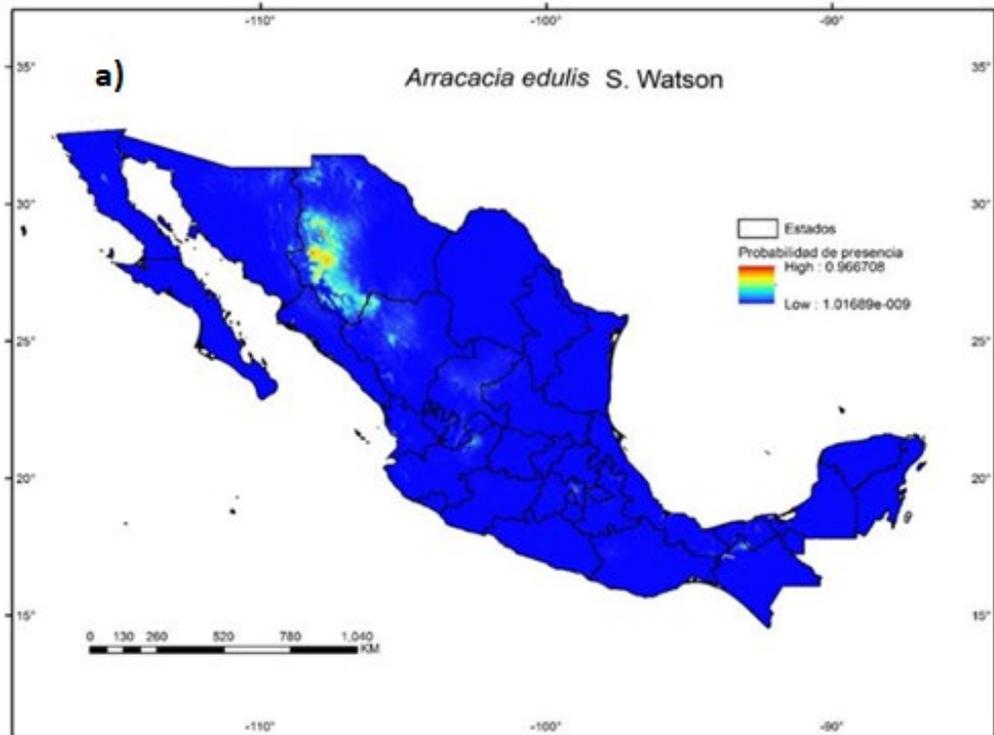


Figura 1.23 a) y b). Distribución potencial de *Arracacia edulis* basada en especímenes de herbario (Bye, 2019).



Figura 1.24 a) Abejorro polinizando *Arracacia edulis*, al margen de la milpa en Choguita, Bocoyna, Chihuahua. b) población de *Arracacia edulis* al margen de la milpa en Choguita, Bocoyna, Chihuahua (Bye, 2019).

Estos quelites no requieren preparación especial (a diferencia de otros como *Chenopodium berlandieri*) previo a su consumo y pueden prepararse cocinándolos para consumirlos durante los días siguientes, o secarse de la manera tradicional para elaborar “quelite pasado”. Los quelites pasados o deshidratados se almacenan en frascos o bolsas de plástico, este método tradicional de conservación permite preservar su sabor y olor característico y permite su almacenamiento hasta por 5 años. En algunos casos, el basiáwari fresco o seco se vende o se comercializa a los habitantes de los pueblos cercanos donde se incorporan a otros platillos, o bien se comparte a través del sistema “*koríma*” para quienes tienen escasez de alimentos. Para su consumo se rehidratan y se preparan en varios platillos. La cocción (un tipo de escaldado) consiste en calentar el agua en una olla (en la etapa de precalentamiento se le pueden agregar otros ingredientes como cebolla, tomate, carne cocida, etc.), se agrega el quelite a que suelte el hervor y se apaga. También se puede preparar al “al vapor”, se enjuagan los quelites y se colocan en un

recipiente, se tapan y se cuecen en su propio jugo se consume generalmente acompañado por pinole y constituye uno de los sabores característicos de la Sierra (Linares, 2016) (Ver Figura 1.25).



Figura 1.25. a) Preparación típica de consumo de *Arracacia edulis*, Choguita, Bocoyna, Chihuahua. b) Preparación de basiáwari como quelite pasado. Choguita, Bocoyna, Chihuahua (Bye, 2019).

#### 1.5.1.4 Gonírara o quelite rosado<sup>22</sup> (*Phacelia platycarpa*)

El género *Phacelia* (de la familia botánica Hydrophyllaceae) consta de más de 300 especies que crecen en todo el mundo. En México se encuentran 56 especies, 16 de las cuales se conocen en Chihuahua. *Phacelia platycarpa* se encuentra en áreas montañosas de México y Guatemala. La especie *Phacelia platycarpa* es una especie arvense (Ver Figura 1.26) utilizada como quelite, directamente recolectada en la periferia de las parcelas. No tiene ningún tipo de manejo agrícola y se considera una planta anual silvestre.

<sup>22</sup> Gonírara corresponde al nombre rarámuri, quelite rosado corresponde al nombre común en castellano



Figura 1.26 Planta madura de *Phacelia platycarpa* en estadio para ser recolectado como quelite. Choguita, Bocoyna, Chihuahua (Bye,2019).

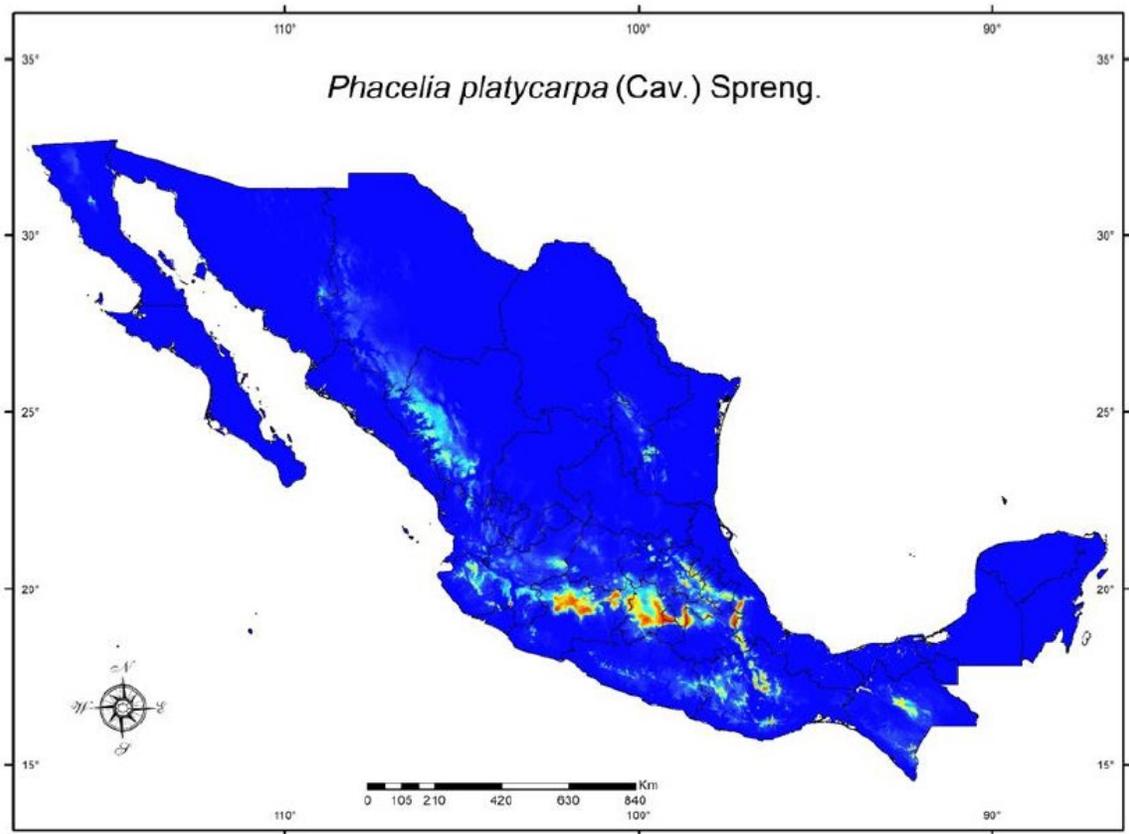


Figura 1.27. Distribución potencial de *Phacelia platycarpa* basada en especímenes de herbario (Bye, 2019).

El consumo de *Phacelia platycarpa* se limita solo a algunas comunidades de la Sierra, posiblemente debido a su fuerte sabor (Linares, 2016). Se consume como quelite por los rarámuri en las regiones altas del suroeste de Chihuahua (Ver Figura 1.27). Por lo general se prepara cocida en agua con sal, se escurre, se enjuaga con agua fría y se mezcla con cebolla, posteriormente se puede calentar o freír con manteca o aceite vegetal. Solo otra región del país (Michoacán) reporta su consumo, pero con fines medicinales; se cuecen las hojas, se agregan sal y limón, y se come como remedio para los riñones (Cervantes, 1985).

## 1.6 Alimentación rarámuri

*Desde entonces los Rarámuri vivimos comiendo maíz  
y queremos mucho a Onorúame-Iyerúame,  
quien nos dio el maíz y la lluvia.  
También cuando levantamos el maíz se lo ofrecemos,  
pues él nos está dando que comer”.*

### **Leyenda rarámuri**

*(Palma Aguirre, F. 2002:61)*

Los rarámuri han habitado en la Sierra Tarahumara por cerca de 2000 años y han mantenido su estilo de vida hasta nuestros días, obtienen la mayoría de sus alimentos mediante el sistema agrícola de subsistencia cosechando una vez al año y almacenando lo cosechado para utilizarse a futuro (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979). La calidad de la dieta rarámuri ha tomado importancia en los últimos años principalmente por razones médicas, en primer lugar debido al alto grado de aptitud física y resistencia que presentan los integrantes de la etnia rarámuri como corredores de larga distancia, y en segundo lugar por el conocimiento del consumo de la dieta tradicional mesoamericana que se considera nutricionalmente adecuada en cuanto al consumo de lípidos, es decir, se conforma por alimentos bajos en colesterol y grasa saturada, lo que podría considerarse favorable para evitar el desarrollo de enfermedad coronaria (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979). La dieta tradicional rarámuri tiene como alimento principal al maíz que contribuye con un buen aporte de carbohidratos, fibra y esteroides vegetales, el consumo de carne es escaso y el consumo de frijol (en diversas variedades) constituye una parte considerable de la dieta, además de complementarse con el consumo de calabaza y chile. Cerqueira et al. (1979) mencionan que alrededor del 90% del total de calorías que aporta esta dieta provienen del maíz y frijol, cerca del 94% de la ingesta diaria total de proteínas proviene de vegetales, sólo el 6% corresponde a proteína de origen animal, mientras que el bajo contenido de grasa presente en la dieta proviene en un 33% de origen animal y 67% de origen vegetal. La ingesta de colesterol es muy baja y proviene principalmente del consumo de huevo, cuyo

consumo individual promedio es de dos o tres piezas por semana. Otras fuentes de lípidos y proteína animal incluyen pequeñas y poco frecuentes porciones de carne (res, cerdo o cabra), pescado, aves de corral, productos lácteos y manteca de cerdo. La Tabla 1.3 muestra que el maíz, los productos de maíz, y el frijol contribuyen fuertemente con el contenido de calcio, hierro, tiamina, riboflavina, niacina<sup>23</sup> y vitamina B<sub>6</sub> en la dieta rarámuri.

La principal fuente de calcio en la ingesta diaria de nutrientes es la tortilla, dicho calcio (190mg/100g de tortilla) proviene principalmente del proceso de nixtamalización previo a la preparación de la tortilla, los frijoles proporcionan un 16% adicional de la ingesta diaria de calcio, además de reconocerse como un alimento rico en hierro.

El chile, junto con los vegetales y la calabaza, proveen ácido ascórbico<sup>24</sup>. La mayoría de la vitamina A proviene de la ingesta de β-caroteno derivado de maíz y vegetales. Cerqueira (1979) menciona que en la Sierra Tarahumara existe una cantidad importante de plantas silvestres (quelites) disponibles durante la época de lluvias que los rarámuri recolectan para consumirse como vegetales, por lo que dichas plantas contribuyen con los valores reportados para este grupo en la Tabla 1.3.

**Tabla 1.3. Principales fuentes de nutrientes en la dieta tradicional rarámuri (porcentaje de nutrimento aportado por cada alimento )<sup>a</sup>**

Nutriente	Cantidad <sup>b</sup>	Frijol	Maíz	Vegetales	Calabaza	Productos lácteos	Huevo	Azúcar	Grasa animal	Grasa vegetal	Carne	Chile	Café
Calorías	2818±360kcal	19	71	1	1	1	1	1	2	2	2	- <sup>c</sup>	-
Proteína	92 ± 17g	39	52	2	1	1	1	0	-	0	4	-	-
Carbohidratos	528 ± 75g	18	79	1	1	-	-	2	0	0	-	-	-
Fibra	19 ± 3g	36	57	4	2	0	0	0	0	0	0	2	-
Gasa	38 ± 16g	5	45	1	1	3	4	0	17	17	10	-	-
Saturada	7.5 ± 4.1g	3	16	-	-	6	4	0	25	28	17	-	-
Monoinsaturadas	12.5 ± 5.0g	4	35	-	-	3	5	0	22	20	11	-	-
Poliinsaturadas	15.7 ± 7.0g	8	75	-	-	-	1	0	6	7	3	-	-
Colesterol	71 ± 31mg	0	0	0	0	4	75	0	8	0	12	0	0
Esteroles de plantas	472 ± 67mg	44	47	-	6	-	0	0	0	3	0	-	-
Calcio <sup>d</sup>	726 ± 118mg	16	80	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
Hierro	29 ± 3mg	41	51	4	1	-	1	-	-	-	1	-	-
Ácido ascórbico	80 ± 18mg	-	-	37	8	-	-	-	-	-	-	55	-

<sup>23</sup> Vitamina B<sub>12</sub>

<sup>24</sup> Vitamina C

Tiamina <sup>25</sup>	2.2 ± 1.3mg	40	55	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Vitamina A	1881 ± 183µg	-	56	35	4	1	2	-	-	1	-	2
Riboflavina <sup>26</sup>	1.6 ± 0.2mg	31	53	8	-	8	-	-	-	-	-	-
Niacina <sup>27</sup>	17.8 ± 2.0mg	19	50 <sup>e</sup>	2	1	-	-	-	-	-	5	2
Vitamina B <sub>6</sub>	3.6 ± 1.0mg	62	30	3	-	-	-	-	-	-	3	-
Vitamina B <sub>12</sub>	1.0 ± 0.3µg	0	0	0	0	14	29	0	-	0	57	0
Zinc <sup>f</sup>	19 ± mg	22	72	1	-	1	1	-	-	-	3	-

<sup>a</sup> Cálculos basados en un menú del día típico de un hombre adulto: 500g de tortillas de maíz, 420g de frijoles cocidos, 8g de azúcar, 150g de pinole, 30g de nopales, 30g de quelites, 15g de chile, 30g de calabaza, 6g de manteca de cerdo, y 3g de café. Además, esto incluye 2 huevos por semana, entre 80 y 100g de carne (res, cerdo, cabra, aves de corral o pescado) por semana, y un vaso de leche entera por semana. <sup>b</sup> Ingesta media ± SD de un hombre adulto. <sup>c</sup> Indican cantidades inferiores a 1%. <sup>d</sup> La mayoría del calcio proviene del tratamiento con cal del maíz para elaborar tortillas; solo alrededor del 10% proviene realmente del maíz. <sup>e</sup> La niacina que aporta el maíz es la que se consume en forma de tortillas, ya que la niacina en el maíz se encuentra comúnmente enlazada y por lo tanto no se encuentra biológicamente disponible sin el tratamiento térmico con cal. <sup>f</sup> Calculado de un menú del día típico. (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979)

En cuanto al contenido de vitamina B<sub>12</sub>, las pequeñas porciones de carne y huevo aportan la mayor parte.

#### 1.6.1 Ingesta calórica diaria.

La dieta rarámuri provee en promedio una ingesta calórica de 2837 y 2362 para niños y niñas, respectivamente, y 2818 y 2252 para adultos hombres y mujeres, respectivamente; dicha ingesta se aproxima a lo recomendado por la FAO/WHO (Ver Tabla 1.4) cubriendo entre 90 y 100% del requerimiento para cada grupo. Como todos los agricultores de subsistencia (Ver sección 1.4.1), los rarámuri indudablemente tienen ingestas calóricas subóptimas en épocas de mala cosecha, por lo que la información referida en la Tabla 1.4 puede presentar variaciones dependiendo de la abundancia o carencia de alimento ocasionada por el temporal.

Grupo	Recomendación FAO/WHO (1990)				Población rarámuri				
	Niños 5 – 18 años		Adultos 18 - 70 años		Niños 5 – 18 años		Adultos 18 - 70 años		
Sexo	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres	
Energía (kcal)	1820	2770	1820-2060	2895-2020	2210-1835	2837 ± 239	2362 ± 282	2818 ± 360	2252 ± 342
Proteína (g)	19-55	19-44	47	41	96 ± 9	81 ± 4	92 ± 14	79 ± 11	
Porcentaje del total de calorías	4-8	4-9	7-9	9-10	13	14	13	14	

<sup>25</sup> Vitamina B<sub>1</sub>

<sup>26</sup> Vitamina B<sub>2</sub>

<sup>27</sup> Vitamina B<sub>3</sub>

Grasa (g)	30-108	32-80	48-79	37-71	27 ± 3	24 ± 3	38 ± 16	28 ± 18
Porcentaje del total de calorías	15-30	15-30	15-30	15-30	9	9	12	11
Grasa saturada (g)					5.4 ± 1.6	4.7 ± 1.4	7.5 ± 4.1	5.1 ± 2.0
Porcentaje del total de calorías	< 10	< 10	< 10	< 10	2	2	3	2
Grasa monoinsaturada (g)					8.7 ± 1.3	7.2 ± 1.0	12.5 ± 5.0	10.1 ± 3.0
Porcentaje del total de calorías					3	3	4	4
Grasa poliinsaturada (g)					11.5 ± 0.6	8.6 ± 1.4	15.7 ± 7.0	12.5 ± 2.0
Porcentaje del total de calorías					4	4	5	5
Yodo (µg)	90-150	90-150	150	150	103	96	102	99
P/S (relación) <sup>a</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0	2.1	2.0	2.1	2.4
Colesterol (mg)					33 ± 23	32 ± 19	71 ± 31	75 ± 32
Esteroles de plantas (mg)	-	-	-	-	452 ± 45	417 ± 53	472 ± 67	402 ± 34
Carbohidratos (g)					551 ± 48	456 ± 14	528 ± 75	426 ± 62
Porcentaje del total de calorías	55-75	55-75	50-75	50-75	78	77	75	75
Mono y disacáridos (g)					28 ± 11	34 ± 13	43 ± 17	34 ± 18
Porcentaje del total de calorías	< 10	< 10	< 10	< 10	5	6	6	6
Polisacáridos (g)					518 ± 4	411 ± 9	485 ± 10	389 ± 7
Porcentaje del total de calorías					73	71	69	69
Fibra (g)	20-25	20-25	20-25	20-25	21 ± 2	18 ± 2	19 ± 3	18 ± 2
Sal (g NaCl)	5-2	5-2	5-2	5-2	5.6 ± 2	4.8 ± 2	7.6 ± 3	7.3 ± 3
<sup>a</sup> La relación entre ácidos grasos poliinsaturados y saturados.								
Los valores representan el promedio ± desviación estándar (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979).								

## 1.6.2 Ingesta de proteína

La dieta tradicional rarámuri provee una adecuada cantidad de proteína en todos los grupos de edad, cubriendo aproximadamente el 14% del total de calorías (Tabla 1.4), sin embargo, es importante señalar que la mayor fuente de proteína en la dieta rarámuri proviene de la ingesta de vegetales (cereales, legumbres y quelites) debido al acceso limitado a proteína de origen animal. Dado que el maíz y los frijoles proporcionan las fuentes predominantes de proteína, Cerqueira (1979) analizó tanto el contenido de proteína como la composición de aminoácidos (Tabla 1.5).

**Tabla 1.5 Contenido de aminoácidos de frijol y maíz de la dieta rarámuri, comparado con la recomendación de la FAO.**

Aminoácido	Valor analizado		Ingesta combinada	Ingesta recomendada
	Maíz	Frijol		
	mg/g de proteína		g/ día	
<b>Esencial</b>				
<b>Isoleucina</b>	39	56	3.8	0.6
<b>Leucina</b>	140	103	10.3	0.8
<b>Lisina</b>	36	87	4.8	0.7
<b>Metionina + Cisteína</b>	24	20	1.8	0.8
<b>Fenilalanina + Tirosina</b>	109	123	9.5	0.8
<b>Treonina</b>	44	64	4.3	0.4
<b>Triptófano</b>	6	12	0.7	0.2
<b>Valina</b>	52	64	4.7	0.6
<b>No esenciales</b>	735	734	-	-
<b>Total de proteína (g/100g)</b>	8.25	19.03	82.6	62 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Análisis de referencia, de maíz y frijol Tarahumara crudo. <sup>b</sup> de 420g de frijol cocido, 500g de tortilla de maíz y 150g de pinole (ingesta típica de un varón adulto). <sup>c</sup> Recomendación combinada para un varón adulto de 60Kg. <sup>d</sup> Nivel seguro de proteína en una dieta de 60% de calidad de proteína en relación con leche y huevo. La calificación química de los aminoácidos del frijol y maíz rarámuri es de 63. Esto no incluye las pequeñas cantidades de proteína de origen animal y otras fuentes vegetales. (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979)

El frijol pinto y el maíz cultivado por los rarámuri proveen las fuentes de proteína analizadas por Cerqueira (1979). El promedio de ingesta diario de los ocho aminoácidos calculado a partir de la ingesta de frijol y maíz cumple generosamente con las recomendaciones de la FAO/WHO tanto para niños como para adultos. En la Tabla 1.6 puede apreciarse que incluso la ingesta de metionina y cisteína, los aminoácidos limitantes en cereales y leguminosas se encuentra en 28 a 48% por encima de los niveles recomendados.

**Tabla 1.6 Ingesta diaria de Aminoácidos esenciales de Indígenas rarámuri en gramos por día.**

Aminoácido	Niños y Adolescentes 5 a 18 años				Adultos 19 a 70 años			
	Niños		Niñas		Hombres		Mujeres	
	Media±SD <sup>a</sup>	%FAO <sup>b</sup>	Media±SD	%FAO	Media±SD	%FAO	Media±SD	%FAO
Isoleucina	3.4 ± 0.2	241	2.6±0.2	217	3.9±0.8	650	2.1±0.4	368
Leucina	9.7 ± 0.2	459	7.3±0.4	406	5.8±0.5	690	5.2±0.4	652
Lisina	3.7 ± 0.2	131	2.9±0.2	121	2.9±0.5	403	2.1±0.3	307
Metionina + Cisteína	1.8 ± 0.4	142	1.6±0.2	148	1.0±0.2	128	1.0±0.2	135
Fenilalanina + Tirosina	4.7 ± 0.1	370	3.6±0.2	333	3.1±0.4	369	2.9±0.3	363
Treonina	3.6 ± 0.2	219	2.9±0.1	207	2.7±0.4	643	1.9±0.5	476
Triptófano	0.6 ± 0.1	319	0.5±0.1	313	0.5±0.1	238	0.4±0.1	200
Valina	4.2 ± 0.2	271	3.2±0.3	242	3.2±0.6	533	2.6±0.4	456
Proteína total <sup>c</sup>	96 ± 9	152	81±4	162	92±17	148	79±11	165

<sup>a</sup>Media y desviación estándar (SD) calculada para la ingesta de maíz y frijol de los individuos, los cuales contribuyeron aproximadamente con el 85% de la ingesta total de proteína (Tabla 6.1). <sup>b</sup> Ingesta de aminoácidos cubierta como porcentaje de la FAO/WHO (%FAO) (valor combinado para adulto por kilogramo para hombres y mujeres, y el requerimiento observado para niños en edad escolar de 10 a 12 años) se estimó utilizando el peso medio de los rarámuri analizados, un hombre de 60 kg y una mujer de 57 kg, una niña de 40 kg y un niño de 47 kg. <sup>c</sup> Nivel seguro de proteína de la FAO en términos de dietas de calidad proteica del 60% respecto a leche o huevo, utilizando la máxima recomendación para niños y niñas y la recomendación estándar para adultos. (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979).

La ingesta total de proteína comparada con las recomendaciones de la FAO para proteínas con una calidad del 60 % en relación con la ideal, cubre aproximadamente un 50 % por encima de la recomendación para todos los grupos de edad, por lo que el consumo de proteína en la dieta rarámuri se considera amplio tanto en cantidad como en calidad (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979).

### 1.6.3 Ingesta de lípidos

La ingesta de lípidos reportada en la Tabla 1.4 se encuentra en un rango de 9-12% del total de la ingesta calórica diaria, siendo el maíz la principal fuente de éstos, los ácidos grasos saturados presentes en la dieta tradicional rarámuri provienen esencialmente de los ácidos palmítico y esteárico, los lípidos monoinsaturados del ácido oleico, y las poliinsaturadas del ácido linoleico (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979). La dieta se caracteriza por presentar niveles promedio bajos de colesterol (32-75mg/día), además de poseer una cantidad importante de esteroides de origen vegetal (402-472mg), probablemente provenientes del frijol y del maíz .

#### 1.6.4 Ingesta de carbohidratos

La dieta tradicional rarámuri es rica en carbohidratos, provenientes principalmente del maíz y del frijol, estos macronutrientes se encuentran principalmente en forma de almidón (Tabla 1.4). La ingesta reportada por Cerqueira (1979), indica el consumo de 426 a 551 g/día, es decir, los hidratos de carbono aportan entre 75 y 80%, del total de calorías reportado (Tabla 1.4). El consumo de azúcares refinados (sacarosa) representa apenas el 1% del total de carbohidratos en la dieta. El contenido de polisacáridos en se encuentra en valores de 389-518 g/día, es decir, entre el 69 y 73% del total de calorías. La ingesta de fibra cruda se encuentra en valores elevados, entre 18 y 21 g/día, valores cercanos a la ingesta diaria recomendada por la FAO/OMS.

#### 1.6.5 Sodio, vitaminas y nutrimentos inorgánicos

##### 1.6.5.1 Sodio

La ingesta promedio de sal se encuentra en valores cercanos a las recomendaciones (FAO/WHO), 5g de sal (2g de sodio) para niños, mientras en el caso de los adultos el valor es en promedio 7.6 g de sal/día, valor por encima de lo recomendado que corresponde a 6g de sal (2.3g de sodio) (Tabla 1.4).

##### 1.6.5.2 Vitaminas y nutrimentos inorgánicos.

Cerqueira (1979) resalta la alta ingesta de calcio, hierro, vitamina A, ácido ascórbico, tiamina y vitamina B<sub>6</sub>, en la dieta tradicional rarámuri, suministrando en promedio una, una y media o incluso (en algunos casos) tres veces los niveles recomendados para cada uno de estos nutrientes (Tabla 1.7)

Tabla 1.7 Ingesta diaria de vitaminas y nutrimentos inorgánicos de los rarámuri.								
Nutriente	Niños y adolescentes 5-18 años				Adultos 19-70 años			
	Media±SD	%FAO <sup>a</sup>	Media ± SD	%FAO	Media ± SD	%FAO	Media ± SD	%FAO
Calcio (mg)	1132 ± 131	174	908±139	140	726±118	161	650±103	144
Hierro (mg)	32 ± 7	178	26±4	108	29±3	320	25±3	89
Vitamina A (µg de retinol)	1824 ± 128	252	1746±115	241	1881±183	251	1873±127	249
Ácido ascórbico (mg)	73 ± 18	243	61±13	203	80±18	267	84±26	280
Tiamina (mg)	2.5 ± 0.2	208	2.1±0.2	210	2.2±1.3	183	1.9±0.2	211

<b>Riboflavina (mg)</b>	1.8 ± 0.3	105	1.6±0.2	107	1.6±0.2	89	1.1±0.2	85
<b>Niacina (mg)</b>	16.6 ± 2.0	87	13.6±2.0	83	17.8±2.0	90	13.7±2.0	94
<b>Vitamina B<sub>6</sub> (mg)<sup>b</sup></b>	4.4 ± 1.7	275	4.1±1.3	256	3.6±1.0	180	3.0±1.2	150
<b>Vitamina B<sub>12</sub> (µg)</b>	0.9 ± 0.1	45	0.8±0.1	42	1.0±0.3	50	1.0±0.3	50

<sup>a</sup> Ingesta de nutrientes expresada en % de las recomendaciones de la FAO/OMS, para adolescentes de 13 a 15, y hombres y mujeres adultos. <sup>b</sup> Valores de Ingesta recomendada indicados para Vitamina B<sub>6</sub> como porcentaje de las raciones dietéticas para estadounidenses usando en hombres y mujeres grupos de edad entre 11 a 14 y de 23 a 50. (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979).

En el caso de la ingesta de zinc, el valor reportado (Tabla 1.3) es de 19 mg/día. La ingesta de vitamina B<sub>3</sub> (niacina) cubre el 80% de lo recomendado en todos los grupos, mientras que para el caso de la vitamina B<sub>12</sub>, Cerqueira (1979) reporta que, basado en las tablas de composición de los alimentos, la dieta rarámuri suministra aproximadamente el 50% de la cantidad recomendada.

La dieta tradicional rarámuri, proporciona un modelo de alimentación favorable para prevenir algunos padecimientos crónicos, probablemente ayudando a reducir el riesgo de padecimientos cardiacos y obesidad (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979), sin embargo presenta una deficiencia importante en vitamina B<sub>12</sub>, probablemente ocasionada por el limitado acceso a alimentos de origen animal como huevo, carne y lácteos, que constituyen las principales fuentes alimentarias para seres humanos (Bowman & Russell, 2003).

La información aportada por Cerqueira (1979), constituye la investigación más reciente en cuanto a la composición y aporte nutrimental de la dieta tradicional rarámuri, si bien es posible que no presente cambios significativos en décadas recientes, Gilbert (2008) menciona que factores como la rápida urbanización o la migración del campo a la ciudad a menudo conduce a cambios en los hábitos alimentarios, es decir propicia la transición de la dieta tradicional a una dieta “occidentalizada” o mixta, con niveles elevados de sal, azúcar y grasa. Los principales cambios alimentarios reportados incluyen aumento en el consumo de alimentos refinados (harinas y azúcares) y una marcada disminución en el consumo de carbohidratos complejos (cereales integrales, vegetales, leguminosas) (Gilbert &

Khokhar, 2008) ambos asociados a la ingesta de alimentos procesados y más accesibles. Tales cambios impactan particularmente a las generaciones más jóvenes, que sumados a factores como predisposición genética, el consumo de alimentos menos saludables, y un estilo de vida sedentario, contribuye en gran medida al deterioro en la salud de los grupos étnicos (Moreno-Ulloa, Moreno-Ulloa, Martínez-Tapia, & Duque-Rodríguez, 2018), es decir, a medida que disminuye la calidad nutricional de la dieta, se vuelven más susceptibles a problemas de salud relacionados con la dieta, favoreciendo el desarrollo de factores de riesgo cardio metabólicos (Gilbert & Khokhar, 2008).

## 2. Metodología

Para realizar las determinaciones citadas en los objetivos del presente trabajo, se siguió el esquema de trabajo que se muestra en la Figura 2.1

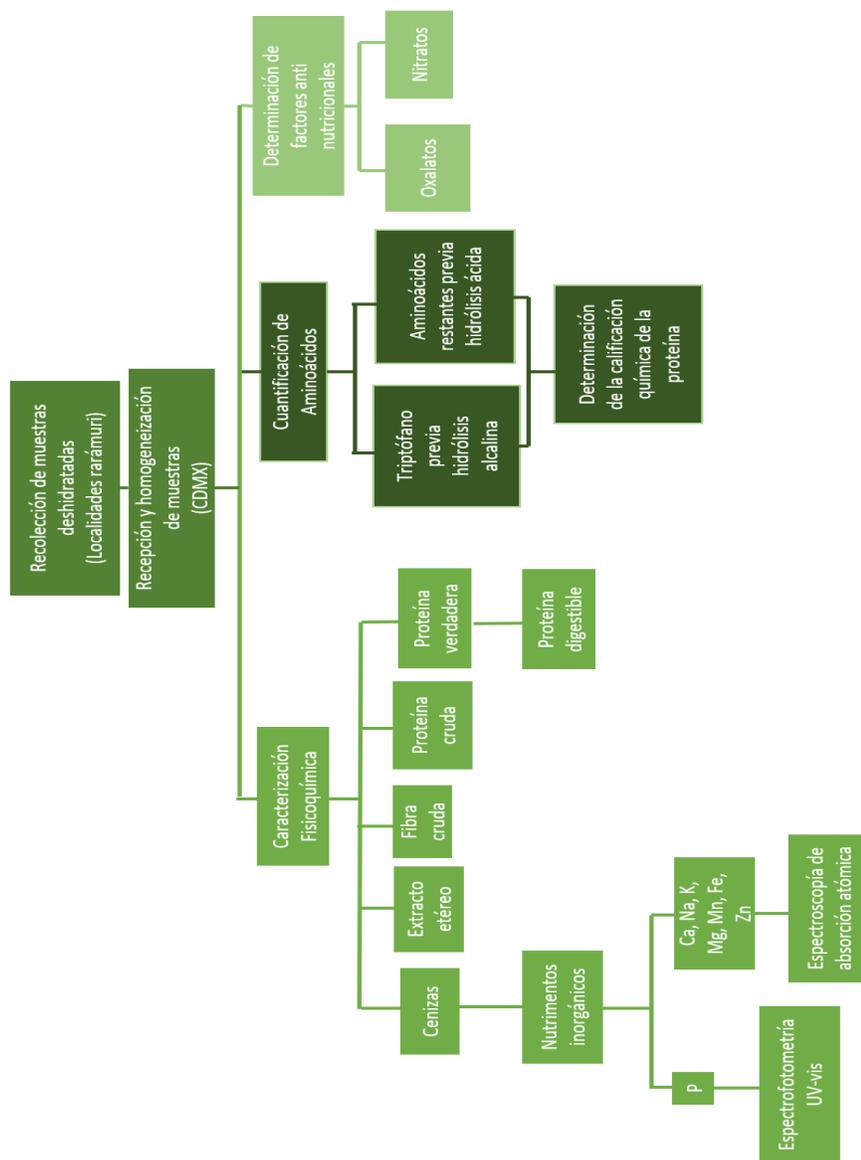


Figura 2.1. Diagrama general de determinaciones a realizar para el análisis de las cinco especies de quelites seleccionadas para el presente estudio.

En la Tabla 2.1, se muestra la lista de métodos (y referencias) empleadas para el análisis de las cinco especies de quelites seleccionadas para este estudio cada una de las muestras se analizó por triplicado, posteriormente se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos utilizando una prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Tabla 2.1 Métodos y referencias utilizadas para el análisis de las cinco especies de quelites.			
Bloque de análisis	Determinación	Método	Referencia
Caracterización fisicoquímica	Cenizas	Gravimétrico	AOAC 942.05 (2015)
	Extracto etéreo	Gravimétrico	AOAC 920.39 (2015)
	Fibra cruda	Enzimático-gravimétrico	AOAC 962.09 (2015)
	Proteína cruda	Volumétrico	AOAC 2001.11 (2015)
Cuantificación de nutrimentos inorgánicos	P	Espectrofotometría UV-Visible	AOAC 965.17 (2005)
	Ca, Na, K, Mg, Mn, Fe, Zn	Espectroscopía de absorción atómica	AOAC 985.35 (2015)
Cuantificación de aminoácidos	Triptófano	Hidrólisis alcalina	Yust (2004)
	Aminoácidos (restantes)	Hidrólisis ácida	Waters AccQ Tag
Parámetros de calidad de proteína	Proteína verdadera	Volumétrico	Krishnamoorthy, U. (1982)
	Proteína digestible	Ensayo <i>in-vitro</i> (Pepsina)	AOAC 971.09(2015)
	Calificación química de la proteína	Patrón de referencia para niños (1-2 años)	FAO/WHO/ONU (2007)
Factores anti nutricionales	Oxalatos	Volumétrico	AOAC 974.24 (1990)
	Nitratos	Colorimétrico	Cataldo (1975)

### Selección de las especies de quelites

La selección de los quelites a estudiar se efectuó por parte del Instituto de Biología de la UNAM, como se describe a continuación.

El primer criterio de selección implicó la elección de quelites característicos de la diversidad biocultural, obteniendo dos grupos: el primer grupo constituido por plantas comúnmente utilizadas con una amplia distribución geográfica en México (que se consumen en las comunidades rarámuri) que reflejaran los ecosistemas contrastantes a los que se han adaptado los habitantes de la Sierra Tarahumara: la sierra templada y las barrancas subtropicales, en este grupo se seleccionaron *Amaranthus retroflexus* correspondiente a la zona de la sierra templada y *Amaranthus palmeri* para la zona de las barrancas subtropicales. En cuanto al

segundo grupo, este se conformó por plantas comestibles cuyo consumo se encuentra restringido a los tarahumaras, esto último con el fin de identificar factores culturales y biológicos que influyen en los criterios de aceptación o rechazo de verduras comestibles. En este segundo grupo se seleccionaron dos especies: una especie endémica del norte de la Sierra Madre Occidental, *Arracacia edulis*, y una especie ampliamente distribuida geográficamente dentro de dicho sistema montañoso, *Phacelia platycarpa*. Para confirmar la idoneidad de estas especies se llevaron a cabo encuestas, en ellas participaron voluntarios que, después de ser informados sobre la naturaleza y el propósito de estas, proporcionaron su consentimiento. Por un lado, 35 participantes (residentes) fueron seleccionados al azar en la región de Creel (cerca de la división continental) durante el mes de junio (etapa temprana de la temporada de lluvias) para proporcionar la siguiente información:

- I. Enumerar los quelites que consumían en forma regular
- II. Indicar sus tres quelites favoritos (en cuanto a consumo)
- III. Recordar los quelites que habían consumido en las últimas 24 horas.

Las entrevistas estructuradas se aplicaron con la colaboración de dos estudiantes de antropología de ascendencia tarahumara de Creel. Por otro lado, se obtuvo una medida de consenso sobre la importancia de los quelites en dos comunidades geográficamente distintas y entre géneros de plantas comestibles de la comunidad, cada planta se clasificó de acuerdo con los niveles de consumo, producción mediante el uso de grupos focales (de 15 hombres y 15 mujeres en cada comunidad) que se encuestaron en colaboración con Agrobiodiversidad Mexicana con apoyo logístico de residentes. Una comunidad está ubicada cerca de la cabecera del río Conchos (Gumísachi, en el municipio de Bocoyna) mientras que la otra se ubica al otro lado de la división continental cerca de la fuente del río Urique (Norogachi, en el municipio de Guachochi). Después de enumerar la comercialización (compra y venta), el listado libre reveló que los principales 11 quelites (de las 33 especies registradas) del orden de frecuencia de mención fueron: ***Amaranthus retroflexus***, *Brassica rapa*, *Chenopodium berlandieri*, *Lepidium*

*virginicum*, ***Arracacia edulis***, *Portulaca oleracea*, *Monarda austromontana*, *Bidens pilosa*, *Beta vulgaris*, ***Phacelia platycarpa***, y *Cosmos parviflorus*. Los quelites más apreciados fueron ***Amaranthus retroflexus*** y *Brassica rapa*. Los grupos de consenso enumeraron al menos 28 quelites de los cuales los más importantes (por importancia en el consumo, la producción y el comercio) incluyeron cinco especies locales (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium berlandieri*, *Cucurbita pepo*, *Lepidium virginicum* y *Opuntia* spp.), una especie naturalizada (*Brassica rapa*) y dos introducidas cultivadas (*Allium cepa* y *Al. sativum*). De los cinco quelites de este estudio, *Amaranthus palmeri* no fue mencionado porque las comunidades estaban en la sierra templada y no en la barranca. No se mencionó a *Phacelia platycarpa*, probablemente debido a su ausencia en la flora local. *Arracacia edulis* se mencionó en Norogachi donde crece, pero no en Gumísachi donde está ausente. El ampliamente difundido *Amaranthus retroflexus* no solo fue mencionado por hombres y mujeres en las dos comunidades, sino que también se clasificó como uno de los más importantes dentro de las más de 90 plantas comestibles en la Sierra Tarahumara. Como se puede apreciar, *Amaranthus retroflexus*, no solo está ampliamente disponible, sino que también es muy valorado, mientras que la popularidad de *Arracacia edulis* y *Phacelia platycarpa* parece estar relacionada con su disponibilidad (o su falta de).

#### Recolección de las muestras

Las localidades rarámuri y municipios del estado de Chihuahua donde se recolectaron las muestras se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Nombre, municipio y localidad de procedencia de cada muestra				
Muestra			Procedencia	
Nombre científico	Nombre común (en castellano)	Nombre rarámuri	Municipio	Localidad
<i>Amaranthus palmeri</i>	Quelite de agua	Masorí o Wasorí	Urique	-
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Quelite	Wasorí	Bocoyna	Gumisachi
<i>Tauschia madrensis</i>	-	Basiawari	Bocoyna	Choguita
<i>Phacelia platycarpa</i>	Quelite rosado	Gonírara	Bocoyna	Choguita
<i>Arracacia edulis</i>	-	Wasiáwari	Guachochi	Tonachi

Una vez ubicadas las localidades de procedencia de las muestras, se identificó el hábitat de estas, y el procedimiento para su obtención (colecta o cosecha), para este fin se contó con apoyo por parte de habitantes rarámuri de las localidades seleccionadas (Figura 2.2).



Figura 2.2. Recolección de las muestras de quelites por habitantes rarámuri de la Sierra Tarahumara; a) *Amaranthus retroflexus*, b) *Phacelia platycarpa*, c) *Amaranthus palmeri*, d) *Arracacia edulis*, e) planta para recolección de *Tauschia madrensis* (Bye,2019).

Las muestras de las cinco especies de quelites se colectaron en canastos (Figura 2.3), posteriormente se lavaron para eliminar restos de materia orgánica y tierra con el fin de colocar la muestra limpia a secar, tomando en cuenta que esta es una manera común de almacenamiento de los quelites recolectados para su posterior consumo, además de eliminar posibles interferentes en los estudios a realizarse posteriormente en el laboratorio.



Figura 2.3. a) Muestra de *Tauschia madrensis* colectada en un canasto; b) Muestras de las diferentes especies de quelites colectadas para su estudio (Bye,2019).

La Tabla 2.3 presenta la información referente al hábitat, y los métodos de obtención y secado seleccionados para cada una de las muestras de quelites analizadas. Para fines de este estudio se seleccionaron dos métodos de secado, el primero corresponde a la forma tradicional, que consiste en extender los quelites sobre una superficie plana a la sombra hasta que se deshidraten (Figura 2.4 b), el segundo método consistió en la utilización de un deshidratador solar.

**Tabla 2.3 Hábitat, método de obtención y secado de las cinco especies de quelites**

Especie	Hábitat	Obtención	Método de secado
<i>Arracacia edulis</i>	Orillas de la milpa y huertos	Cosecha	Tradicional
<i>Phacelia platycarpa</i>	Terrenos de cultivo abandonados, huertos y traspatios	Cosecha	Deshidratador solar
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Fomentado en la milpa y sembrado dentro de invernaderos	Cosecha	Tradicional
<i>Amaranthus palmeri</i>	Orillas de caminos, terrenos de siembra y baldíos, bordes de canales de riego y potreros.	Colecta	Tradicional
<i>Tauschia madrensis</i>	Terrenos de cultivo abandonados, bordes de arroyos y en potreros.	Colecta	Deshidratador solar



Figura 2.4. Muestras de quelites previo al secado; a) *Phacelia platycarpa* distribuida sobre una charola de metal perteneciente a un deshidratador solar; b) *Amaranthus retroflexus* distribuido sobre una malla metálica para secado tradicional (Bye et.al.,2019).

El deshidratador solar está formado por dos estructuras: una cámara de secado tipo caseta con soportes donde se colocan las charolas con los alimentos (Figura 2.4 a)

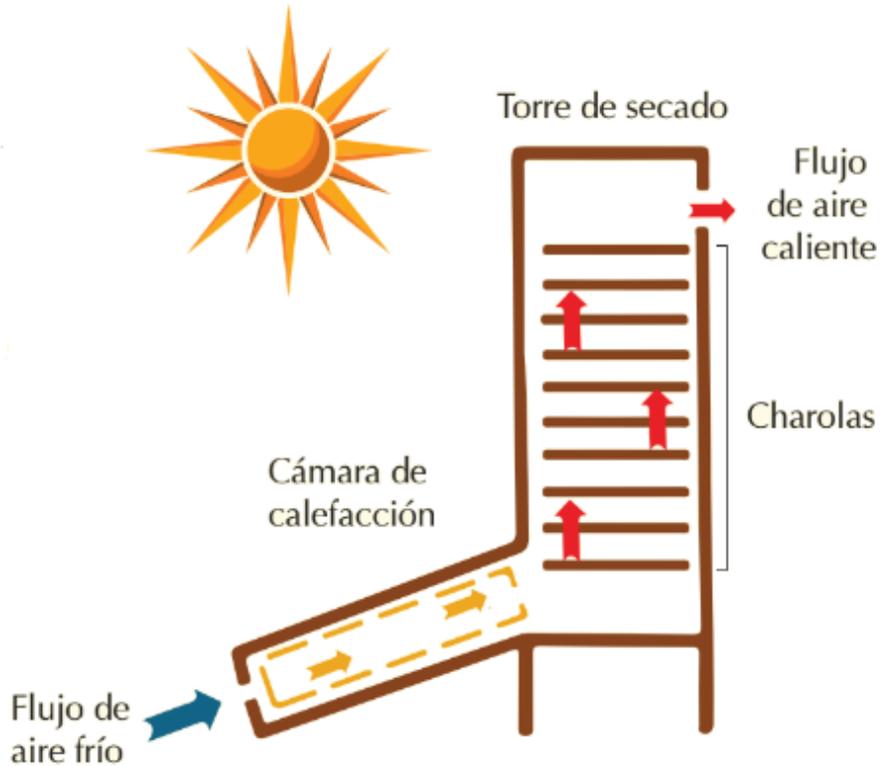


Figura 2.5. Esquema general de deshidratador solar. (Mendoza Cruz, y otros, 2020).

y un colector solar que capta los rayos solares, ambas partes están conectadas y cuentan con una entrada y salida del aire. Los materiales para su construcción pueden ser: madera, acero inoxidable, aluminio, policarbonato, entre otros. Los materiales del colector deben ser buenos conductores del calor, por ejemplo: plástico, madera o metal de color negro. La estructura se recubre con plástico, lámina, vidrio o policarbonato, para evitar la salida del aire caliente. En el proceso los rayos solares llegan al colector, el aire caliente sube hacia las charolas secando los alimentos (Figura 2.5) (Mendoza Cruz, y otros, 2020).

#### Tratamiento de las muestras en el laboratorio

Las muestras deshidratadas (Ver Figura 2.6) recolectadas en la Sierra Tarahumara se trasladaron a la Ciudad de México, al Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, para su documentación y registro.



Figura 2.6. Muestras deshidratadas enviadas por el Instituto de Biología para análisis.  
a) *Amaranthus palmeri*, b) *Tauschia madrensis*, c) *Phacelia platycarpa*, d) *Amaranthus retroflexus*,  
e) *Arracacia edulis*.

Posteriormente se trasladaron al Laboratorio adscrito al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, donde se homogeneizaron mediante molienda en licuadora por un

minuto, para obtener partículas pequeñas que pudieran mezclarse, con el fin de tomar porciones homogéneas (Ver Figura 2.7).

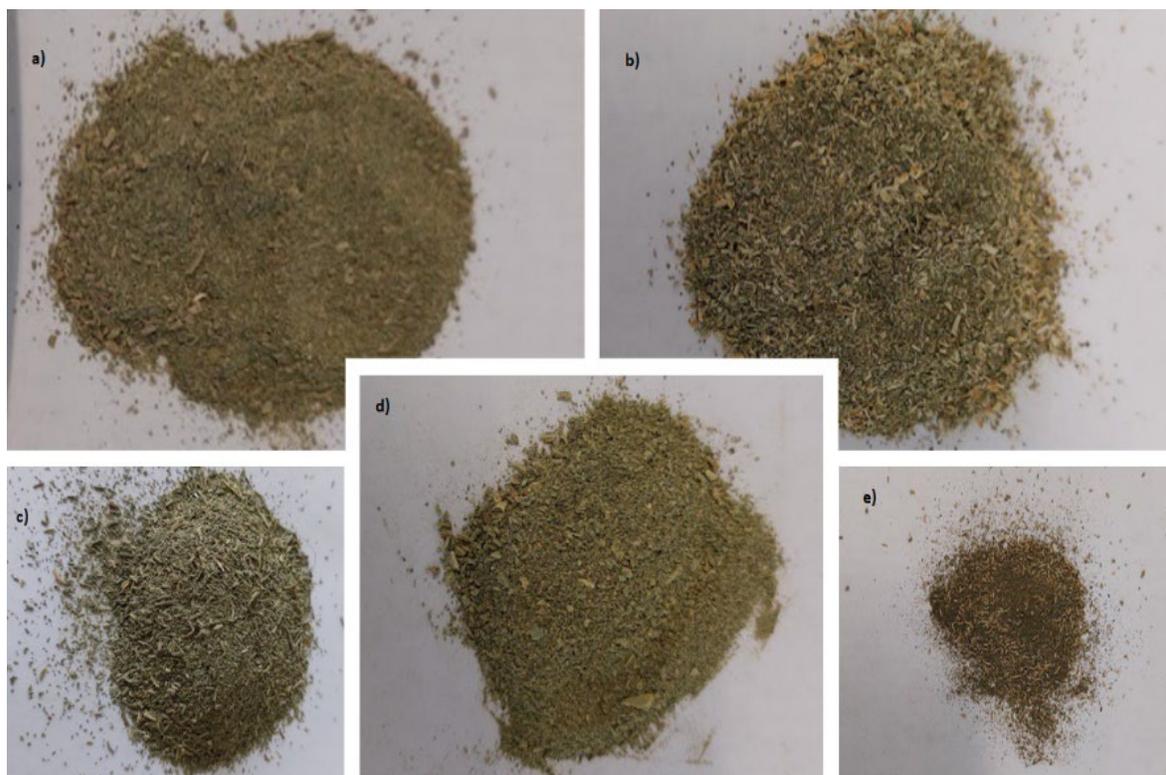


Figura 2.7 Muestras de las cinco especies de quelites después del proceso de molienda. a) *Amaranthus retroflexus* b) *Arracacia edulis*, c) *Tauschia madrensis*, d) *Phacelia platycarpa*, e) *Amaranthus palmeri*.

En este caso no se utilizaron tamices, con el fin de estudiar la planta en su totalidad, sin excluir ninguna de las partes, debido a que existen investigaciones (Wesche-Ebeling, 1995) que reportan la existencia de variaciones dependiendo de si se analiza, la planta completa o una parte específica de ella (tallos, hojas o inflorescencia).

### 3.Resultados y discusión

Los resultados en base seca (BS) de la caracterización fisicoquímica de las cinco especies de quelites catalogadas como de consumo recurrente en comunidades rarámuri de la Sierra Tarahumara, México, se muestran en la Tabla 3.1. Los quelites analizados no aportan una cantidad importante de lípidos, en todos los casos el valor obtenido para el extracto etéreo se encuentra por debajo de 5%, siendo el

valor más elevado 4.65 g/100g, correspondiente a *A. retroflexus*. Sin embargo, los quelites aportan una cantidad importante de fibra cruda de acuerdo con los resultados: el mayor contenido en este componente correspondió a la especie *Tauschia madrensis* (17.48 g/100g), mientras que los valores más bajos se encontraron en a *A. palmeri* (8.94 g/100g) y *A. retroflexus* (7.32 g/100g). En el caso de las cenizas (nutrimentos inorgánicos), las cinco muestras presentaron valores superiores a 10%. En cuanto al contenido de proteína, puede observarse que las especies *A. palmeri* y *A. retroflexus* son las que poseen un contenido más elevado de proteína cruda y verdadera; sin embargo, en la literatura (Wesche-Ebeling, 1995) los valores reportados (BS) de proteína cruda para ambas especies son más bajos 22.8 g/100g y 18 g/100g respectivamente.

La determinación de proteína verdadera se realizó con la finalidad de diferenciar el nitrógeno proteico del no proteico y posteriormente hacer una comparación con la suma de aminoácidos.

**Tabla 3.1 Comparación de la caracterización fisicoquímica de las cinco especies de quelites analizadas (g/100g de muestra en base seca)**

Parámetro fisicoquímico	Quelite (especie)				
	<i>Tauschia madrensis</i>	<i>Phacelia platycarpa</i>	<i>Arracacia edulis</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>
<b>Fibra cruda</b>	17.48 <sup>d</sup>	12.7 <sup>c</sup>	12.96 <sup>c</sup>	8.94 <sup>b</sup>	7.32 <sup>a</sup>
<b>Extracto etéreo</b>	3.95 <sup>b</sup>	2.53 <sup>a</sup>	3.64 <sup>b c</sup>	3.99 <sup>b c</sup>	4.65 <sup>d</sup>
<b>Proteína cruda</b>	14.96 <sup>b</sup>	14.65 <sup>a</sup>	21.07 <sup>c</sup>	29.23 <sup>e</sup>	28.35 <sup>d</sup>
<b>Proteína verdadera</b>	12.68	12.66	16.83	15.91	16.50
<b>Extracto libre de nitrógeno</b>	52.62 <sup>d</sup>	54.52 <sup>e</sup>	50.36 <sup>c</sup>	36.74 <sup>a</sup>	40.19 <sup>b</sup>
<b>Cenizas</b>	10.99 <sup>a</sup>	15.61 <sup>c</sup>	11.98 <sup>b</sup>	21.1 <sup>e</sup>	19.49 <sup>d</sup>

Los resultados muestran el promedio de triplicado  $\pm$  D.E., C.V. < 5 %.

La concentración promedio de cada parámetro con literal diferente, es significativamente diferente según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ )

Para realizar una comparación del contenido de macronutrientes, se seleccionaron siete vegetales de hoja (col, coliflor, brócoli, lechuga romana, lechuga hoja verde,

lechuga iceberg y espinaca) los datos correspondientes a la composición proximal de los mismos se muestran en la Tabla 3.2

Tabla 3.2 Composición proximal (% base seca BS) de algunos vegetales de hoja.					
Vegetal	Carbohidratos <sup>a</sup>	Fibra (dietética total)	Proteína (cruda)	Lípidos	Cenizas
Col	74.2	32.0	16.4	1.3	8.2
Coliflor	62.7	25.2	24.2	3.5	9.6
Brócoli	62.1	24.3	26.4	3.5	8.1
Lechuga, romana	61.0	39.0	22.8	5.6	10.8
Lechuga, hoja verde	57.2	25.9	27.1	3.0	12.4
Lechuga, iceberg	68.1	27.5	20.6	3.2	8.3
Espinaca	42.2	25.6	33.3	4.5	20
<sup>a</sup> Calculado por diferencia					
Fuente: ((USDA), 2021)					

El contenido de carbohidratos y fibra fue menor en las especies de quelites en comparación con las especies vegetales mostradas en la tabla 3.2. En el caso de los lípidos y de la proteína cruda no se observan diferencias importantes, mientras que para el caso de las cenizas se observan valores de entre 10.96% y 19.49% para los quelites, mientras que los vegetales de hoja presentan en su mayoría valores de 8.1% a 10.8%, solo la lechuga de hoja verde y la espinaca presentan valores de 12.4% y 20% respectivamente, siendo estos valores los más cercanos a los obtenidos por las especies de quelites analizadas.

Los resultados (BS) obtenidos de la caracterización fisicoquímica indican que las cinco especies de quelites poseen un contenido de cenizas superior al 10%, y en el caso de *A. palmeri* y *A. retroflexus* de 21.2 y 19.46g/100g, respectivamente, siendo éstos los valores más elevados entre las cinco especies analizadas, indicando que probablemente poseen un buen aporte nutrimental en cuanto al contenido de nutrimentos inorgánicos. Posteriormente se cuantificaron algunos macronutrientes inorgánicos (Ca, P, Na, K y Mg) y micronutrientes inorgánicos (Fe, Mn y Zn), debido

a su relevancia nutrimental. Se considera a los nutrimentos inorgánicos como el calcio, el fósforo, el potasio, el hierro, el sodio, el azufre, el cloro, el magnesio el yodo y el zinc como nutrimentos indispensables, es decir, no pueden ser sintetizados por el organismo del ser humano (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015) además de considerarse de alta prioridad en la atención sanitaria pública. Las deficiencias de nutrimentos inorgánicos pueden producir severos daños en la salud. Los alimentos juegan un rol clave al suministrar estos nutrientes a los seres humanos. Los datos sobre el contenido de nutrimentos inorgánicos son críticos para las personas involucradas en investigación epidemiológica y patrones de enfermedades, evaluación de la salud y estado nutricional de individuos y poblaciones (Kastenmayer, 1997). Los nutrimentos inorgánicos desempeñan numerosas funciones en el cuerpo humano por ejemplo el sodio, el potasio y el cloro están presentes como sales en los líquidos corporales, donde tienen la función fisiológica de mantener la presión osmótica, así mismo, forman parte de la estructura de muchos tejidos, el calcio y el fósforo son los principales componentes del esqueleto, combinados forman la hidroxiapatita, sustancia dura que aporta rigidez al cuerpo, (Latham, 2002), de igual manera el calcio desempeña funciones catalíticas e interviene la contracción muscular, la transmisión del impulso nervioso, la coagulación y como mensajero intracelular, los fosfatos participan en coenzimas tales como dinucleótido de nicotin amida y adenina (NAD<sup>+</sup>), fosfato de NAD (NADP<sup>+</sup>) y dinucleótido de flavina y adenina (FAD), y en la forma activa de varias vitaminas, sin contar que la fosforilación es una de las reacciones más comunes en los seres vivos, además de formar parte de la membrana celular al formar parte de los fosfolípidos (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015), el magnesio forma parte de las cinasas (enzimas que catalizan reacciones donde también intervienen grupos fosfato), que participan en la degradación y síntesis de trifosfato de adenosina (ATP) (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015). El zinc forma parte de la insulina, que interviene en el transporte de la glucosa y los aminoácidos a través de las membranas celulares, en décadas recientes se ha estudiado en papel del zinc en la expresión génica, los sistemas gastrointestinal, nervioso central e inmune (Bowman & Russell,

2003) mientras que el hierro tiene como principal función el transporte de oxígeno en el cuerpo, al formar parte de los citocromos (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015).

Kaufer-Horwitz (2015) refiere que cuando se desea establecer el requerimiento o la necesidad de un nutrimento en particular para un grupo determinado, es necesario utilizar la ingestión diaria recomendada (IDR) y la ingesta diaria sugerida (IDS). En términos generales la IDR representa una propuesta de consumo, mientras que la IDS, es el valor de referencia que se emplea en lugar de la IDR cuando la información experimental sobre los requerimientos es insuficiente para establecer esta última. Muchos países (entre ellos México) establecen sus propias IDR de consumo de nutrimentos de acuerdo con sus necesidades y características.

La Tabla 3.3 presenta los valores de referencia (IDR e IDS), de nutrimentos inorgánicos para la población mexicana.

Tabla 3.3 Valores nutrimentales de referencia (IDR y IDS) de nutrimentos inorgánicos para la población mexicana					
	calcio (mg)	fósforo (mg)	hierro (mg)	magnesio (mg)	zinc (mg)
<b>Niños</b>					
0-6 meses	210	100	S.I.	36	S.I.
7-12 meses	270	275	16	90	3.8
1-3 años	500	460	13	80	4.0
4-8 años	800	500	15	130	6.6
<b>Hombres</b>					
9-18 años	1300	1250	20-22	240-360	11.6-13.9
19-50 años	1000	700	15	320-340	11-15
51 a > 70 años	1200	700	15	340	11
<b>Mujeres</b>					
9-18 años	1300	1250	16-22	240-320	11.2-12.2
19-50 años	1000	1250	21	250-260	11
51 a > 70 años	1200	700	12	260	11
Embarazadas	1000	1250	28	285	14
Lactantes	1000	700	17-25	250	16
S.I. sin información suficiente para establecer una IDS					
Las celdas en color obscuro corresponden a IDS y las de color claro corresponden a IDR					
Fuente: (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015)					

Como puede observarse (Tabla 3.3), desafortunadamente no se cuenta con información suficiente para establecer una IDS para la población mexicana, para algunos de los nutrimentos inorgánicos cuantificados en el presente trabajo.

La Tabla 3.4, presenta la comparación del contenido de macrominerales presente en cada una de las cinco especies de quelites analizadas.

Tabla 3.4 Comparación del contenido de macronutrientes inorgánicos de las cinco especies de quelites analizadas (g/100g de muestra en base seca).					
Mineral	Quelite (especie)				
	<i>Tauschia madrensis</i>	<i>Phacelia platycarpa</i>	<i>Arracacia edulis</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>
calcio	0.36 <sup>a</sup>	2.69 <sup>d</sup>	1.49 <sup>b</sup>	2.53 <sup>c</sup>	2.46 <sup>c</sup>
fósforo	0.40 <sup>a</sup>	1.71 <sup>d</sup>	1.95 <sup>e</sup>	1.2 <sup>c</sup>	1.14 <sup>b</sup>
sodio	0.01 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.06 <sup>d</sup>
potasio	4.10 <sup>b</sup>	3.07 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	8.4 <sup>d</sup>	5.7 <sup>c</sup>
magnesio	0.22 <sup>a</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.38 <sup>b</sup>	2.35 <sup>d</sup>	1.05 <sup>c</sup>

Los resultados muestran el promedio de triplicado  $\pm$  D.E., C.V. < 5 %.

La concentración promedio de cada parámetro con literal diferente, es significativamente diferente según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ )

En ella se observa que, dentro de los nutrimentos inorgánicos analizados, el potasio (K) es el más abundante en las cinco especies estudiadas, siendo *A. palmeri* la especie con el mayor contenido (8.4 g/100g). El segundo nutrimento inorgánico más abundante en las especies *A. palmeri*, *A. retroflexus* y *P. platycarpa* fue el calcio, nutrimento que se encuentra de manera natural en hortalizas de hoja verde (Latham, 2002) como los quelites. Otro mineral que se encontró en concentración considerable fue el Mg (*A. palmeri* y *A. retroflexus*). En cuanto al contenido de micronutrientes inorgánicos, en la Tabla 3.5 puede apreciarse que las especies *T. madrensis*, *P. platycarpa*, y *A. palmeri*, presentaron valores superiores a 50 mg/100g. En cuanto al contenido de hierro, las especies *Tauschia madrensis*, *Phacelia platycarpa*, y *Amaranthus palmeri*, presentan valores de 53.42mg/100g, 58.53mg/100g y 56.79mg/100g) respectivamente, mientras que la especie *Amaranthus retroflexus* presenta 36.59mg/100g y la especie *Arracacia edulis* presenta un valor de 13.46mg/100g, siendo esta especie la que presenta el menor contenido de las cinco especies analizadas.

Tabla 3.5 Comparación del contenido de micronutrientes inorgánicos de las cinco especies de quelites analizadas (mg/100g de muestra en base seca).					
Mineral	Quelite (especie)				
	<i>Tauschia madrensis</i>	<i>Phacelia platycarpa</i>	<i>Arracacia edulis</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>
hierro	53.42 <sup>c</sup>	58.53 <sup>d</sup>	13.46 <sup>a</sup>	56.79 <sup>d</sup>	36.59 <sup>b</sup>
manganeso	16.15 <sup>c</sup>	8.64 <sup>a,b</sup>	10.53 <sup>a,b</sup>	6.50 <sup>a</sup>	25.25 <sup>d</sup>
zinc	7.53 <sup>a</sup>	11.00 <sup>b</sup>	4.42 <sup>a</sup>	13.41 <sup>c</sup>	47.1 <sup>d</sup>

Los resultados muestran el promedio de triplicado  $\pm$  D.E., C.V. < 5 %.

La concentración promedio de cada parámetro con literal diferente, es significativamente diferente según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ )

La importancia que tiene la cuantificación de los nutrimentos inorgánicos radica en su relevancia nutricional, su ingesta diaria recomendada (IDR) se encuentra condicionada por la edad y el sexo de cada individuo. Se recomienda una ingesta de entre 2 y 3.6 g/día para el caso de potasio, mientras que, para el caso de sodio, su consumo debe limitarse a 5g de sal (2g de sodio) diarios (OMS, 2022). En ambos casos, las cinco especies de quelites cumplen con estas recomendaciones; para el caso del potasio, todas las especies aportan una cantidad superior a 3 g de sodio, por lo que podrían cubrir cerca del 100% de la IDR para este mineral, mientras que para el sodio las cinco especies reportan valores inferiores a 0.1 g/100g (Ver Tabla 3.4), los cuales están por debajo del límite establecido, es importante mencionar que numerosos estudios relacionan la ingesta de sal con la hipertensión arterial, por lo es deseable mantener su ingesta en niveles que no superen lo recomendado (Bowman & Russell, 2003).

En los seres humanos, el calcio y el fósforo en conjunto desempeñan una función importante como los principales componentes del esqueleto; además, son importantes en otras funciones metabólicas como la función muscular, el estímulo nervioso, la actividad enzimática y hormonal y el transporte del oxígeno (Latham, 2002). La FAO establece que la IDR para el Ca es de 0.4g y 0.7g de calcio para adultos y niños respectivamente, y 1 g de calcio para mujeres embarazadas y madres lactantes (Latham, 2002), ~~requerimiento~~ cantidad que cubren en un porcentaje mayor a 100 cuatro de las especies de quelites analizadas; la única

excepción fue la especie *Tauschia madreensis* cuyo contenido de Ca se encuentra por debajo de las recomendaciones diarias (0.36g/100g)(Ver Tabla 3.4), en el caso de la IDS para la población mexicana, se cumple para cuatro de las especies de quelites, aportando cantidades superiores a 1.3g de Ca (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015), valor correspondiente a mujeres de 9-18 años (Ver Tabla 3.3), grupo con la IDS más elevada, únicamente la especie *Tauschia madreensis* no cubre este valor En el caso del fósforo, la IDR se encuentra entre 0.4g (niños de 1 a 3 años) y 1.25g (adolescentes y mujeres embarazadas o en periodo de lactancia) (NIH, 2022) , por lo que las cinco especies de quelites analizadas cubren al menos el 100% de la recomendación, para el caso de la IDR para la población mexicana, el valor reportado corresponde a 1.25g (para adolescentes) (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015)por lo que las cinco especies cubren la IDR. .

El magnesio es importante como nutrimento debido a que regula la función de los músculos y el sistema nervioso, los niveles de glucosa en la sangre y la presión sanguínea. Además, ayuda a formar proteína, masa ósea y ADN (el material genético presente en las células) (NIH, 2022). La IDR para este nutrimento inorgánico es de 0.08g (para niños) mientras que para adultos corresponde a 0.420g (para hombres) y 0.320g (para mujeres) (NIH, 2022), los datos experimentales muestran que las especies *Arracacia edulis* (0.41g/100g) y *Phacelia platycarpa*(0.38g/100g), no presentan el contenido suficiente para cubrir la recomendación para hombres (adultos), mientras que la especie *Tauschia madreensis* (0.22g/100g), no cubre la recomendación en adultos (hombres y mujeres), valor que cubre la recomendación en niños. Los valores reportados de IDR para la población mexicana en el caso del magnesio corresponden a 0.360g (para hombres) y 0.320g (para mujeres), ambos valores corresponden a los más elevados reportados por Kaufer-Howitz(2015) (Ver Tabla 3.3) en este caso únicamente la especie *Tauschia madreensis* no cubriría el valor de IDR, sin embargo las cinco especies de quelites analizadas poseen, al menos 0.2 g de magnesio.

En el caso del hierro, la IDR es de entre 7mg (niños de 1-3 años) y 27 mg (mujeres embarazadas) (NIH, 2022), los valores de la IDS para la población mexicana corresponden a 28mg para mujeres embarazadas, 25mg para mujeres lactantes y 22mg para adolescentes (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015), los grupos mencionados poseen los valores de IDS más elevados reportados en la Tabla 3.3. El contenido de Fe en los quelites estudiados fue mayor a 50 mg a excepción de la especie de *Arracacia edulis* en la que se encontró una cantidad menor (13.46 mg) (Ver Tabla 3.5); no obstante, cuatro de las cinco especies analizadas cubren con al menos el 200% de la ingesta recomendada. La principal función biológica del hierro es el transporte de oxígeno a varios sitios del cuerpo, por lo que la mayor parte del hierro corporal está presente en los glóbulos rojos, sobre todo como componente de la hemoglobina. También se encuentra en la mioglobina, compuesto que se halla por lo general en los músculos, y como ferritina que es el hierro almacenado, de modo especial en hígado, bazo y médula ósea, además de pequeñas cantidades adicionales ligadas a la proteína en el plasma sanguíneo y en las enzimas respiratorias (Latham, 2002). La carencia de hierro (anemia) es una causa muy común de enfermedad en todas partes del mundo, además debe considerarse que el hierro en los alimentos se absorbe pobremente (Latham, 2002); por ello debe considerarse su mecanismo de absorción debido a que existen dos tipos de hierro dietético: hierro hemo y hierro no-hemo (WHO, 2022). En la dieta humana, el hierro hemo se obtiene del consumo de carne, aves y pescado, mientras que el hierro no hemo se obtiene de cereales, legumbres, frutas y vegetales, siendo el hierro hemo el que posee mejor capacidad de absorción en el organismo (NIH, 2022). Es por esta la razón que en dietas basadas en vegetales se recomienda (NIH, 2022) consumir el doble de la cantidad especificada en la IDR, condición que de igual manera cubren cuatro de las cinco especies de quelites analizadas.

La IDR del manganeso va de 1.2 a 2.6 mg de acuerdo con el sexo y la edad (NIH, 2022). Las cinco especies de quelites estudiadas (Ver Tabla 3.5) cubren, al menos, 3 veces esta recomendación. En el caso del zinc, la IDR se encuentra entre 3mg (niños de 1 a 3 años) y 12 mg (Mujeres embarazadas y amamantando) (NIH, 2022);

de acuerdo con este valor, en el caso de IDS para la población mexicana, los valores elevados corresponden a mujeres embarazadas y lactantes con 14 y 16mg respectivamente (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015) (Ver Tabla 3.3), las cinco especies de quelites cubren esta recomendación. Las especies *Arracacia edulis* y *Tauschia madreensis* mostraron el menor contenido de este mineral (4.42 y 7.53 mg/100g, respectivamente), mientras que para el caso de *Amaranthus retroflexus* el valor obtenido correspondió al contenido más elevado: 47.1 mg/100g (Ver Tabla 3.5).

La Tabla 3.6 presenta el contenido de nutrimentos inorgánicos de siete especies vegetales de hojas de consumo frecuente que fueron seleccionadas para comparar el aporte nutrimental ((USDA), 2021) .

Tabla 3.6 Contenido de nutrimentos inorgánicos en siete especies vegetales de hoja								
Vegetal	Potasio <sup>a</sup>	Calcio <sup>a</sup>	Magnesio <sup>a</sup>	Fósforo <sup>a</sup>	Sodio <sup>a</sup>	Hierro <sup>b</sup>	Manganeso <sup>b</sup>	Zinc <sup>b</sup>
Col	0.27	0.51	0.15	0.33	0.23	0.001	2.046	2.302
Coliflor	3.77	0.28	0.19	0.55	0.38	0.001	1.955	3.405
Brócoli	2.95	0.44	0.20	0.62	0.31	0.001	1.963	3.832
Lechuga, romana	4.58	0.61	0.26	0.56	0.15	0.002	2.876	4.264
Lechuga, hoja verde	3.86	0.72	0.26	0.58	0.56	0.002	4.980	3.586
Lechuga, Iceberg	3.23	0.41	0.16	0.46	0.23	0.001	2.867	3.440
Espinaca	6.49	1.15	0.92	0.57	0.92	0.003	10.430	6.136
<sup>a</sup> Contenido en g/100g								
<sup>b</sup> Contenido en mg/100g								
Fuente: USDA (2016)								

El contenido de calcio en las siete especies de vegetales de hoja seleccionadas supera únicamente al encontrado en la especie *Tauschia madreensis*, (Ver Tabla 3.4) mientras las cuatro especies restantes de quelites superaron el contenido de este nutrimento en comparación con las especies vegetales de consumo común. El contenido de potasio y sodio es más elevado en las especies vegetales en comparación con los quelites estudiados, mientras que el contenido de fósforo supera únicamente al contenido presente en la especie *Tauschia madreensis*. En el caso del magnesio, la espinaca es el único vegetal que presenta valores más

elevados que las especies de quelites *Tauschia madrensis*, *Arracacia edulis* y *Phacelia platycarpa* (Ver tablas 3.6 y 3.4). Con respecto al aporte de Fe y Zn reportado ((USDA), 2021) en los vegetales de hoja seleccionados, este es menor que el cuantificado experimentalmente en las cinco especies de quelites, mientras que, para el caso del manganeso, únicamente el valor reportado para la espinaca (10.43) supera a los valores obtenidos para *Phacelia platycarpa* (8.64) y *Amaranthus palmeri* (6.50).

En la Tabla 3.7 se muestran los resultados obtenidos en la cuantificación de aminoácidos en las cinco especies de quelites analizadas. Para la especie *T. madrensis* los aminoácidos más abundantes fueron aspártico y glutámico, para *P. platycarpa* fueron aspártico, glicina, alanina, leucina, mientras que para *A.edulis* fueron los aminoácidos aspártico, glutámico, glicina y arginina; *A.palmeri* presentó la mayoría de los aminoácidos en buena cantidad excepto histidina, cisteína y metionina. En el caso de *A. retroflexus* se observaron bajas cantidades de aspártico, tirosina, lisina y arginina. Es importante mencionar que el triptófano tanto en *A. palmeri* como en *A. retroflexus*, se encuentra en mayor cantidad que en las otras tres especies de quelites.

Tabla 3.7 Comparación del contenido de aminoácidos en las cinco especies de quelites					
Aminoácidos no esenciales (g de aminoácido / 100g de muestra)	Quelite (especie)				
	<i>Tauschia madrensis</i>	<i>Phacelia platycarpa</i>	<i>Arracacia edulis</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>
<b>Alanina</b>	0.552 <sup>a</sup>	0.703 <sup>a b</sup>	0.649 <sup>a b</sup>	1.171 <sup>c</sup>	0.751 <sup>a b</sup>
<b>Arginina</b>	0.360 <sup>a</sup>	0.488 <sup>a b</sup>	0.899 <sup>c</sup>	1.406 <sup>d</sup>	0.333 <sup>a b</sup>
<b>Asparagina</b>	1.343 <sup>b</sup>	1.365 <sup>b c</sup>	2.121 <sup>d</sup>	1.075 <sup>b c</sup>	0.030 <sup>a</sup>
<b>Cisteína</b>	0.039 <sup>b</sup>	0.014 <sup>a b</sup>	0.098 <sup>c</sup>	0.012 <sup>a b</sup>	0.760 <sup>d</sup>
<b>Glutamina</b>	0.928 <sup>b</sup>	0.137 <sup>a</sup>	1.518 <sup>c</sup>	2.039 <sup>c</sup>	0.855 <sup>b</sup>
<b>Glicina</b>	0.551 <sup>a</sup>	1.387 <sup>b</sup>	0.736 <sup>a c</sup>	0.945 <sup>a b c</sup>	2.103 <sup>d</sup>
<b>Prolina</b>	0.478 <sup>a</sup>	0.486 <sup>a b</sup>	0.582 <sup>a b</sup>	1.027 <sup>c</sup>	1.073 <sup>c</sup>
<b>Serina</b>	0.577 <sup>a</sup>	0.644 <sup>a</sup>	0.778 <sup>b</sup>	0.841 <sup>c</sup>	1.674 <sup>c</sup>
<b>Tirosina</b>	0.366 <sup>b</sup>	0.408 <sup>b</sup>	0.508 <sup>b c</sup>	0.674 <sup>c</sup>	0.030 <sup>a</sup>
Aminoácidos esenciales (g de aminoácido / 100g de muestra)					
<b>Histidina</b>	0.190 <sup>a</sup>	0.253 <sup>b</sup>	0.283 <sup>b c</sup>	0.274 <sup>b c</sup>	0.951 <sup>d</sup>
<b>Isoleucina</b>	0.224 <sup>a</sup>	0.310 <sup>a b</sup>	0.421 <sup>b</sup>	0.772 <sup>c</sup>	0.817 <sup>c</sup>
<b>Leucina</b>	0.555 <sup>a</sup>	0.751 <sup>a b</sup>	0.683 <sup>a b</sup>	1.557 <sup>c</sup>	0.407 <sup>a</sup>
<b>Lisina</b>	0.453 <sup>b</sup>	0.500 <sup>b c</sup>	0.558 <sup>b c</sup>	1.017 <sup>d</sup>	0.061 <sup>a</sup>

<b>Metionina</b>	0.117 <sup>a</sup>	0.106 <sup>a</sup>	0.361 <sup>a</sup>	0.306 <sup>a</sup>	0.477 <sup>a</sup>
<b>Fenilalanina</b>	0.442 <sup>a</sup>	0.607 <sup>b</sup>	0.607 <sup>b</sup>	1.148 <sup>c</sup>	1.009 <sup>c</sup>
<b>Treonina</b>	0.359 <sup>a</sup>	0.53 <sup>a c</sup>	0.607 <sup>a b d</sup>	0.895 <sup>b c d</sup>	0.465 <sup>a b</sup>
<b>Triptófano</b>	0.143 <sup>b</sup>	0.118 <sup>a</sup>	0.196 <sup>c</sup>	0.217 <sup>d</sup>	0.290 <sup>e</sup>
<b>Valina</b>	0.324 <sup>a</sup>	0.479 <sup>a b</sup>	0.353 <sup>a b c</sup>	0.999 <sup>d</sup>	0.627 <sup>a b c</sup>
<b>Total</b>	8.00 <sup>a</sup>	9.29 <sup>a</sup>	11.96 <sup>b</sup>	16.37 <sup>c</sup>	12.68 <sup>b</sup>
Los resultados muestran el promedio de triplicado $\pm$ D.E., C.V. < 5 %.					
La concentración de aminoácidos con literal diferente, es significativamente diferente según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ )					

Por otro lado, se observa que el total de la suma de los aminoácidos es mayor en *A. palmeri* (16.37 g), respecto a los otros quelites, mientras *A. edulis* y *A. retroflexus* presentaron un valor similar (12 g aproximadamente); las dos especies restantes presentaron los valores más bajos (8.00g para *Tauschia madrensis* y 9.29 g para *Phacelia platycarpa*).

Posteriormente se realizó la comparación del contenido de proteína cruda y proteína verdadera, para cada especie de quelites, con el fin de diferenciar el contenido de nitrógeno proteico del no proteico, así mismo el contenido de proteína verdadera se comparó con la suma de aminoácidos cuantificados, para cada especie y así observar diferencias entre el contenido de proteína verdadera y el valor obtenido de la suma de aminoácidos para cada especie (Ver Tabla 3.7). En los resultados se observa que el contenido de proteína cruda es entre 2 y 7% más alto en comparación con el contenido de proteína verdadera. Por otro lado, el contenido de proteína verdadera fue mayor entre 3 y 4% con respecto a la cantidad total de aminoácidos que se cuantificó de manera experimental; dicha diferencia probablemente se debe a la pérdida de aminoácidos durante la hidrólisis previa al análisis de la muestra mediante cromatografía de líquidos, únicamente en el caso de *A. palmeri* se observa una diferencia inferior (0.14%) entre ambos valores, es importante mencionar que no debe descartarse la presencia de aminoácidos no proteicos que aunque estuviesen presentes en las muestras analizadas, no se cuantificaron con los métodos empleados en el presente trabajo, y que podrían disminuir la diferencia existente entre los valores obtenidos para proteína verdadera y la suma de aminoácidos.

**Tabla 3.8 Contenido de proteína cruda, verdadera y contenido total aminoácidos presente en cada especie de quelite (g/100g de muestra en base seca).**

Quelite (especie)	Proteína cruda	Proteína Verdadera	Aminoácidos	Proteína digestible
<i>Tauschia madrensis</i>	14.96	12.68	8.00	6.96
<i>Phacelia platycarpa</i>	14.65	12.66	9.29	6.59
<i>Arracacia edulis</i>	21.07	16.83	11.96	11.38
<i>Amaranthus palmeri</i>	22.80	16.50	16.37	12.42
<i>Amaranthus retroflexus</i>	20.60	15.91	12.68	11.72

Los resultados muestran el promedio de triplicado  $\pm$  D.E., C.V. < 5 %.  
 La concentración de aminoácidos con literal diferente, es significativamente diferente según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ )

Como puede observarse en la Tabla 3.9 las cinco especies de quelites poseen los aminoácidos esenciales de acuerdo con el patrón de referencia FAO/WHO/ONU, sin embargo, la calificación química de la proteína se otorga con base al porcentaje que cubre el aminoácido limitante (menor proporción), por lo que se observó que *A. palmeri* obtuvo la mejor calificación (53.16), mientras que *A. retroflexus* obtuvo la calificación más baja (5.24), tres especies de quelites analizadas, presentaron como aminoácido limitante al grupo de los Aminoácidos azufrados (cisteína y metionina), correspondientes a *Tauschia madrensis* (49.21), *Phacelia platycarpa* (37.91) y *Amaranthus palmeri* (53.16), mientras que la especie *Arracacia edulis* (51.16) presentó como aminoácido limitante valina y *Amaranthus retroflexus* (5.24) lisina.

El contenido de proteína digestible se determinó mediante la utilización de un ensayo *in-vitro*. La digestibilidad de la proteína se define como la proporción de proteína ingerida que se hidroliza en aminoácidos, dipéptidos y tripéptidos, que están disponibles para su absorción (Adhikari, Shop, de Boer, & Huppertz, 2022). Los datos generados (Tabla 3.8) nos proporcionan un valor estimado del contenido de proteína que es potencialmente asimilable en las especies de quelites analizadas. Al comparar el contenido de proteína verdadera con el de proteína digestible, se observó que las muestras *Tauschia madrensis*, *Phacelia platycarpa*, y *Arracacia edulis* obtuvieron valores de proteína digestible de 6.96, 6.59 y 11.38; en otras palabras, el 54.89%, 52.05% y 67.61% de la proteína verdadera

cuantificada para estas especies es digestible. Las especies *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus retroflexus* presentaron un contenido de proteína digestible de 12.42 y 11.72, es decir, la proteína se asimila 75.27% y 73.66%, respectivamente, siendo estas especies las que obtuvieron el porcentaje de digestibilidad más elevado de las cinco especies analizadas. En el caso de las cinco especies de quelites analizadas, presentan porcentajes de digestibilidad superiores a 50%, sin embargo, la información que aporta es limitada, ya que no toda la proteína que se asimila se destina a la síntesis de proteínas corporales, es decir, una parte de los aminoácidos se catabolizarán, por lo que para conocer de manera certera el porcentaje potencialmente aprovechable en la síntesis de proteínas corporales, es necesario realizar estudios de biodisponibilidad que involucren la digestibilidad, integridad química y ausencia de interferencias metabólicas (Martínez-Agustín & Martínez de Victoria-Muñoz, 2006). Desde el punto de vista práctico, el aspecto más importante en la biodisponibilidad de aminoácidos y proteínas es su digestibilidad, es decir, su utilización digestiva, aunque los otros dos aspectos también son relevantes. Así, las modificaciones en la integridad química de los aminoácidos, por ejemplo, tras un tratamiento térmico, afecta a su disponibilidad. Por último, las interferencias metabólicas son importantes ya que las proteínas en los alimentos están acompañadas de otros componentes que pueden afectar su disponibilidad como los alcaloides, fitoestrógenos, bociógenos, hemaglutininas, etc. (Martínez-Agustín & Martínez de Victoria-Muñoz, 2006).

**Tabla 3.9 Calificación química de los aminoácidos esenciales presentes**

Aminoácido	Patrón de aminoácidos para niños (1-2años) FAO/WHO/ONU (2007) (mg/g proteína)	Porcentaje de requerimiento cubierto por aminoácido				
		Quelite (especie)				
		<i>Tauschia madrensis</i>	<i>Phacelia platycarpa</i>	<i>Arracacia edulis</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>
Histidina	<b>18</b>	83.25	100.00	93.42	63.61	100.00
Isoleucina	<b>31</b>	56.99	78.99	80.69	100.00	100.00
Leucina	<b>63</b>	69.48	94.16	64.42	100.00	28.88
Lisina	<b>52</b>	68.70	75.95	63.76	81.73	5.24

Treonina	<b>27</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	76.99
Triptófano	<b>7</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Valina	<b>41</b>	62.32	92.28	51.16	100.00	68.36
SAA (Cisteína + Metionina)	<b>25</b>	49.21	37.91	100.00	53.16	100.00
TAA (Fenilalanina + Tirosina)	<b>46</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Como puede observarse (Tabla 3.9), las muestras *T. madrensis*, *P. platycarpa* y *A. palmeri* presentaron la menor proporción de aminoácidos azufrados (SAA, Cisteína y Metionina) en comparación con el patrón de referencia de la FAO, mientras que *A. retroflexus* presentó deficiencia en el contenido de lisina, y *A. edulis* en valina. La mayoría de los aminoácidos cuantificados, cubren el patrón de referencia en porcentajes superiores a 30% (Ver Tabla 3.9), únicamente en el caso de *A. retroflexus*, cubre el 28.8% de leucina y el 5.24% de lisina, ambos porcentajes presentan la mayor deficiencia de aminoácidos de las cinco muestras analizadas.

El término calidad química de la proteína se refiere a la capacidad de una proteína para dar lugar a proteínas corporales y puede evaluarse a través de varios indicadores entre los que se encuentra la calificación química de la proteína, que es la proporción en que se encuentra un aminoácido indispensable limitante (el que se encuentra en menor proporción), con respecto al patrón de referencia establecido por FAO/OMS (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015).

Los seres humanos obtenemos los nutrimentos a través de los alimentos, por ello la forma de evaluar la alimentación es a través de la dieta (conjunto de alimentos consumidos en un día), la forma habitual de consumo de alimentos para los seres humanos es en forma de platillos elaborados con una combinación de alimentos (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, & Arroyo-Acevedo, 2015). En el caso de la dieta rarámuri, los quelites se consumen en platillos elaborados con cebolla y aceite (Ver Sección 1.5) generalmente acompañados de frijol y tortillas de maíz, por lo que debe

tomarse en cuenta el aporte nutricional de aminoácidos de estos alimentos en conjunto.

Kaufer-Horwitz (2015) reporta la calificación química de algunos cereales y leguminosas (entre ellos maíz y frijol) de manera individual y en algunas combinaciones con proporciones definidas que se enlista en la Tabla 3.10

<b>Tabla 3.10 Calificación química de algunos cereales y leguminosas</b>		
<b>Origen de la proteína</b>	<b>Aminoácido limitante</b>	<b>Calificación química (%)</b>
<b>Cereales</b>		
<b>Maíz</b>	Lisina, Triptófano	49
<b>Arroz</b>	Lisina	77
<b>Trigo</b>	Lisina	52
<b>Leguminosas</b>		
<b>Frijol</b>	Azufrados	55
<b>Soya</b>	Azufrados	74
<b>Garbanzo</b>	Azufrados, Triptófano	63
<b>Haba</b>	Azufrados, Triptófano	44
<b>Lenteja</b>	Azufrados	49
<b>Combinación cereal/leguminosa</b>		
<b>Maíz-Frijol (7:3) <sup>a</sup></b>	Azufrados	80
<b>Maíz- Haba (8:2)</b>	Azufrados	80
<b>Trigo- Garbanzo (6:4)</b>	Lisina	89
<b>Trigo-Lenteja (7:3)</b>	Lisina	86
<b>Arroz-Frijol (9:1)</b>	Lisina	91
<b>Arroz-Haba (9:1)</b>	Lisina	90
<b><sup>a</sup> Los números entre paréntesis indican la proporción de cereal y leguminosa en cada mezcla.</b>		
<b>Fuente. (Kaufer-Horwitz, Pérez-Lizaur, &amp; Arroyo-Acevedo, 2015)</b>		

La Tabla 3.10 muestra que el maíz cubre un 49% del patrón de referencia, teniendo como aminoácidos limitantes lisina y triptófano, mientras que el frijol cubre un 55% del patrón de referencia y es limitado en azufrados, en el caso de la combinación maíz -frijol que combinados cubren el 80% del patrón de referencia y tienen como limitante a los aminoácidos azufrados, en este caso puede observarse que la

calificación química de los alimentos mejora (cubre un mayor porcentaje del patrón de referencia) al combinarse (cereal-leguminosa) aunque se mantenga el aminoácido limitante, esta combinación maíz-frijol es un ejemplo de complementación proteica, las leguminosas son deficientes en aminoácidos azufrados, pero son ricas en lisina, mientras que el maíz deficiente en lisina contiene aminoácidos azufrados (Hernández, Acevedo, & Gálvez, 2020). En el caso de los quelites analizados tres especies (*Tauschia madrensis* (49.21%), *Phacelia platycarpa* (37.91%) y *Amaranthus palmeri* (53.16%)) presentan como aminoácido limitante a los azufrados (metionina y cisteína), sin embargo éstos se consumen generalmente acompañados de tortillas de maíz, alimento que puede generar una complementación en el contenido de aminoácidos similar a la combinación maíz-frijol, en el caso de la especie *Arracacia edulis*, presenta como aminoácido limitante a valina (51.16%), en este caso podría complementarse combinando su consumo con maíz (tortilla) ya que los cereales se consideran fuente de valina (Belitz, 2009), a la especie *Amaranthus retroflexus* presenta el menor porcentaje de requerimiento cubierto para las cinco especies de quelites analizadas con un 5.24%, correspondiente al aminoácido lisina, deficiencia que puede compensarse mediante la ingesta de leguminosas como el frijol considerado fuente de este aminoácido (Hernández, Acevedo, & Gálvez, 2020).

Los datos reportados en las Tablas 3.9 y 3.10, muestran como la triada mesoamericana (maíz, frijol y calabaza) combinada con el consumo de quelites, podría mejorar la calidad de la proteína, enriqueciendo la dieta tradicional rarámuri.

Para realizar una comparación entre el aporte de aminoácidos de las especies de quelites analizadas y los vegetales seleccionados de consumo frecuente se emplearon los valores reportados en la literatura ((USDA), 2021) que se presentan en la Tabla 3.11 en donde también se muestran los parámetros de calidad de la proteína.

**Tabla 3.11 Contenido de aminoácidos y parámetros de calidad de proteína en siete especies vegetales de hoja**

Aminoácidos no esenciales (g de aminoácido / 100g de muestra)	Vegetal de hoja (especie)						
	Col	Coliflor	Brócoli	Lechuga romana	Lechuga hoja verde	Lechuga iceberg	Espinaca
<b>Alanina</b>	0.54	1.46	0.97	1.04	1.12	0.57	1.65
<b>Arginina</b>	0.96	1.08	1.79	1.00	1.41	0.34	1.88
<b>Asparagina</b>	1.56	2.23	3.04	2.58	2.83	2.87	2.79
<b>Cisteína</b>	0.14	0.25	0.26	0.11	0.32	0.11	0.41
<b>Glutamina</b>	3.76	3.24	5.07	3.30	3.63	4.45	3.99
<b>Glicina</b>	0.38	0.90	0.83	0.91	1.14	0.34	1.56
<b>Prolina</b>	0.61	0.90	1.03	0.83	0.96	0.23	1.30
<b>Serina</b>	0.68	1.08	1.13	0.93	0.78	0.57	1.21
<b>Tirosina</b>	0.24	0.64	0.47	0.46	0.64	0.16	1.26
<b>Aminoácidos esenciales (g de aminoácido / 100g de muestra)</b>							
<b>Histidina</b>	0.28	0.71	0.55	0.39	0.44	0.21	0.74
<b>Isoleucina</b>	0.38	0.90	0.74	0.83	1.67	0.41	1.71
<b>Leucina</b>	0.52	1.34	1.21	1.41	1.57	0.57	2.59
<b>Lisina</b>	0.56	2.74	1.26	1.19	1.67	0.55	2.02
<b>Metionina</b>	0.15	0.25	0.36	0.28	0.32	0.11	0.62
<b>Fenilalanina</b>	0.41	0.82	1.09	1.21	1.10	0.53	1.50
<b>Treonina</b>	0.45	0.96	0.82	0.80	1.18	0.57	1.42
<b>Triptófano</b>	0.14	0.25	0.31	0.19	0.18	0.21	0.45
<b>Valina</b>	0.54	1.58	1.17	1.02	1.39	0.55	1.87
<b>Total</b>	12.84	22.79	23.07	19.52	23.47	13.92	30.62
<b>Parámetros de calidad de proteína</b>							
Aminoácido limitante	Leucina	SAA <sup>a</sup>	Leucina	SAA	Histidina	Triptófano	Triptófano
Score químico	65.09	100	100	65.19	100	5.95	7.13
<sup>a</sup> SAA (cisteína+metionina)							
Fuente: ((USDA), 2021)							

Las especies vegetales seleccionadas para comparar reportan la presencia de todos los aminoácidos que integran el perfil determinado de manera experimental para el análisis de las especies de quelites, sin embargo, no se cuenta con datos que aporten información respecto al contenido de proteína verdadera. En las especies *Tauschia madreensis*, *Phacelia platycarpa*, *Arracacia edulis* y *Amaranthus retroflexus* el contenido total de aminoácidos es menor al correspondiente a la col

que es el vegetal con el menor valor de los siete reportados; únicamente *Amaranthus palmeri* supera a los valores reportados para col y lechuga iceberg, pese a que no supera los valores reportados para los cuatro vegetales restantes.

La información referente a los parámetros de calidad de la proteína corresponde a la calificación química. Para tres de los vegetales seleccionados (coliflor, brócoli y lechuga hoja verde) se obtuvo un valor de 100 descartando la presencia de aminoácido limitante indicando que, de acuerdo con su composición, se trata de proteínas de buena calidad. Por su parte, la col tiene como aminoácido limitante a la leucina, mientras que la lechuga romana, al igual que *T.madrensis*, *P.platycarpa* y *A. palmeri* presenta como aminoácidos limitantes a los aminoácidos azufrados (SAA, cisteína y metionina); tanto la lechuga iceberg como la espinaca obtuvieron los valores de calificación química más bajos con el triptófano como aminoácido limitante. La calificación química obtenida por *Amaranthus retroflexus* (5.24) presentó una calificación química cercana a la reportada para lechuga iceberg (5.95). Es importante mencionar que, en el caso de los vegetales seleccionados, el valor más elevado para la suma de aminoácidos corresponde a la espinaca, que a su vez presenta uno de los valores más bajos de clasificación química de la proteína (7.13), es decir, posee el mejor aporte proteico, pero no puede considerarse de buena calidad, así mismo, es un valor inferior a cuatro de las cinco especies de quelites analizadas (solo supera a *Amaranthus retroflexus*).

Debido a la presencia de minerales importantes desde el punto de vista nutricional, se determinó la presencia de factores anti nutricionales que impactaran de manera negativa en su absorción, en este caso nitratos y oxalatos.

Los resultados obtenidos para cada determinación se presentan en la Tabla 3.12. En cuanto al contenido de oxalatos, se observó que las especies de *Amaranthus* presentan los valores más elevados (7.46 y 6.24%), no obstante, las cinco muestras analizadas presentan valores inferiores a 10%, porcentaje considerado potencialmente tóxico (Noonan & Savage, 1999).

**Tabla 3.12 Comparación entre el contenido de factores anti nutricionales presente en cada una de las muestras de quelites**

Parámetro	Quelite (Especie)				
	<i>Tauschia madrensis</i>	<i>Phacelia platycarpa</i>	<i>Arracacia edulis</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Amaranthus retroflexus</i>
<b>Oxalatos (g/100g)</b>	0.23 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>	1.46 <sup>c</sup>	7.46 <sup>e</sup>	6.24 <sup>d</sup>
<b>Nitratos (mg/100g)</b>	15.08 <sup>a</sup>	70.91 <sup>c</sup>	177.46 <sup>e</sup>	134.55 <sup>d</sup>	40.62 <sup>b</sup>
Los resultados muestran el promedio de triplicado $\pm$ D.E., C.V. < 5 %. La concentración de aminoácidos con literal diferente, es significativamente diferente según la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ )					

Los alimentos vegetales son la principal fuente de oxalato dietético, alimentos como ruibarbo, espinaca, betabel, nueces, pimienta, chocolate, plátano, frijoles secos, té, café, perejil, apio y salvado de trigo han sido identificados como las principales fuentes dietéticas (Noonan & Savage, 1999). Los oxalatos presentes en alimentos vegetales tienen impacto negativo en la salud humana actuando como anti nutriente, como toxina y en la formación de cálculos renales de oxalato de calcio (Franceschi & Nakata, 2005). Desde el punto de vista nutricional se consideran factores anti nutricionales, debido a que afectan de manera directa la biodisponibilidad de los minerales presentes en los alimentos (principalmente calcio, hierro y magnesio), impidiendo su absorción. Se cree que el ácido oxálico, particularmente el oxalato de calcio insoluble, cumple una serie de funciones (protección contra herbívoros y resistencia al parasitismo, así como funciones estructurales), algunas de las cuales pueden haber sido adaptaciones evolutivas posteriores a las funciones básicas como la regulación del calcio y la desintoxicación de metales potencialmente tóxicos como el aluminio, y tiende a presentarse en concentraciones más altas en las partes con hojas de las verduras que en las raíces o los tallos (Reyers & Naudé, 2012).

El oxalato vegetal se presenta en forma soluble (ácido oxálico, oxalato ácido u oxalato) y oxalato de calcio insoluble (solubilidad de solo 6 mg/L o 6 ppm) a pH neutro. En la mayoría de los casos los cristales de oxalato de calcio no se absorben en el torrente sanguíneo y permanecen en gran parte sin disolver dentro del tracto

digestivo y, por lo tanto, no ejercen toxicidad sistémica. Son las formas solubles las que plantean la amenaza inmediata de toxicosis. Hay que tener en cuenta que el oxalato de calcio altamente insoluble (a pH neutro) se vuelve razonablemente soluble cuando se expone al pH típico del contenido gástrico ( $<2$ ) (Reyers & Naudé, 2012), sólo entre el 2 y 12% del oxalato dietético se absorbe de los alimentos, sin embargo, vez absorbido, el oxalato libre se une a los iones de calcio para formar oxalato de calcio insoluble, siendo ésta la fracción que ejerce toxicidad sistémica, puesto que el oxalato libre y el calcio pueden precipitarse en la orina y formar cálculos renales (Noonan & Savage, 1999). Los oxalatos vegetales rara vez están presentes únicamente como formas solubles o insolubles, es decir, por lo general se encuentran en proporciones variables de cada uno (Reyers & Naudé, 2012). Por ejemplo, el amaranto en grano posee 0.46 g/kg de oxalato soluble que representa el 20 % del total de oxalatos (es decir, el 80 % (1.83 g/kg) está presente como oxalatos cristalinos insolubles); el taro posee 2.36 g/kg de oxalato soluble (58% del total de oxalatos) y la espinaca contiene 7.37 g/kg de oxalato soluble que representa el 77% del total de oxalatos (Reyers & Naudé, 2012). Noonan & Savage (1999) recomiendan consumir con moderación alimentos ricos en oxalatos para garantizar una ingesta óptima de minerales de la dieta, argumentando que algunos alimentos poseen un alto contenido de calcio y otros nutrimentos inorgánicos, no obstante, la cantidad disponible de los mismos puede limitarse debido a la presencia de los oxalatos. El efecto adverso de los oxalatos es mayor si la relación oxalato: calcio supera una proporción 9:4, esta proporción puede variar ampliamente y de acuerdo con ella los alimentos puede clasificarse en tres grupos: (1) alimentos con una proporción mayor a dos (espinaca, ruibarbo, hojas y raíz de betabel, cacao); (2) plantas con una proporción de aproximadamente uno (papa, amaranto, grosella); y (3) plantas con proporción inferior a uno (lechuga, col, coliflor, ejotes, chícharos). La Tabla 3.13 muestra el contenido de calcio y la proporción calcio: oxalato, en algunos alimentos que pueden clasificarse en estos tres grupos.

**Tabla 3.13 Contenido de oxalatos, calcio y relación oxalato/calcio en algunos alimentos y su clasificación de acuerdo con su relación oxalato/calcio: grupo 1, >2.0; grupo 2, 1.0-2.0; grupo 3, <1.0.**

Alimento	Contenido de Oxalato (mg/100g BH)		Calcio (mg/100g BH)		Oxalato/ calcio (mEq)
	Intervalo	media	Intervalo	media	
<b>Grupo 1</b>					
<b>Betabel (<i>Beta vulgaris</i>)</b>	121-450	275	121-450	275	5:90
<b>Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)</b>	910-1679	1294	13-236	125	4:26
<b>Espinaca (<i>Spinacia oleracea</i>)</b>	320-1260	970	80-122	101	4:27
<b>Café (<i>Coffea arabica</i>)</b>	50-150	100	10-15	12	3:70
<b>Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)</b>	500-900	700	100-150	125	2:49
<b>Grupo 2</b>					
<b>Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)</b>	20-141	80	10-34	22	1:62
<b>Amaranto (<i>Amaranthus polygonoicles</i>)</b>	1586	-	595	-	1:18
<b>Té (<i>Thea chinensis</i>)</b>	300-2000	1150	400-500	450	1:14
<b>Amaranto (<i>Amaranthus tricolor</i>)</b>	1087	-	453	-	1:07
<b>Grupo 3</b>					
<b>Manzana (<i>Malus spp.</i>)</b>	0-30	15	5-15	10	0:67
<b>Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>)</b>	5-35	20	10-20	15	0:58
<b>Col (<i>Brassica oleracea</i>)</b>	0-125	60	200-300	250	0:11
<b>Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)</b>	5-20	12	73-90	81	0:07
Fuente: Noonan & Savage (1999)					

Como ejemplo de lo anterior se puede tomar a la espinaca, un alimento rico en calcio (80–122 mg/100 g BH), sin embargo, debido a su alto contenido de oxalato (970 mg/100 g BH), la disponibilidad del calcio es casi insignificante; asimismo, la disponibilidad de magnesio, hierro, sodio, potasio y fósforo también puede verse restringida. Por su parte, las especies de amaranto se sitúan en el grupo 2 por lo que se estima que el impacto negativo de los oxalatos respecto al contenido de minerales sea menor que en un alimento como la espinaca.

Noonan (1999) menciona que el proceso de cocción o remojo de los alimentos vegetales con un alto contenido de oxalatos resulta en una disminución de su contenido, resaltando que el consumo ocasional de alimentos ricos en oxalatos como parte de una dieta mixta no plantea problemas de salud.

Respecto al contenido de nitratos, la Tabla 3.12 muestra los valores obtenidos de manera experimental. Puede observarse que *Arracacia edulis* y *Amaranthus palmeri* presentaron los valores más elevados (177.46 y 134.55 mg/100g, respectivamente), sin embargo no superan el valor límite de 235 mg/día, calculado para una persona de 64 kg (Noonan & Savage, 1999).

El nitrato es un nutriente esencial para las plantas, lo que convierte a los vegetales en la fuente más importante de nitratos para los humanos a través de su acumulación. Se ha estimado que los vegetales contribuyen hasta en un 92% de la exposición humana a los nitratos (Tamme, Reinik, & Roasto, 2010). Los niveles de nitrato presentes en los vegetales de forma natural a través del ciclo del nitrógeno se ven afectados por factores como la especie de planta, las condiciones climáticas y de luz, las características del suelo y el régimen de fertilización. Las plantas jóvenes tienen más probabilidades de tener un mayor contenido de nitratos que las plantas más maduras; así mismo, la acumulación de nitratos en las plantas difiere en gran medida dependiendo de la parte de la planta, de acuerdo con el orden siguiente: pecíolo>hoja>raíz>tallo>inflorescencia>tubérculo>bulbo>fruto>semilla.

La concentración de nitratos en las partes comestibles de los vegetales puede variar enormemente, desde menos de 10 hasta 10,000 mg/kg (Tamme, Reinik, & Roasto, 2010).

Tamme (2010) propuso una clasificación de los alimentos en tres grupos según el contenido de nitratos:

- Grupo 1. Plantas con contenido de nitratos superior a 100 mg/100g: rúcula, lechuga, espinacas, hierbas, betabel, etc.
- Grupo 2. Plantas con contenido medio de nitrato (5–100 mg/100g): zanahoria, alubias verdes, coliflor, cebolla, calabaza, berenjena, papa, etc.
- Grupo 3. Plantas con contenido de nitrato inferior a 5 mg/100g: bayas, frutas, cereales, hortalizas de vaina.

Así mismo, menciona que las hortalizas de hoja verde poseen la tendencia de acumular niveles altos de nitrato que en algunos casos llegan a alcanzar

concentraciones de hasta 6000 mg/kg, como puede observarse en la Tabla 3.14. Algunos vegetales como el rábano, el apio, la lechuga y la espinaca contienen niveles altos de nitratos, y pueden clasificarse dentro del grupo 1.

<b>Tabla 3.14 Estimación del contenido de nitratos y nitritos en algunos alimentos</b>		
<b>Alimento</b>	<b>Nitratos (mg/100 g)</b>	<b>Nitritos (mg/100 g)</b>
<b>Frutas y verduras</b>		
Melón	9.5	0.4
Manzanas y Peras frescas	1.0	0.7
Naranja	2.0	0.0
Tomates	3.2	1.3
Brócoli	34.1	0.9
Col, Coliflor	17.2	1.1
Zanahorias (crudas)	16.7	0.8
Aguacate	2.6	0.8
Rábano	129.8	-
Apio	110.3	-
Lechuga	132.4	-
Acelga	169.0	-
Betabel	144.6	-
Espinaca (cocida)	209.9	-
<b>Tubérculos, plátanos, legumbres y oleaginosas</b>		
Plátanos	1.9	1.8
Papas al horno, hervidas o en puré	14.5	0.7
Frijoles o lentejas crudos	0.8	30.9
Chícharos verdes	17.2	1.0
Nueces	0.6	0.0
Fuente: (Londoño & Gómez, 2020)		

De acuerdo con la clasificación de Tamme (2010) para el contenido de nitratos, las especies *Arracacia edulis*, y *Amaranthus palmeri* se ubican dentro del grupo 1 correspondiente a alimentos como la espinaca y el apio, mientras que las especies *Phacelia paltycarpa*, *Amaranthus retroflexus* y *Tauschia madrensis* se ubican dentro del grupo 2 junto a alimentos como cebolla, calabaza, col y berenjena.

En los últimos años la presencia de nitratos y nitritos en los alimentos ha tomado relevancia debido al riesgo potencial que representa su consumo en relación con el desarrollo de cáncer por la formación de nitrosaminas resultante de la interacción de estos compuestos con el ambiente gástrico o por su exposición a altas temperaturas (Londoño & Gómez, 2020). Sin embargo, no debe desestimarse la capacidad que tienen estos compuestos de derivar en óxido nitroso, esencial para el mantenimiento de la salud cardiovascular y metabólica, además de los beneficios que se le atribuyen en relación con la salud cognitiva, el rendimiento deportivo y potenciales acciones tumoricidas (Londoño & Gómez, 2020).

Los patrones alimentarios más reconocidos con beneficios en torno a la salud humana como es el caso de la dieta mediterránea son particularmente altos en nitratos. Estos hallazgos se deben a que la presencia de nitrato/nitrito en alimentos de origen vegetal se acompaña adicionalmente de inhibidores de la formación de compuestos N-nitrosos y potencializa dores de la formación de óxido nitroso como los polifenoles y algunas vitaminas (E y C) (Londoño & Gómez, 2020).

La preparación de los platillos tradicionales de la cocina rarámuri elaborados con quelites incluye los procesos de remojo y cocción, este modo de preparación reduce el potencial efecto adverso a la salud de oxalatos y nitratos, ya que disminuye su contenido. La ingesta de nitratos y oxalatos que se encuentran naturalmente en alimentos de origen vegetal, como los quelites estudiados en el presente trabajo no supone un riesgo para la salud, y aportan los efectos benéficos que se le atribuyen a la ingesta de vegetales, como un menor riesgo de padecer enfermedades crónicas como diabetes tipo 2 o problemas cardiovasculares (Tamme, Reinik, & Roasto, 2010).

Los cambios en la dieta tradicional hacia una dieta “industrializada”, con alto contenido de grasa, sal y azúcar, son el resultado de una variedad de factores, incluidos la disponibilidad de los alimentos, el ingreso, la conveniencia, la religión, la celebración de festivales, la aculturación, la edad, el país de origen y las creencias alimentarias como las propiedades curativas de algunos alimentos (Gilbert & Khokhar, 2008). A medida que disminuye la calidad nutricional de la dieta, los

grupos étnicos pueden volverse más susceptibles a problemas de salud relacionados con la dieta similares a los que afectan a la población urbana, como la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y la diabetes (Gilbert & Khokhar, 2008).

La rápida urbanización o la migración del campo a la ciudad a menudo conducen a cambios en la dieta y estilos de vida sedentarios, lo que contribuye en gran medida al desarrollo de factores de riesgo cardio-metabólicos como la obesidad, que juega un papel importante en la génesis del síndrome metabólico y de algunas enfermedades crónicas (Moreno-Ulloa, Moreno-Ulloa, & Martínez-Tapia, 2018).

Gilbert (2008) menciona que los principales cambios alimenticios en las etnias latinoamericanas incluyen un mayor consumo de alimentos refinados y una menor ingesta de carbohidratos complejos, los cuales están asociados con el consumo de alimentos procesados más accesibles, generalmente más altos en grasa, sal y azúcar. Una dieta rica en energía, combinada con una actividad física reducida probablemente sea la principal causa de riesgo de enfermedades crónicas, y todas son características significativas de las dietas y el estilo de vida moderno.

La población rarámuri, ha atraído la atención mundial debido a sus capacidades físicas para correr largas distancias (por ejemplo, 160km/24 h), asociándolos a un estilo de vida saludable, donde caminar y correr todos los días es parte del estilo de vida (Moreno-Ulloa, Moreno-Ulloa, & Martínez-Tapia, 2018).

La calidad nutricional de la dieta rarámuri resulta interesante; primero, porque el alto grado de condición física que muestran estos corredores de ultra maratones es difícilmente posible con una dieta crónicamente deficiente (principalmente en proteína), con desnutrición generalizada, y segundo, constituye una dieta nutricionalmente adecuada, baja en colesterol, sodio y grasas saturadas, posibles factores causales y preventivos en el desarrollo de enfermedades coronarias. El principio básico de la dieta rarámuri es que sea más alta en la proporción de alimentos vegetales y baja en la proporción de alimentos de origen animal (Cerqueira, Mc Murry Fry, & Connor, 1979).

## Conclusiones

El conocimiento de los alimentos que componen la dieta tradicional rarámuri constituye una herramienta útil que apoya su preservación, enfatizando su calidad nutricional, y potenciando la futura investigación de compuestos de interés, así como la utilización de sus componentes en el posible desarrollo de nuevos productos alimenticios, que aporten beneficios al consumidor.

La calificación química de la proteína indica que las especies analizadas aportan los aminoácidos esenciales para cubrir los requerimientos nutricionales, sin embargo, no aportan información acerca de la biodisponibilidad de la proteína.

La especie *Amaranthus retroflexus* obtuvo la menor calificación química (5.24) *Amaranthus palmeri* y *Arracacia edulis* obtuvieron valores de 53.16 y 51.16 respectivamente, siendo estos los valores más elevados para la calificación química de la proteína en las cinco especies analizadas, no obstante debe considerarse que los quelites al consumirse como platillos en la dieta tradicional rarámuri, involucran la combinación de varias fuentes de proteína como cereales y leguminosas ( maíz y frijol principalmente) que en conjunto pueden complementar el consumo de aminoácidos, mejorando (incrementando) el porcentaje de requerimiento cubierto por el aminoácido limitante importante debido al acceso limitado a proteína de origen animal (poco ganado) y a la práctica de agricultura de subsistencia en las comunidades rarámuri.

Los quelites pueden considerarse una buena fuente de diversos nutrimentos debido al alto contenido de nutrimentos inorgánicos como Ca, K, Mg, P, Fe, Mn y Zn presente en las cinco especies de quelites que fueron estudiadas en este trabajo. Sin embargo, existe la necesidad de estudios especializados que determinen su biodisponibilidad. La biodisponibilidad de los nutrimentos inorgánicos es un factor importante que considerar cuando se analiza la dependencia de diferentes poblaciones de todo el mundo hacia los alimentos vegetales como su principal fuente de nutrimentos.

El quelite *Amaranthus palmeri* fue la especie con mayor aporte de nutrimentos inorgánicos, presentó el mayor contenido total de aminoácidos, además de mostrar la mejor calificación química de proteína entre las especies estudiadas.

Los factores anti nutricionales cuantificados se encontraron por debajo de los límites permitidos, es decir, en el caso de nitratos no superaron los 235mg/día (para una persona de 64kg), y en el caso de oxalatos se encontraron por debajo del 10%.

En el caso de los vegetales de hoja seleccionados, el valor más elevado para la suma de aminoácidos corresponde a la espinaca, que a su vez presenta uno de los valores más bajos de clasificación química de la proteína (7.13), es decir, posee un mejor aporte proteico pero no puede considerarse de buena calidad, así mismo, es un valor inferior a cuatro de las cinco especies de quelites analizadas (solo supera a *Amaranthus retroflexus*), así mismo, la espinaca, se clasifica como un alimento rico en calcio (80–122 mg/100 g BH), sin embargo, debido a su alto contenido de oxalato (970 mg/100 g BH), la disponibilidad del calcio es casi insignificante, e igualmente restringe la disponibilidad de otros nutrimentos inorgánicos (Mg, Mn, Fe, Na, K y P), además de presentar un contenido de nitrato de 209.9mg/100g, cercano al límite permitido mientras que en el caso de las cinco especies de quelites, las cinco especies se encuentran por debajo del límite establecido para oxalatos y nitratos.

## Referencias

- (USDA), U. D. (15 de Julio de 2021). *Agricultural Research Service*. Obtenido de Food Data Central: <https://fdc.nal.usda.gov/>
- Adhikari, S., Shop, M., de Boer, I., & Huppertz, T. (2022). Protein quality in perspective: A review of protein quality metrics and their applications. *Nutrients*, 14,947. Obtenido de Nutrients.
- Almanza Alcalde, H. (2017). *alianzasierramadre.org*. alianzasierramadre.org.
- AOAC2001.11. (2015). *Official methods of analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC920.39. (2015). *Official methods of analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC942.05. (2015). *Official methods of analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC962.09. (2015). *Official methods of analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC965.17. (2005). *Official methods of analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC985.35. (2015). *Official methods of analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Distrito Federal, México: Pearson Educación.
- Belitz, H.-D. (2009). *Food chemistry*. Berlin, Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bonfiglioli, C. (Enero-Abril de 2008). *El yúmari, clave de acceso a la cosmología rarámuri*. Obtenido de Scielo: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-16592008000400004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16592008000400004)
- Bowman, B. A., & Russell, R. M. (2003). *Conocimientos actuales sobre nutrición*. Washington DC, USA: Organización panamericana de la salud e Instituto Internacional de ciencias de la vida.
- Bye, B. R., Mera, L. M., & Linares, E. (2019). *La milpa de la sierra Tarahumara: fuente milenaria de alimentación*. CDMX, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bye, R. (1981). Quelites, Ethnoecology of edible greens, past present and future. *Journal of ethnoecology*, 109-123.
- Bye, R., & Linares, E. (2011). *Continuidad y aculturación de plantas alimenticias: los quelites especies subutilizadas de México, en Luz María Mera Ovando, Delia Castro Lara, & Robert Bye Boettler (compiladores). Especies Vegetales Poco Valoradas: una alternativa para la seguridad alim*. Distrito Federal, México: Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación, SNICS-SAGARPA.

- Bye, R., & Linares, E. (12 de febrero de 2022). *CONABIO, BIODIVERSIDAD MEXICANA*. Obtenido de YOUTUBE: <https://www.youtube.com/watch?v=E3cZ3pwsNUM>
- Castetter, E. F. (1935). *Ethnobiological Studies in the American Southwest I. Uncultivated Native Plants Used as Sources of Food*. New Mexico: University of New Mexico Bulletin 4(1): 1-44.
- Castetter, E. F. (1935). *Ethnobiological Studies in the American Southwest II. The Ethnobiology of the Papago Indians*. New Mexico: University of New Mexico Bulletin 4(3):1-84.
- Castetter, E. F. (1942). *Pima and Papago Indian Agriculture*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Castetter, E. F. (1951). *Yuman Indian Agriculture*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Castro, L. D., Basurto, P. F., Mera, O. L., & Bye, B. R. (2011). *Los quelites, tradición milenaria en México*. Texcoco, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Cataldo, D., Maroon, M., Schrader, L., & V.L., Y. (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in soil science and plant analysis*, 6:1 71-80.
- Cerqueira, M., Mc Murry Fry, M., & Connor, W. E. (1979). The food and nutrient intakes of the Tarahumara Indians of Mexico. *The American Journal of clinical Nutrition*, 905-915.
- Cervantes, M. T. (1985). *Recetario de plantas medicinales. (inédito)*. Michoacán, México: p. 116.
- Cheatham, S., Johnston, M. C., & Marshall, L. (1995). *The Useful Wild Plants of Texas, the Southeastern and Southwestern United States, the Southern Plains, and Northern Mexico. Volume 1: Abronia-Arundo*. Austin, TX: Useful Wild Plants, Inc.
- CONACULTA. (20 de diciembre de 2021). *Tradición oral y narrativa. Guías del patrimonio cultural y turismo*. Obtenido de [https://patrimonioculturalyturismo.cultura.gob.mx/guias/guia3\\_7.php](https://patrimonioculturalyturismo.cultura.gob.mx/guias/guia3_7.php)
- Cook, S. L. (1930). *The Ethnobotany of Jemez Indians*. University of New Mexico. M.A. Thesis.
- Curtin, L. S. (1949). *By the Prophet of the Earth*. Sante Fe, NM: San Vicente Foundation.
- Franceschi, V. R., & Nakata, P. A. (2005). Calcium Oxalate in Plants: Formation and Function. *Annual review of Plant Biology*, 41-71.
- Fritz, G. (2019). *Feeding Cahokia – Early Agriculture in the North American Heartland*. Tuscaloosa, AL: University of Alabama Press.
- Gabrielová, Z. (2007). Los rarámuri: Un pueblo indígena de México.
- Gilbert, P., & Khokhar, S. (2008). Changing dietary habits of ethnic groups in Europe and implications for health. *Nutrition review*, 203-2015.
- Gotés Martínez, L. E. (2010). *Los pueblos indígenas de Chihuahua, Atlas etnográfico*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

- Hernández, I. A., Acevedo, F., & Gálvez, A. (02 de octubre de 2020). *CONABIO, Biodiversidad Mexicana*. Obtenido de Qué nos aportan los frijoles:  
[https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/que-nos-aportan/N\\_frijoles](https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/que-nos-aportan/N_frijoles)
- Hillerkuss, T. (1992). Economía, Política y Orden Social de los Tarahumaras en la época prehispánica y colonial. *Estudios de Historia Novohispana*, Estudios de Historia Novohispana.
- INPI. (4 de diciembre de 2021). *Etnografía del pueblo tarahumara (rarámuri)*. Obtenido de  
<https://www.gob.mx/inpi/articulos/etnografia-del-pueblo-tarahumara-raramuri>
- Jones, V. H. (1931). *The Ethnobotany of the Isleta Indians*. University of New Mexico. M.A. Thesis.
- Kastenmayer, P. (1997). *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición*. Santiago de Chile: ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, Dirección de Alimentación y Nutrición Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Kaufer-Horwitz, M., Pérez-Lizaur, A. B., & Arroyo-Acevedo, P. (2015). *Nutriología Médica*. Ciudad de México, México: Panamericana.
- Krishnamoorthy, U. (1982). Nitrogen fractions . *Selected feed stuffs*, 217 – 225.
- LAROUSSE. (17 de Febrero de 2022). *LAROUSSE COCINA.MX*. Obtenido de LAROUSSE Diccionario Enciclopédico de la Gastronomía Mexicana:  
<https://laroussecocina.mx/palabra/nixtamalizacion/>
- Latham, M. (2002). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Roma: FAO. Obtenido de Nutrición humana en el mundo en desarrollo.
- León García, R. (1992). *Misiones jesuitas en la Tarahumara*. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Linares Masari, E. B. (2015). Las especies subutilizadas de la milpa. *Revista digital universitaria*, Vol.16, No.5.
- Linares, E. B. (2016). Alimentos de la milpa rarámuri y su entorno. En M. d. Jáquez Rosas, *Patrimonio gastronómico de Chihuahua* (págs. 37-51). Chihuahua, México: Instituto Chihuahuense de la cultura.
- Linné, C. v. (1753). *Species plantarum. Holmiae: Impensis Laurentii Salvii*.
- Londoño, M., & Gómez, B. (2020). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de nutrición clínica y metabolismo*.
- Lozada, M., & Ponce, A. (21 de enero de 2023). *CONABIO*. Obtenido de Biodiversidad Mexicana:  
<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/sistemas-productivos/milpa>
- Martínez-Agustín, O., & Martínez de Victoria-Muñoz, E. (mayo de 2006). *Proteínas y péptidos en nutrición enteral*. Obtenido de Nutrición hospitalaria:  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-)



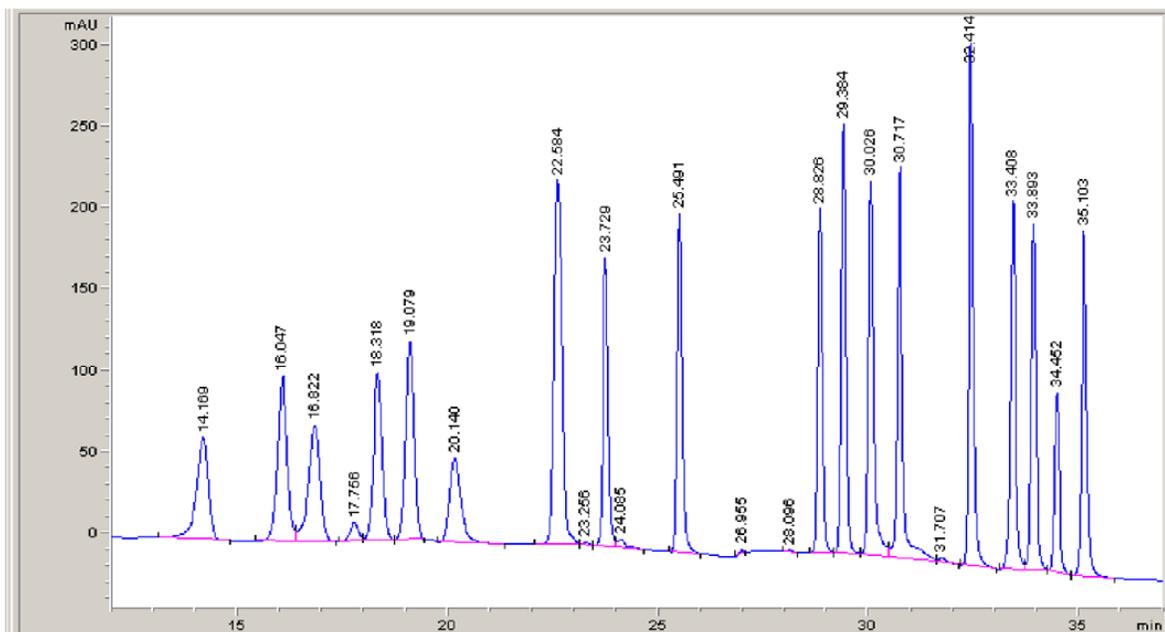
- Pintado, A. P. (mayo-agosto de 2005). *Rutuguli y Yumali: descripción de las danzas, análisis del canto y perspectiva comparada*. Obtenido de Dimensión Antropológica: <https://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=1088>
- Reyers, F., & Naudé, T. W. (2012). *Veterinary toxicology: Basic and clinical principles*. AMSTERDAM • BOSTON • HEIDELBERG • LONDON • NEW YORK • OXFORD • PARIS • SAN DIEGO • SAN FRANCISCO • SINGAPORE • SYDNEY • TOKYO: Academic press, Elsevier.
- Robbins, W. J.-M. (1916). *Ethnobotany of the Tewa Indians*. SI-BAE Bulletin #55.
- Salmón, E. (2000). Kincentric ecology: Indigenous perceptions of the human-nature relationship. *Ecological Applications*, 1327–1332.
- Sánchez Pérez, S. (2010). Witálina: La fertilidad de los suelos en la Sierra Tarahumara. En L. E. Gotés Martínez, *Los pueblos indígenas de Chihuahua: Atlas Etnográfico* (págs. 48-55). CDMX, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).
- Sheperd, G. (1938). *The silver magnet fifty years in a Mexican silver mine*. New York: E.P. Dutton & Co. 302 p.
- SIAP, S. d. (14 de febrero de 2022). *Anuario Estadístico de la Producción agrícola (2020)*. Obtenido de Gobierno de México: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Swank, G. R. (1932). *The Ethnobotany of the Acoma and Laguna Indians*. University of New Mexico, M.A. Thesis.
- Tamme, T., Reinik, M., & Roasto, M. (2010). Nitrates and Nitrites in Vegetables: Occurrence and Health Risks. En R. R. Watson, & V. R. Preedy, *Bioactive Foods in Promoting Health* (págs. 307-321). San Diego, CA, USA: Academic press, Elsevier, Inc.
- Vela, E. (octubre de 2010). La calabaza, el tomate y el frijol, catálogo. *Arqueología Mexicana*. México: Raíces.
- Villaseñor, J. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87, 559-902.
- Waters AccQ Tag. (s.f.). Method for hydrolysate amino acid analysis. *Waters chromatography division*. Milford, Massachusetts, United States of America: Millipore Corporation.
- Wesche-Ebeling, P. (1995). Contributions to the botany and nutritional value of some wild *Amaranthus* Species (Amaranthaceae) of Nuevo Leon, Mexico. *Economic botany*, 423-430.
- WHO, F. &. (12 de Septiembre de 2022). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de Human Vitamin and Mineral Requirements: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ceec621b-1396-57bb-8b35-48a60d7faaed/>
- World Wildlife Fund (WWF). (4 de diciembre de 2021). Obtenido de Tarahumara sustentable: <http://www.tarahumarasustentable.mx/>
- WWF. (2014). *Tarahumara sustentable*. Obtenido de Tarahumara sustentable: <http://www.tarahumarasustentable.mx/que-es.html>

WWF. (4 de diciembre de 2021). Obtenido de Cuatro tipos de bosques: conoce las diferencias:  
<https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/cuatro-tipos-de-bosques-conoce-las-diferencias>

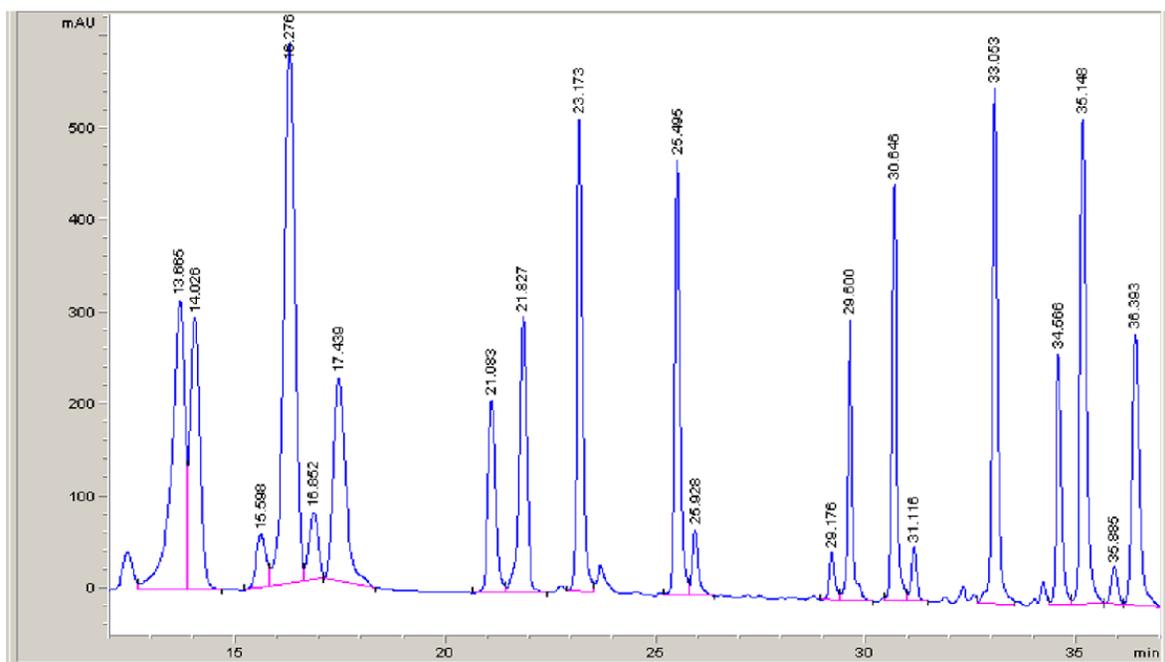
# Anexos

## Cromatogramas

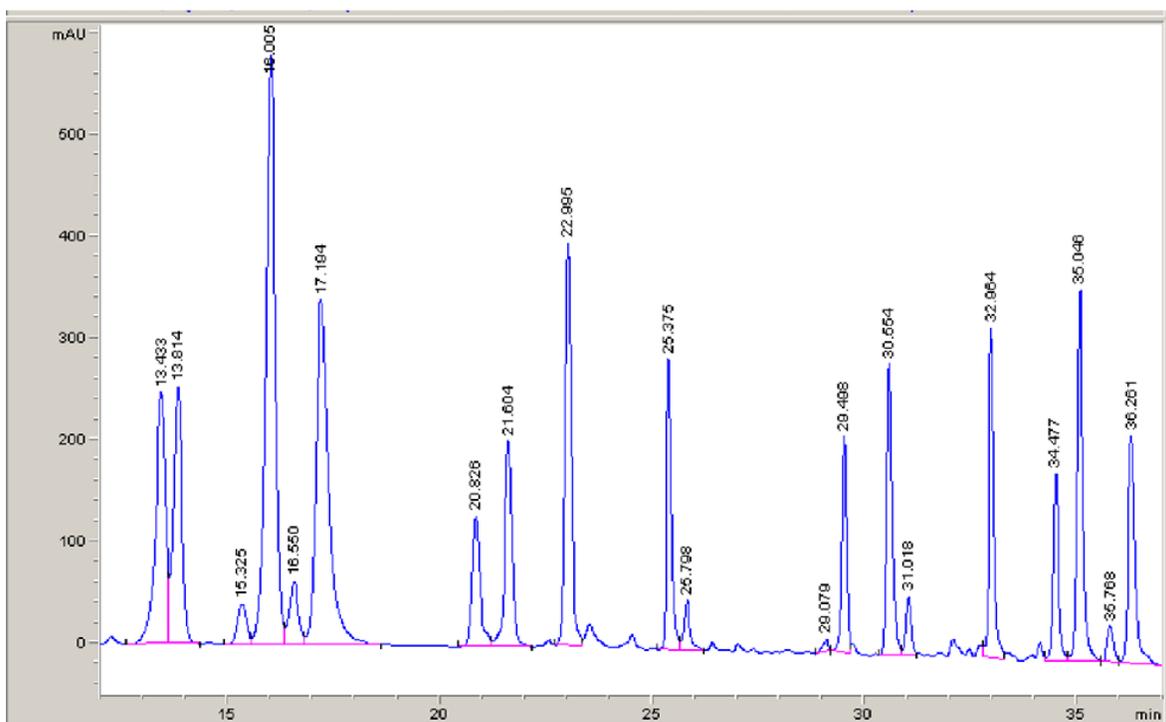
Standard



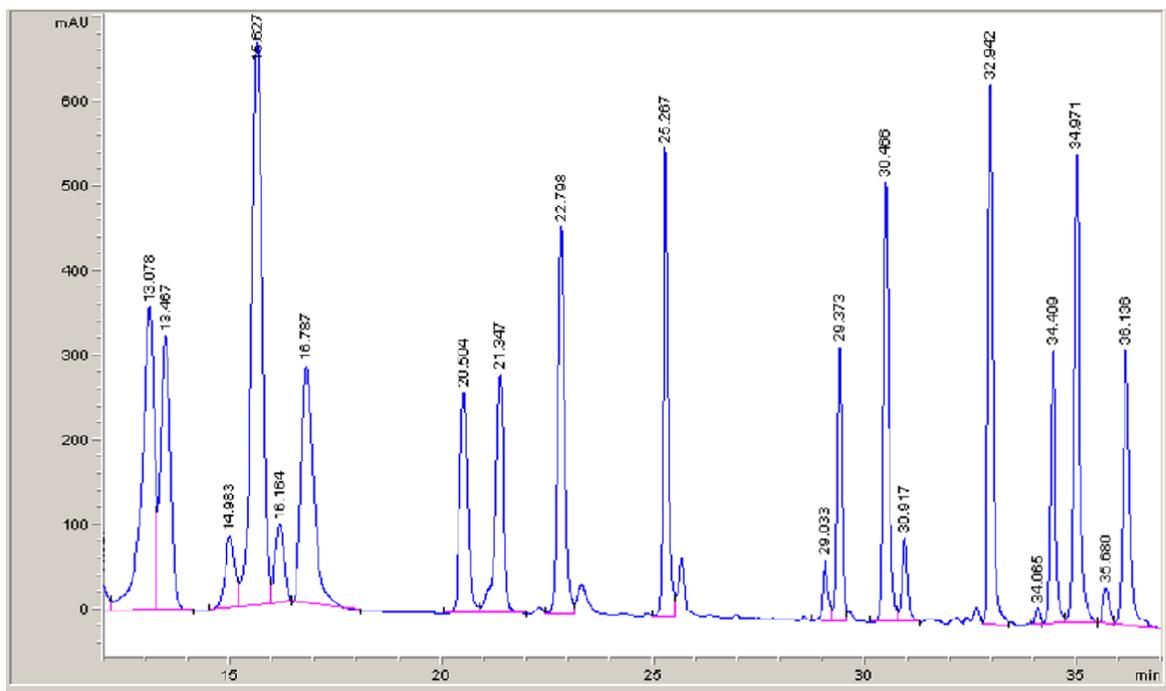
*Tauschia madrensis*



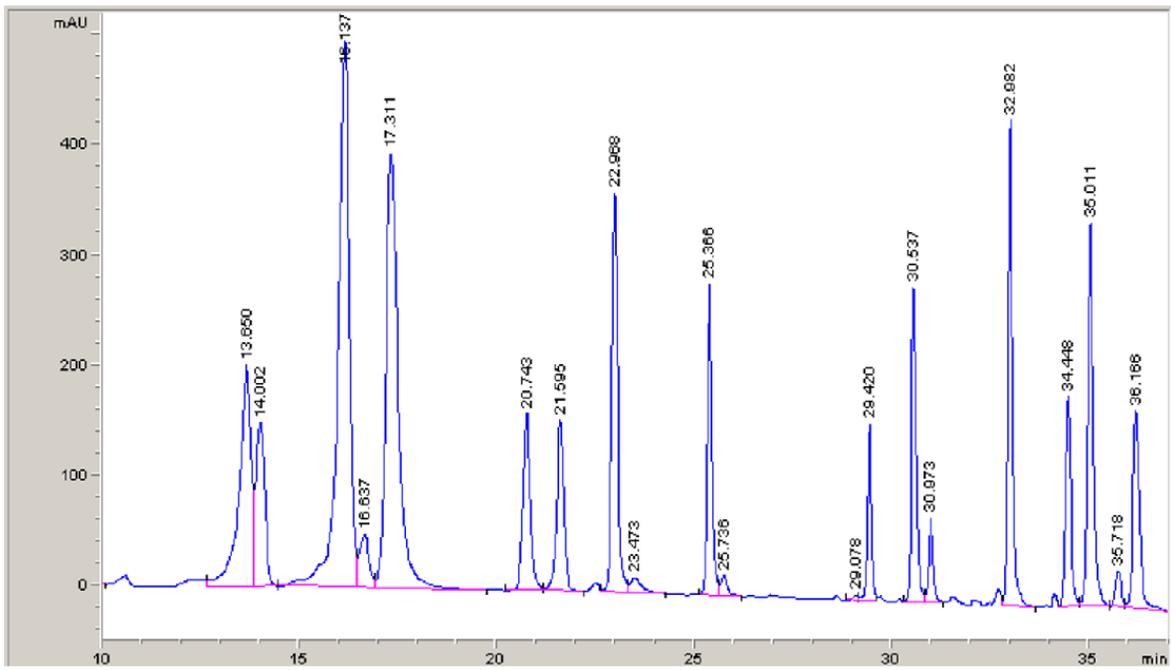
*Phacelia platycarpa*



*Arracacia edulis*



*Amaranthus palmeri*



*Amaranthus retroflexus*

