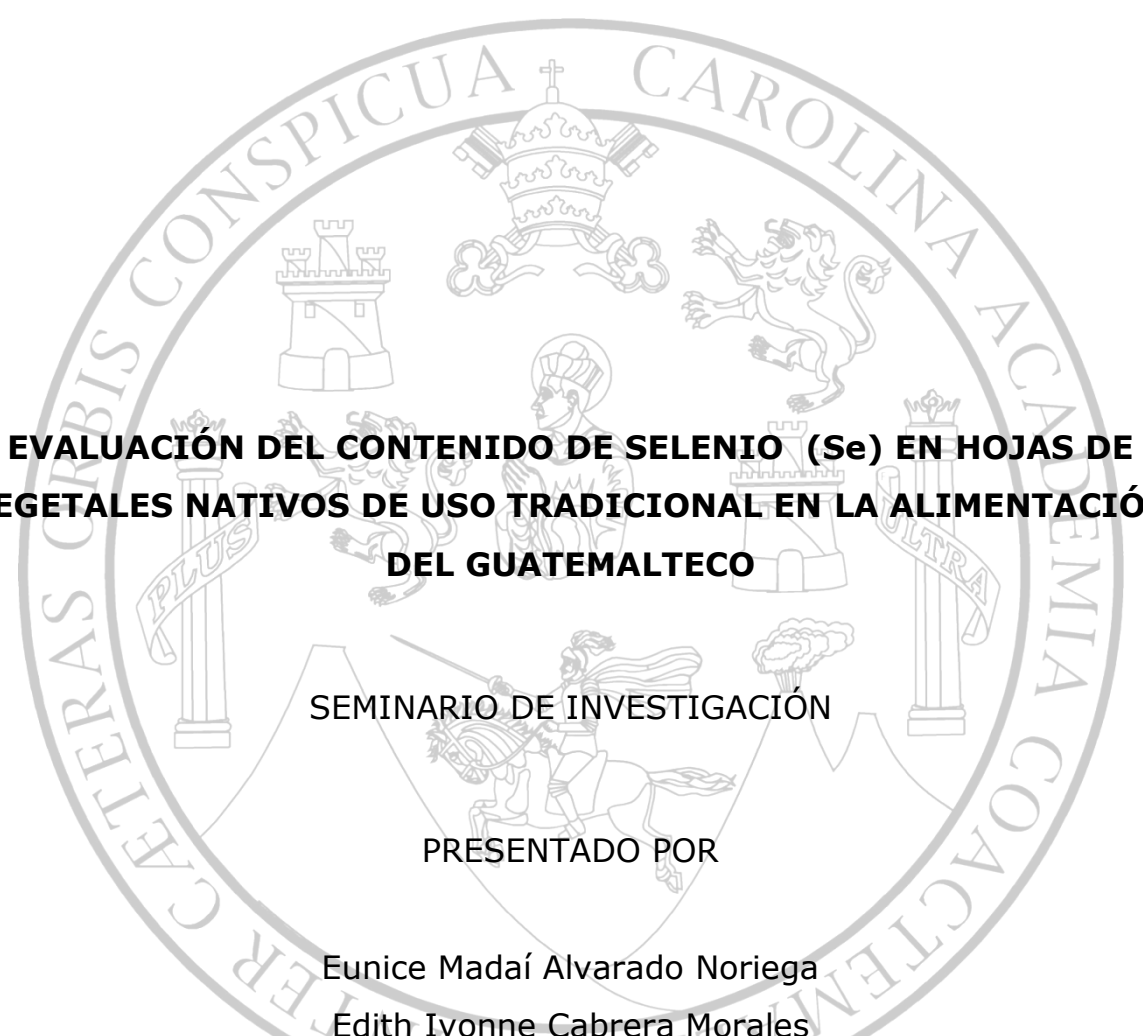


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem in the background. It features a central figure of a seated woman, likely the Virgin Mary, surrounded by various symbols including a crown, a lion, a castle, and a shield. The Latin motto "CETERAS URBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEM" is inscribed around the perimeter. Two banners with the words "PLUS" and "ULTRA" are also visible.

**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE SELENIO (Se) EN HOJAS DE
VEGETALES NATIVOS DE USO TRADICIONAL EN LA ALIMENTACIÓN
DEL GUATEMALTECO**

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR

Eunice Madaí Alvarado Noriega
Edith Ivonne Cabrera Morales
María Gabriela Mancilla Herrera
Sonia Mariela Tumax Chiroy

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
QUÍMICAS BIÓLOGAS

Guatemala, Julio 2015

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
Licda. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza, M.A.	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares	Vocal II
Br. Michael Javier Mó Leal	Vocal IV
Br. Blanqui Eunice Flores De León	Vocal V

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darnos la fortaleza y sabiduría para culminar una de las metas de nuestra vida profesional.

A NUESTROS PADRES

Por su amor incondicional, apoyo y comprensión que nos han brindado desde siempre.

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, en especial a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Por brindarnos los conocimientos y enseñanzas necesarias para nuestra formación académica.

A LIC. ARMANDO CACERES

Por darnos la orientación y asesoría para el desarrollo de la investigación

AL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONCYT) Y AL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE PRODUCTOS NATURALES (LIPRONAT).

Por permitir y proporcionar la ayuda necesaria para el desarrollo de la investigación.

INDICE

1.	Ámbito de la investigación	1
2.	Resumen	2
3.	Antecedentes	3
3.1	Nutrición con productos naturales	3
3.2	Microelementos	4
3.3	Selenio y su relación con suelo y plantas	5
3.4	Rol biológico del selenio y selenoproteínas en el humano	8
3.4.1	Enzimas dependientes de selenio	9
3.4.2	Selenoproteínas	10
3.5	Deficiencia de selenio	11
3.6	Toxicidad de selenio	13
3.7	Reflexión total de rayos x como metodología de determinación de Se en plantas	14
3.8	Alimentos relacionados al selenio	15
3.8.1	<i>Spinacia oleracea</i>	15
3.8.2	<i>Moringa oleifera</i>	17
3.8.3	<i>Amaranthus hybridus</i>	18
3.8.4	<i>Sechium edule</i>	19
3.8.5	<i>Dysphania ambrosioides</i>	20
3.8.6	<i>Lycianthes synanthea</i>	21
3.8.7	<i>Solanum americanum</i>	22
3.8.8	<i>Solanum wendlandii</i>	24
3.8.9	<i>Solanum nigrescens</i>	24
3.8.10	<i>Cnidocolus aconitifolius</i>	26
3.8.11	<i>Croatalaria longirostrata</i>	27
4.	Justificación	29
5.	Objetivos	30
6.	Hipótesis	31
7.	Metodología	32
7.1	Universo	32
7.2	Población de trabajo	32
7.3	Muestra	32
7.4	Recursos	33
7.5	Método	33
7.6	Diseño de campo	34
7.7	Procedimiento	34
8.	Resultados	36
9.	Discusión de resultados	39
10.	Conclusiones	43
11.	Recomendaciones	44
12.	Referencias Bibliográficas	45
13.	Anexos	53

1. AMBITO DE LA INVESTIGACION

Las plantas autóctonas o nativas desde tiempos antiguos han servido de alimento a poblaciones humanas en todo el mundo, sin embargo en los últimos años el aprovechamiento de este recurso natural ha sido desplazado por otros productos más elaborados, causando por ende reducción en la diversidad de plantas en la dieta. Esto puede deberse a la pérdida de reconocimiento cultural de las nuevas generaciones acerca de las plantas antiguamente comestibles y de elevado valor nutricional, provocando altos grados de desnutrición crónica por oligoelementos.

Por lo anterior mencionado, es necesario retomar el consumo de estas plantas y demostrar su gran valor nutricional. Es de importancia considerar uno de los micronutrientes en las mismas debido a que forma parte estructural de enzimas que participan en el control del metabolismo del oxígeno y proteínas, presentando un efecto protector frente a metales pesados y un papel paliativo en diversas patologías; siendo este el Se.

Esta investigación busca crear información sobre el contenido de Se en especies de vegetales nativos de uso tradicional en la alimentación del guatemalteco, para determinar la concentración de Se y contribuir a combatir la desnutrición crónica por oligoelementos de las familias campesinas.

Las plantas serán analizadas para evaluar el contenido de Se en cada especie vegetal. Se realizará la separación de porciones nutricionales provenientes de tejido vegetal en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT). Este proyecto se realizará bajo la supervisión del departamento de Citohistología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia contando con el financiamiento del Consejo de Ciencia y Tecnología (CONCYT). Las muestras de materia seca fueron procesadas en el laboratorio Fisichem Inc. Blvd. Los Próceres 24-69 zona 10, Zona Pradera, Torre 2, Oficina 1801.

2. RESUMEN

El Selenio (Se) es un elemento traza esencial de fundamental importancia en la salud por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y quemopreventivas atribuidas a la presencia de unas 25 seleproteínas que participan en diversas acciones de bienestar, lactancia, reproducción y salud de la progenie. Su deficiencia se vincula con la biodisponibilidad en relación con la biogeoquímica específica para este elemento.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el contenido de Se en 11 plantas comestibles nativas consumidas por el guatemalteco, siendo éstas: *Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Crotalaria longirostrata*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Moringa oleifera*, *Sechium edule*, *Spinacea oleracea*, *Solanum americanum*, *Solanum nigrescens* y *Solanum wendlandii*, mediante el método de reflexión total de rayos X. Estas especies, se colectaron según su disponibilidad en los departamentos de Escuintla, Guatemala, Jalapa, Sacatepéquez y Suchitepéquez.

De todas las especies vegetales nativas evaluadas, únicamente en el bledo (*A. hybridus*) existieron cantidades cuantificables de Se. Se determinó que en una porción (100 g) de materia vegetal fresca de bledo, proporciona 0.355 mg de Se. Con una porción de 100 g se cumple con el requerimiento diario de un adulto.

3. ANTECEDENTES

3.1 Nutrición con productos naturales

Los nutrientes son sustancias esenciales para el buen funcionamiento del organismo. Como no pueden ser sintetizados por el cuerpo en cantidades adecuadas, deben ser aportados por los alimentos. Son tan importantes que su carencia puede llegar a producir enfermedades graves o incluso la muerte (FAO, 1999).

Los nutrientes de las plantas son esenciales para la producción suficiente de alimentos saludables que satisfagan a la creciente población mundial (FAO, 1999). A lo largo del tiempo las plantas silvestres han alimentado poblaciones humanas en cada uno de los continentes habitados, siendo la revolución agrícola generadora de un dramático cambio en la forma en que los humanos adquieren los alimentos, uno de los resultados más significantes ha sido la reducción en la diversidad de plantas en la dieta, los humanos se han enfocado más en especies de cultivos domésticos y le han prestado menos atención a las especies silvestres (Grivetti & Ogle, 2000).

Las especies silvestres son alimentos de recolección, la mayoría no son cultivados, pero en la agricultura tradicional campesina e indígena son tolerados dentro de los cultivos. Son fácilmente identificados por las personas que los consumen, se tiene un conocimiento básico sobre sus hábitats, y se les puede aplicar algunas prácticas culturales incipientes. Son muy apetecidos y escasamente comercializados (González, 2008). Algunas ofrecen un agradable sabor una textura satisfactoria para la alimentación humana y además proveen nutrientes esenciales a la dieta (Grivetti & Ogle, 2000).

Los niveles de Se en los alimentos se ve influenciada por la ubicación geográfica, los cambios estacionales, contenido de proteína y de procesamiento de los alimentos (Navarro & Cabrera, 2008). El contenido de Se de los productos animales refleja los niveles de Se en la dieta consumida, mientras el contenido de Se en plantas es directamente afectada por los niveles de Se en el suelo en que se cultivan. El Se en forma de selenito o selenato es absorbido por las plantas y

sobre todo transformado en seleniometionina en los granos de cereales (Navarro & Cabrera, 2008).

El potencial de Se como un antioxidante para la prevención de las enfermedades cardiovasculares (ECV) es prometedor, algunos hallazgos interesantes reportaron una asociación entre la ingesta de Se con una prevalencia y riesgo reducido para cáncer de colon y próstata, así como también ayuda a mejorar el daño inducido por la radiación ultravioleta-B en los seres humanos (Navarro & Cabrera, 2008).

La deficiencia de Se causa la enfermedad de Keshan endémica en el Keshan (región de China). Siendo esta patología juvenil una cardiomiopatía causando insuficiencia miocárdica. Además en otras regiones de China existe otra enfermedad por deficiencia llamada Kahin-Beck la cual es un tipo de artrosis que resulta del agrandamiento de las articulaciones, provocando enanismo en casos extremos (Navarro & Cabrera, 2008). Varios estudios también han encontrado que el Se protege a los animales contra la toxicidad asociada con una alta exposición y/o ingesta de metales pesados como el mercurio, plomo, cadmio y plata (Navarro & Cabrera, 2008).

3.2 Microelementos

Reciben el nombre de elementos traza o micronutrientes una serie de componentes indispensables para la correcta fisiología de los organismos vivos. Los microelementos, oligoelementos o elementos traza son: cinc (Zn), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), cromo (Cr), flúor (F), yodo (I), magnesio (Mg), manganeso (Mn) y selenio (Se) (Aranceta et al., 2007).

Algunos forman parte de moléculas orgánicas esenciales: enzimas (Cu, Zn, Se), hormonas (I), grupos prostéticos (Fe), vitaminas (Co). Otros tienen interés por su carácter tóxico (aluminio (Al), plomo (Pb), cadmio (Cd)) o terapéutico (F, litio (Li)). Finalmente se encuentran elementos cuyo significado fisiológico se ignora (estroncio (Sr)) (García, 2001).

El concepto de oligoelemento o elemento traza es puramente cuantitativo. Schoeder define a los elementos traza como aquellos que representan menos del 0.01% de la masa corporal. Underwood los clasifica de acuerdo con los requerimientos dietéticos de los animales en esenciales, posiblemente esenciales y no esenciales. Dentro de este último grupo se diferencian los tóxicos de los no tóxicos (García, 2001).

Las plantas, contienen considerables niveles de micronutrientes necesarios que van de la vitamina A al Fe y Zn entre otros, en donde si se tuviera una alimentación muy variada con plantas silvestres serian solucionados muchos problemas nutricionales en el mundo, sin quizás realizar un gasto económico muy grande ya que las plantas aportan estos nutrientes (Grivetti & Ogle, 2000).

El Se es un micronutriente cuya concentración deficiente y toxica están muy cerca uno del otro. Por lo tanto, es importante conocer su abundancia o deficiencia en la alimentación y la dieta para determinar un balance correcto de Se en seres humanos y animales (Navarro & Cabrera, 2008).

3.3 Se y su relación con el suelo y plantas

El Se es un elemento natural, ampliamente distribuido en la mayoría de las rocas y suelos; en forma pura existe como cristales hexagonales gris metálicos a negros, pero en la naturaleza generalmente está combinado con sulfuro o con minerales de plata (Ag), Cu, Pb y níquel (Ni) (ATSDR, 2001). El Se es un metaloide del grupo 16, encontrándose justo abajo del azufre (S) en la tabla periódica, dándole así propiedades químicas similares a este último elemento (Benavides et al., 2010).

En el orden de abundancia de los elementos, ocupa el sexagésimo noveno lugar, es un elemento bastante escaso ya que su contenido en la corteza terrestre es de 0.09 partes por millón. Se encuentra en cantidades muy pequeñas pero detectables en todos los suelos, tanto forestales como agrícolas. El Se es un elemento de origen volcánico. Acompaña al S y se encuentra en los terrenos arcillosos. Es un subproducto de la fabricación industrial del S y del ácido sulfúrico. Químicamente forma con el hidrógeno (H) y el oxígeno (O) los mismos compuestos que el S

(H_2SeO_4 , H_2SeO_3 , H_2Se y SeO_2). Puede también ocupar el lugar del S en ciertos aminoácidos (cistina, metionina) (Acosta, 2007).

El Se tiene una masa atómica de 78.96 g/mol y al igual que el S tiene variedad en sus estados de oxidación como selenuro (Se^{2-}), selenio elemental (Se^0), selenito (Se^{4+}), selenato (Se^{6+}) y en ocasiones forma compuestos orgánicos y volátiles (seleniometionina, seleniocisteína y selenocistina). Las formas oxidadas del Se (Se^{4+} y Se^{6+}) son acumulables en plantas debido a su elevada solubilidad, sin embargo el Se^0 y el Se^{2-} son insolubles, por lo cual difícilmente son absorbidas por las plantas. Las formas oxidadas de Se son encontradas en suelos alcalinos mientras que las formas reducidas han sido identificadas en suelos ácidos y en aguas continentales y marinas (Benavides et al., 2010).

Marschner señala que todas las formas de Se han sido encontradas en hojas, tallos y raíces de plantas y que en general las plantas cultivadas que crecen en suelos no seleníferos presentan concentraciones de Se de 0.01 a 1 mg/kg de peso fresco. El Se es metabolizado en las plantas por la vía de asimilación del S y su distribución y acumulación dependerá de la especie química y la concentración del elemento suministrado a las raíces y por vía foliar, así como de la naturaleza y la concentración de otras sustancias (taninos, proteínas) en la solución. Respecto a su forma química, en el corto plazo la mayor parte de Se tomado como Se^{6+} se mantiene en forma inorgánica, mientras que cuando se aplica como Se^{4+} se acumula en su forma orgánica (formando parte de proteínas) de peso seco, por su parte Broadley et al. mencionan que hay pocos datos sobre las diferencias en la acumulación de las variedades de Se en la mayoría de las especies cultivadas (Benavides et al., 2010).

Las concentraciones de Se en plantas son un buen indicador de si un área puede ser clasificada como Se deficiente; así mismo, dado que el Se se acumula en ciertas plantas (*Astragalus*, *Atriplex*, *Salsola*, etc.) estas han sido utilizadas para prospección geoquímica. Generalmente, se acepta un contenido entre 0.1-0.3 mg Se/Kg de peso fresco en especies vegetales de consumo animal es el adecuado para

la mayoría de los animales, estiman como valor tóxico cuando se superan 3 o 5 mg Se/Kg de planta seca (Rodríguez, Rivero & Ballesta, 1998).

Las plantas toman Se dependiendo de las condiciones climáticas (temperatura y régimen hídrico del suelo son fundamentales), potencial redox, pH, existencia de micorrizas etc. Se han demostrado que en suelos con bajos contenidos de Se, las plantas absorben cantidades de este elemento a temperatura de 20°C, mientras que por debajo de 15°C su absorción se reduce drásticamente. Existen plantas acumuladoras seleníferas, entre las que se encuentran las acumuladoras primarias y las secundarias. Las primeras también conocidas como indicadoras de Beath crecen solamente en suelos seleníferos potencialmente tóxicos, siendo capaces de concentrar desde 100 a 1000 mg Se/Kg. El género más comúnmente estudiado es *Astragalus* presente en América del Norte, en donde de 500 especies solo 25 han sido acumuladoras primarias, además de estas existen otras especies citadas como acumuladoras, pertenecientes a los géneros *Neptunia*, *Xylorhiza*, *Oonopsis*, *Haplapappus*, *Machaeranthara* y *Stanleya*. Siendo estas plantas capaces de extraer Se de formas fuertemente enlazadas en los constituyentes del suelo e incorporar este elemento bajo formas más fácilmente disponibles para otras plantas, tras la caída y descomposición de sus restos (Rodríguez, Rivero & Ballesta, 1998).

Las denominadas acumuladoras secundarias son capaces de retener cantidades de hasta 100 mg Se/Kg, desarrollándose sobre suelos con altos contenidos en Se asimilable. Siendo el caso de *Atriplex*, *Gutierrezia*, *Castilleja*, *Mentzelia*, *Aster*, *Grindelia* y algunas especies del género *Astragalus* (Rodríguez, Rivero & Ballesta, 1998). El Se es absorbido por las plantas e incorporado mayormente en las proteínas en forma de selenocisteína o selenometionina. A través de las plantas llega a los organismos animales por vía de la alimentación (Jaffé, 1992).

3.4 Rol biológico del Se y selenoproteínas en el humano

En la década de los 50 se realizaron los primeros estudios sobre el Se, los cuales consistieron en la administración de Se en ratas con necrosis hepática por déficit de vitamina E. Los resultados demostraron que el Se tiene una función antioxidante manifestada por la reducción de la necrosis hepática en las ratas. Sin embargo, no fue hasta el año 1973, cuando se comprobó la función reductora de la especie selenocisteína (SeCis_2) presente en la enzima glutatión peroxidasa (GSHPx). En órganos vitales como el cerebro, sistema endocrino y sistema reproductor. Los tejidos donde el Se se distribuye principalmente son el hígado, riñones, páncreas y músculos. El Se se transfiere al feto a través de la placenta y también aparece en la leche materna, en cantidades proporcionales a la ingesta. La biodisponibilidad de Se depende de la absorción intestinal y de su conversión en una forma biológicamente activa. Las evaluaciones de la biodisponibilidad de Se se basan en que, tras la absorción, la conversión a formas biológicamente activas difiere en las distintas formas químicas de Se (Hernández y Ríos, 2009).

El Se se encuentra en organismos biológicos en forma de selenito, selenato y formas orgánicas como selenocisteína (SeCis), selenometionina (SeMet), selenoazúcares y compuestos de Se metilados de bajo peso molecular. La disponibilidad de Se se da principalmente por medio de la alimentación con plantas las cuales captan Se del suelo en forma inorgánica. En las plantas el Se es convertido en formas orgánicas como compuestos de Se metilado de bajo peso molecular y aminoácidos como SeCis y SeMet . El Se en sus diversas formas es metabolizado hasta seleniuro, el cual es precursor de la síntesis de SeCis . Tanto el selenato como el selenito son reducidos a Se^{2-} por los sistemas glutatión glutarredoxina y tioredoxina. El Se^{2-} también puede ser generado a partir de SeCis y SeMet por medio de la acción de una liasa. La biosíntesis regulada de la SeCis en el ARNt permite introducirla en selenoproteínas por mecanismos altamente específicos. Por otro lado existen rutas no específicas de inserción de Se en proteínas que se basan en similitud química entre el Se y S, por lo cual el Se puede ser metabolizado por medio de las vías del metabolismo del sulfuro. La SeCis libre puede ser sustrato de la cisteil-ARNt sintetasa que, al formar Selenocisteil-ARNtCis,

incorporan a la SeCis de forma no específica en posiciones donde se encontraba la cisteína en las proteínas. La incorporación específica de SeCis es eficiente en concentraciones fisiológicamente óptimas de Se, por lo que usualmente no se produce SeCis libre. El exceso de Se libre es excretado en la orina bajo la forma de compuestos de Se metilados y selenoazúcares (Cañari, 2011).

3.4.1 Enzimas dependientes de Se

3.4.1.1 Glutación peroxidasa (GSHPx)

El papel fisiológico principal de las enzimas GSHPx es antioxidante, disminuye los niveles de concentración de las especies de oxígeno reactivas y de las especies de oxígeno y nitrógeno reactivas evitando el daño oxidativo a membranas plasmática. Actualmente, se han descrito cuatro isoformas de la GSHPx en el humano idénticas y cada una tiene un residuo de SeCis, la glutatión peroxidasa citosólica (cGSHPx), glutatión peroxidasa plasmática (plpGSHPx), fosfolípido hidroperóxido glutatión peroxidasa (phGSHPx) y glutatión peroxidasa gastrointestinal (giGSHPx) (Hernández y Ríos, 2009).

3.4.1.2 Tioredoxina reductasa (TR)

En su estructura contiene dos residuos de SeCis y se han identificado tres isoformas idénticas, la tioredoxina, la ditio-proteína y la TR. Esta última es la enzima que se encuentra distribuida ampliamente en varios tejidos. Se le atribuye una función principalmente inmunológica. Interviene en varios procesos que van desde la reducción de ribonucleótidos hasta la regulación redox de las señales de citocinas (Hernández y Ríos, 2009).

3.4.1.3 Yodotrina iodinasa (ID)

En su estructura contiene un residuo de SeCis y se ha identificado tres isoformas, la deiodinasa tipo 1 (D1), la deiodinasa tipo 2 (D2) y la deiodinasa tipo 3 (D3). Cataliza la desiodación de la tiroxina (T4) y otras iodotironinas, regulando así la síntesis y degradación de las hormonas tiroideas (Hernández y Ríos, 2009).

3.4.1.4 Glutaredoxina

Esta enzima cataliza la reducción de disulfuro dependientes del enzima glutatión (GSH) unido a la TR. Además es un donador de electrones para pIGSHPx reduciendo los hidroperóxidos en membrana celular (Hernández y Ríos, 2009).

3.4.1.5 Selenofosfato-sintetasa (SPS2)

Esta enzima fue caracterizada por primera vez en bacterias, en su estructura tiene un residuo de SeCis, dentro de sus funciones conocidas es necesaria para la síntesis de HSePO₃ y selenocisteína, lo que indica que es esencial en la síntesis de nuevas selenoproteína (Hernández y Ríos, 2009).

3.4.2 Selenoproteínas

3.4.2.1 Selenoproteína P (Sel-P)

Proteína de gran potencia antioxidante que contiene más de 12 residuos de SeCis. Se sintetiza en el hígado y se libera a la circulación, donde contribuye a proteger al endotelio de oxidantes producidos localmente. Es también una proteína transportadora de Se (Hernández y Ríos, 2009).

3.4.2.2 Selenoproteína de la cápsula espermática (Sel CME)

Se ha identificado en espermatozoides de rata, en su estructura contiene más de una SeCis, debido a que la secuencia las proteínas que participan en el movimiento del espermatozoide que tiene 18 a 20 residuos de cisteína, lo que indica la afinidad del Se y sus efectos adversos sobre los espermatozoides cuando hay un déficit de Se (Hernández y Ríos, 2009).

3.4.2.3 Selenoproteínas de peso molecular variado

La selenoproteína está localizada en células epiteliales de la próstata ventral, tiene una función redox similar a la GSHPx y posee una acción protectora de las células secretoras frente al carcinoma Selenoproteína-18 que se encuentra localizado en riñón y otros órganos, identificándose como una proteína de reserva de Se (Hernández y Ríos, 2009).

3.5 Deficiencia de Se

Un bajo nivel de Se puede contribuir a la etiología de una enfermedad, pero en algunos casos puede ser el resultado de la propia patología y exacerbar su progresión. Varios estudios sugieren que la deficiencia de Se se acompaña de compromiso inmunológico y probablemente guarda relación con el hallazgo en condiciones normales de cantidades significativas de Se en tejidos de relevancia inmunitaria como el bazo y los ganglios linfáticos. La deficiencia de Se puede afectar tanto a la inmunidad humoral como a la mediada por células. En cambio, la suplementación de este elemento en individuos con reservas normales tiene efectos inmunoestimulantes, incluyendo un aumento en la proliferación de linfocitos T activados. Este efecto parece relacionarse estrechamente con la capacidad del Se de regular positivamente la expresión de receptores de interleuquina-2 (IL-2) en la superficie de los linfocitos y en las células natural killer (NK) (Casals, Torra y Ballesta, 2005).

El déficit de Se se ha relacionado con la aparición, virulencia o progresión de varias infecciones víricas. El Se, potente inhibidor de la replicación del VIH in vitro, parece ser un nutriente muy importante en individuos afectados por VIH. El Se plasmático es un buen predictor de la progresión de la infección por VIH ya que su concentración disminuye de forma paralela a los linfocitos CD4. En las hepatitis víricas, el Se parece proteger contra la progresión a carcinoma a los individuos con virus de hepatitis B (VHB) positivos o virus de hepatitis C (VHC) positivos (Casals, Torra y Ballesta, 2005).

Existen dos entidades asociadas con la deficiencia de Se: la enfermedad de Keshan, una miocardiopatía que afecta a niños y mujeres en edad fértil. Esta enfermedad fue detectada por primera vez en la provincia de Keshan, China y en la actualidad puede prevenirse administrando Se en la dieta. Otra patología asociada es la enfermedad de Kashin-Beck, una osteoartritis caracterizada por lesiones degenerativas y necróticas de los huesos largos y del cartílago epifisario, en la que se produce una osificación irregular, se detiene el crecimiento produciendo

posiblemente enanismo. Por otra parte, se ha demostrado que los virus habitualmente no patógenos pueden tornarse perjudiciales en personas con deficiencia de Se (Sánchez, 2009).

El virus Coxsackie ha sido aislado de sangre y tejidos de pacientes con enfermedad de Keshan y se cree que es un cofactor en el desarrollo de la miocardiopatía. Si estos hallazgos son aplicables a otros virus ARN, tales como los de la polio, la hepatitis, la gripe y el VIH, la deficiencia de Se podría tener implicaciones importantes en salud pública (Hernández y Ríos, 2009).

En la actualidad el desarrollo de suplementos alimenticios enriquecidos con Se presentan una alternativa en la prevención de varias enfermedades citadas anteriormente. Las levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* enriquecidas han sido las más estudiadas en diferentes centros de investigación por su capacidad de biotransformación del Se inorgánico a SeMet, ya que puede asimilar durante su crecimiento hasta 3 µg/g de materia fresca de Se inorgánico. Otros biotransformadores de Se excelente son, las plantas *Allium* (cebollas, ajos) y la nuez de Brasil. Esta última puede biotransformar hasta 35 µg/g de materia fresca de Se inorgánico. Por otra parte, se ha demostrado mediante estudios que el Se es esencial para los lactobacilos, en específico las especies *L. rhamnosus* y *L. fermentum*, donde el Se tiene un papel funcional en la estimulación enzimática de estos microorganismos. Actualmente, se ha abierto la posibilidad de realizar nuevos alimentos enriquecidos con Se principalmente en lácteos y sus derivados por su rápida biotransformación del Se a selenoproteínas (Casals, Torra y Ballesta, 2005).

A partir de los hallazgos de un equipo escocés, otros investigadores comprobaron que la deiodinasa tipo I es una enzima que contiene Se. El déficit de Se lleva a una baja actividad de la GPx induciendo a una involución tiroidea (debido a la toxicidad del peróxido de hidrógeno, que es esencial en el proceso de yodación de la tirosina en la glándula tiroidea). Sin embargo, este efecto es leve, y no tiene consecuencias clínicas evidentes. Cuando se combina con deficiencia de I o con la presencia de bociógenos, la deficiencia de Se podría ser un tercer factor capaz de explicar la endemia de un cretinismo predominantemente mixedematoso (Sánchez, 2009).

Los beneficios del Se en humanos son más que evidentes. Las selenoenzimas y selenoproteínas de reducción de especies de oxígeno reactivas, especies de oxígeno y nitrógeno reactivas, disminuyen el daño a membranas y otras estructuras de la célula por radicales libres. Además actúan en la reducción de la peroxidación de los lípidos y grupos sulfhídrico de la membrana celular. Por tanto, el Se ayuda a prevenir enfermedades que tengan un elevado nivel de estrés oxidativo como cáncer, VIH y complicaciones cardiovasculares (Hernández y Ríos, 2009).

3.6 Toxicidad del Se

El Se es un elemento esencial para el ser humano, y la ingesta diaria recomendada para adultos se sitúa alrededor de 0.055-0.070 mg. El Se es tóxico en humanos cuando la exposición se prolonga a dosis altas (más de 0.40 mg) (Benavides et al., 2010). Sus efectos tóxicos se conocen desde hace mucho tiempo y depende de factores como la forma química, la concentración y las posibles transformaciones que puedan sufrir en su interacción con el medio ambiente. Las formas orgánicas de los elementos por ejemplo, arsénico (As), mercurio (Hg) y estaño (Sn), suelen considerarse más tóxicas que las especies inorgánicas, por su naturaleza lipofílica, al poseer mayor facilidad para difundir rápidamente a través de las membranas celulares. Sin embargo, muchas especies orgánicas de Se son esenciales y forman parte de las proteínas (SeMet, SMC y SeCis₂), por lo que su toxicidad potencial a baja dosis es nula. Dentro de las formas inorgánicas, el Se⁰ parece ser el menos tóxico por ser el más insoluble y por tanto difícilmente asimilable por los organismos (Jaffé, 1992).

Según Hartikainen los efectos tóxicos pueden ser esperados en una ingesta crónica de alimentación que exceda aproximadamente 1 mg/kg. Se han registrado varios casos de envenenamiento por Se con un consumo dietético de 5 a 27 mg/kg, o por exposición industrial a seleniuros, dióxidos de Se y oxiclورو de Se. Los síntomas de selenosis por inhalación son mareos e irritación de las membranas mucosas. Cuando la exposición es elevada (mayor a 400 µg) produce acumulación de líquido en los pulmones, bronquitis, neumonía, fiebre, dolor de garganta, conjuntivitis,

vómitos, dolores abdominales, diarrea y expansión del hígado. Cuando es ingerido puede producir pelo quebradizo y uñas deformadas, sarpullidos, calor, edema de la piel, dolores agudos. Por último, la bioeliminación de Se ingeridos por la dieta humana es por vía urinaria en forma metilada $[(CH_3) Se^+]$ o acetilada (acetilgalactosaminado). Sin embargo, cuando hay una exposición tóxica, las vías secundarias a la bioeliminación del Se pueden ser por heces, sudor, orina, saliva, uñas y pelo (Hernández y Ríos, 2009).

3.7 Reflexión total de rayos X como metodología de determinación de Se en plantas.

Los espectros de rayos X característicos se excitan cuando se irradia una muestra con un haz de radiación X de longitud de onda suficientemente corta. El efecto del modo de reflexión total de excitación en fluorescencia de rayos X puede ser caracterizado por medio de solo tres parámetros: el ángulo crítico, la reflectividad y la profundidad de penetración. Estos parámetros fundamentales de la reflexión total son aportados por la física de la radiación electromagnética. La complejidad y el nivel de las herramientas teóricas necesarias para su descripción son determinadas por la extensión a la que son consideradas las propiedades reales de las interfaces y materiales a ser examinados.

Experimentalmente, la reflexión total de rayos X fue descubierta por Compton en 1923. Desde entonces, muchos científicos han investigado este fenómeno, experimental y teóricamente. Han sido cubiertas todas las regiones de energía, y muchos materiales han sido estudiados. La mayoría de investigaciones han estado dirigidas a la determinación de la reflectividad, y la verificación de las ecuaciones de Fresnel que relacionan la reflectividad al ángulo de incidencia oblicua. Las ecuaciones de Fresnel están basadas sobre una aproximación de la teoría clásica de la dispersión. Ellas han sido derivadas asumiendo una interfaz perfectamente plana y lisa entre medios homogéneos. Aun cuando una superficie real es, generalmente, irregular a escala microscópica, y dispersa los rayos X al mismo tiempo que los refleja, los resultados experimentales han mostrado suficiente concordancia para la aplicación particular a utilizar. Hasta ahora todos los instrumentos de reflexión total

de rayos X han sido diseñados y operados sobre la base de la teoría clásica de la dispersión y de las ecuaciones de Fresnel (Ramirez, 2003).

De las ventajas de realizar este método es que las cantidades de muestras son mínimas (mg) y pueden encontrarse en una gran variedad de formas, tales como sólidos, pastillas, polvos, líquidos, películas fina e incluso gases. Es aplicable a un rango de concentraciones amplio, desde 0.001% hasta 100%, la sensibilidad es mayor cuanto mayor es el número atómico del elemento presente y menores los número atómicos de los que forman la matriz, dado que el Se tiene un número atómico de 34 lo que le confiere buena sensibilidad para ser medido por esta técnica. El análisis simultáneo de varios elementos es posible por medio de equipos automáticos, que disponen de monocromadores semifijos con sistemas ópticos montados en torno a un tubo de rayos X centralmente localizado alrededor de la posición de la muestra. Cada cristal se ajusta para reflejar una línea fluorescente a su detector asociado. Una unidad registradora compatible permite que ambas señales, la reflexión de rayos X y la óptica, sean registradas en el mismo dispositivo (Ayala, 2001).

3.8 Alimentos Relacionados al Se

3.8.1 *Spinacia oleracea* L. (Espinaca) *Amaranthaceae*

3.8.1.1 Botánica

Hierba de tallo erecto de 30 cm a 1 m de longitud en el que se sitúan las flores, las hojas son caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad. Su color es verde oscuro, de las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. El Pecíolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que va disminuyendo poco a poco a medida que soporta las hojas de más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo. Las flores masculinas, agrupadas en número de seis a doce en las espigas terminales o

axilares presentan color verde y están formadas por un periantio con cuatro a cinco pétalos y cuatro estambres. Las flores femeninas se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio bi o tetradentado, con ovarios uniovulares, estilo único y estigma dividido en tres a cinco segmentos. Los frutos cuando esta hierba se encuentra en madurez generalmente presentan espinas, motivo por el cual se deriva en parte su nombre (Caicedo et al., 1995).

3.8.1.2 Ecología y distribución

Crece fundamentalmente al aire libre con regadío; aunque está más indicado en los invernaderos de las zonas del interior de Guatemala, crece a 1500 msnm, principalmente en áreas de Alta Verapaz y Quetzaltenango debido a que requiere de temperaturas frías y es inhibida en los trópicos (Booth et al., 1992).

3.8.1.3 Usos populares

Posee varias propiedades medicinales y además muchas propiedades nutritivas. Posee propiedades que inhiben o ayudan a evitar la aparición del cáncer, principalmente el de pulmón. Esto, por las excelentes propiedades antioxidantes que posee esta planta, con lo cual facilita la eliminación de los radicales libres presentes en el organismo. Estos últimos son los responsables de varias enfermedades degenerativas, como el envejecimiento y la aparición de cáncer. Las hojas de la espinaca poseen propiedades diuréticas, por lo cual estimula la eliminación de líquidos (Pighìn & Rossi, 2010).

3.8.1.4 Composición química /100g.

Agua 89%, proteínas 1.2 g, hidratos de carbono 2.6 g, fibra 2.2% lípidos 0.3%, potasio 500 mg, sodio 60 mg, calcio 90 mg, hierro 4 mg, fósforo 45 mg, vitamina C 30 mg, vitamina A 1 mg, vitamina B1 0.1 mg, vitamina B2 0.2 mg. Es una de las verduras más ricas en betacaroteno (provitamina A), y vitaminas del grupo B, C y E. Todas ellas de acción antioxidante. Asimismo es fuente de vitaminas del grupo B como folatos, B2, B6 y, en menor proporción, también se encuentran B3 y B1 (Pighín & Rossi, 2010).

3.8.2 *Moringa oleifera* Lam. (Moringa) *Moringaceae*

3.8.2.1 Botánica

Árbol verde o decíduo de tamaño pequeño y crecimiento acelerado que usualmente alcanza de 10 a 12 m de alto. Tiene una copa abierta y esparcida de ramas inclinadas y frágiles, un follaje plumoso de hojas pinadas en tres, y una corteza gruesa, blanquecina y de aspecto corchoso. Tiene hojas colgantes quebradizas, con corteza de corcho, hojas color verde claro, compuestas, tripinadas, de 30 a 60 cm de largo, con muchas hojas pequeñas de 1.3 a 2 cm de largo por 0.6 a 0.3 cm de ancho. Florece a los siete meses de su plantación. Las flores son fragantes, de color blanco o blanco crema, de 2.5 cm de diámetro. Produce vainas colgantes color marrón, triangulares, de 30 a 120 cm de largo por 1.8 cm de ancho, divididas longitudinalmente en tres partes cuando se secan; cada una contiene aproximadamente 20 semillas incrustadas en la médula. Semillas de color marrón oscuro, con tres alas. Su rusticidad lo hace muy fácil de cultivar (Parrotta, 1993).

3.8.2.2 Ecología y distribución

Crece ampliamente distribuida por los trópicos guatemaltecos como Petén, Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla y Retalhuleu a una altitud de 200 msnm, debido a que se desarrolla en climas secos y áridos (Alfaro y Martínez, 2008).

3.8.2.3 Usos populares

Posee propiedades terapéuticas, y también la utilizan para proteger la piel. Es un excelente floculante natural para purificación de aguas, energético, fuente de materia prima de celulosa y de hormonas reguladoras de crecimiento vegetal; usos en los cuales existen investigaciones en marcha. Las partes más útiles de Moringa son las hojas y vainas. Las hojas, un vegetal popular, ricas en vitaminas y minerales también pueden tomarse como en té. Los médicos las recomiendan especialmente a las madres lactantes (Faizi et al., 1998).

3.8.2.4 Composición química /100g.

Agua 83 %, proteína 20.5 g, grasa 27.2 g, carbohidratos energía 207 kcal, calcio 6.2 mg, potasio 27.5 mg, hierro 5.4 mg, vitamina C 1.9 mg y carotenos 343.6 ug. Es una fuente excepcionalmente buena de vitaminas A y B, así como de minerales (en particular, hierro) y aminoácidos que contienen azufre como la metionina y la cistina. También es rica en el ramnosa, un azúcar simple, glucosinatose isotiocianatos. Sus raíces contienen moringina y moringininea, además de otros ingredientes, tales como: fitosterol, ceras, resinas, zeatina, quercetina, ácido cafeoilquínico, pterigospermina y kaempferol (Faizi et al., 1998).

3.8.3 *Amaranthus hybridus* L. (Bledo) *Amaranthaceae*

3.8.3.1 Botánica

Hierba que puede medir 2 metros o más; posee un eje central y tiende a ramificarse a media altura o desde la base del tallo. Las hojas son generalmente opuestas o alternas, sin estípulas de forma elíptica, ovalada, lisa o de forma pubescente con nervaduras pronunciadas. Las inflorescencias pueden ser decumbentes, semirectas y rectas. La panoja de sus flores unisexuales, reunidas en glomerados formando umbelas. Cada flor contiene una semilla blanca en cada cápsula. Cada panoja tiene unos 50000 granos, con un diámetro de 1 a 1.5 mm, son pequeños y livianos de 1000 a 1300 granos llegando a pesar 1 g (Rangel et al., 2010).

3.8.3.2 Ecología y distribución

Crece en todo el mundo. Se encuentra en las zonas templadas de Argentina, Bolivia, Ecuador, Guatemala, México y Perú. Crece en clima cálido, semiseco y templado desde el nivel del mar hasta los 2600 msnm. En Guatemala se encuentra distribuida en la parte occidente y oriente del país (Tello, 2003).

3.8.3.3 Usos populares

Posee propiedades diuréticas y contra la bronquitis (Darias et. al., 1989). En África del Este, la planta entera es utilizada, en forma oral, contra la tenia (*Taenia*

saginata). En Mozambique, es extracto acuoso caliente de las hojas es utilizado como abortivo. En Latinoamérica es utilizado en la alimentación humana, en forma de verdura, las hojas tiernas son cocinadas en sopas, guisos y son consideradas medicinales y ornamentales (Amico, 1977).

3.8.3.4 Composición química /100g.

Agua 86.00 %, proteínas 3.7 g, ceniza 2.1 g, grasa 0.8 g, carbohidratos 7.4 g, fibra 1.5 g, calcio 303 mg, fosforo 74.0 mg, hierro 5.6 mg, vitamina A 1.6 mg, Vitamina B1 0.05 mg, Vitamina B2 0.24 mg, niacina 1.2 mg, vitamina C 65 mg (Dixit & Varma, 1971).

3.8.4 *Sechium edule* Sw. (Güisquil) *Cucurbitaceae*

3.8.4.1 Botánica

Hierba de tallos delgados ramificados de hasta 10 m de longitud. Posee hojas simples, alternas de 6 a 22 x 6 a 22 cm, con tres a cinco lóbulos, ovadas a suborviculares, el ápice agudo, la base redondeada subcordada o cordada, el margen dentado, usualmente glabras o glabrescentes, pecioladas. Inflorescencias axilares, las flores pistiladas solitarias y las estaminadas en racimos, pediceladas, la corola amarillenta a verde claro, de menos de 1 cm de largo. Las flores son unisexuales y se desarrollan en las axilas de las hojas, las flores masculinas nacen en racimos erectos y son de color verde a verde claro. Frutos de 7 a 20 cm, obovoides o piriformes, verdes, amarillentas o blancos al madurar, con o sin espinas, con una sola semilla (Venutolo et al., 2007).

3.8.4.2 Ecología y distribución

Crece en el sureste de Estados Unidos y las Antillas hasta Brasil, Bolivia y Argentina. En Costa Rica se cultiva en climas húmedos de todo el país. En elevaciones de 900 a 1300 msnm. En Panamá se cultiva en la provincia de Coclé, Chiquirí y el área del canal, en elevaciones de 0 a 2000 msnm. En Guatemala se encuentra distribuida en el departamento de Alta Verapaz (Venutolo et al., 2007).

3.8.4.3 Usos populares

Posee propiedades medicinales en el tratamiento de arteriosclerosis, bronquitis, dermatitis, hipertensión, leucoderma, pertusis, diurético y cicatrizante. Es recomendable infusión de sus hojas en el caso de cistitis. La hoja seca sirve para hacer cigarros medicinales y como forraje para animales domésticos. Los frutos se comen tiernos o sazones, así como la punta de las ramas y las raíces tuberosas. El fruto se pela y lava con abundante agua antes de cocerlo, ya sea en picadillo, olla de carne, sopas, crudo y en ensaladas. Los güisquiles pequeños se preparan en vinagreta y encurtidos. Los quiletos se usan en sopas, envueltos en tortas de huevo, en picadillo con papas, o añadidos de arroz. La raíz se come revuelta o envuelta con huevo o cocida (Venutolo et al., 2007).

3.8.4.4 Composición química /100g.

Agua 79.0 %, proteína 2 g, grasa 0.2 g, carbohidratos totales 17.8 g, fibra cruda 0.4 g, ceniza 1.0 g, calcio 7 mg, fósforo 34 mg, hierro 0.8 mg, actividades de vitamina A: tiamina 0.05 mg, riboflavina 0.03 mg, niacina 0.9 mg, ácido ascórbico 19 mg (Guzmán, 1975). Los frutos y principalmente las semillas son ricos en aminoácidos como ácido aspártico, ácido glutámico, arginina y alanina. Posee alcaloides, saponinas, esteroides, y triterpenos (Venutolo et al., 2007).

3.8.5 *Dysphania ambrosioides* L. (Apazote) *Cucurbitaceae*

3.8.5.1 Botánica

Hierba anual o perenne, erguida o ascendente, fuertemente olorosa, de 40 cm a 1 m de alto. Tallo simple o ramificado. Hojas pecioladas, oblongas y lanceoladas, de 3 a 10 cm de largo por 1 a 5 cm de ancho, gradualmente reducidas hacia la parte superior. Inflorescencia en forma de espigas con numerosas flores, dispuestas en panícula piramidal, con o sin hojas interpuestas. Perianto de 1 mm de largo, glanduloso. Semilla horizontal o vertical, negra brillante y lisa, de unos 0.7 mm de diámetro, margen obtuso (Gómez, 2008).

3.8.5.2 Ecología y distribución

Se encuentra ampliamente distribuida en las regiones templadas y tropicales de ambos mundos. Crece espontáneamente en los bordes de las charcas, terrenos de cultivo, bordes de los jardines y parques. Se adapta bien a terrenos arcillosos, xerofíticos, y subxerofíticos. Su ecología se relaciona con altitudes de 0 a 2760 msnm. En Guatemala se encuentra en Alta Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Jutiapa, Quetzaltenango, Quiché, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Totonicapán y Zapaca (Alban, 1984).

3.8.5.3 Usos populares

Posee propiedades antiparasitarias, aunque se han reportado otros usos para tratar: afecciones de la piel, trastornos renales, cólicos, dolores de estómago y hemorroides. Usualmente se prepara como decocción de la planta entera. El apazote es una planta comestible de amplio uso. En la medicina tradicional continua siendo utilizado para la elaboración de tisanas que administradas por vía oral permiten un tratamiento eficaz de pacientes con lombrices intestinales. El jugo de toda la hierba se administra a los niños en dosis de tres cucharaditas en una taza de agua o leche en ayunas durante cinco días. (Barbagallo, 1967).

3.8.5.4 Composición química /100g.

Agua 85.5 %, proteína 3.8 %, ceniza 2.4 %, carbohidratos 7.6 %, grasa 0.7 %, fibra 1.6 %, calcio 304 mg, fosforo 52 mg, hierro 5.2 mg, vitamina A 1210 µg. La planta entera es rica en aceite esencial, uno de cuyos componentes es el ascaridol. El mayor contenido de este aceite se encuentra en las semillas (Azpeitia, 1961).

3.8.6 *Lycianthes synanthera* Britter (*Chomté*) *Solaneceae*

3.8.6.1 Botánica

Arbusto que mide 1 a 3.5 m de altura, posee hojas solitarias o pareadas de tamaño desigual, similares en figura con venas encima y debajo, a veces escasas. La forma de las hojas es lanceolada a veces estrechamente elípticas, de 13 a 30 cm de

longitud y 4.5 a 15 cm de ancho. Los peciolos son 1 a 7 cm de longitud. La inflorescencia consiste de 4 a 12 flores, el cáliz es acampanado y mide 2 a 3 mm de longitud. La corola es blanca o lavanda. Los filamentos son de 1.5 a 2.0 mm de largo, y los estambres son de color rojo o naranja (López, 1994).

3.8.6.2 Ecología y distribución

Crece en malezas o bosques húmedos, a una altitud de 900 msnm, raramente se localiza en altitudes mayores. Se encuentra principalmente en El Petén, Alta Verapaz, Izabal, Quetzaltenango, Huehuetenango, Retalhuleu, Escuintla y Santa Rosa (Standley & Steyermark 1974).

3.8.6.3 Usos populares

Las hojas se utilizan como alimento por gente de la Q'eqch'í grupo étnico que viven en Alta Verapaz, Guatemala. Le cortan las ramas jóvenes, y separan las hojas, que son hervidas, escurridas y exprimidas por su sabor amargo, luego el tomate, cebolla, sal y aceite vegetal se añaden para hacer que el tradicional plato "chomté en chirmol". Otras formas de consumo son las empanadas de chomté, chomté con frijoles negros y tamalitos (Salazar et al., 2006).

3.8.6.4 Composición química /100g.

Agua 82.5 %, proteína 6.3 mg, grasa 0.4 mg, carbohidratos totales 6.3 mg, fibra cruda 2.8 mg, ceniza 1.7 mg, calcio 252 mg, fosforo 47.3 mg, hierro 1.9 mg, magnesio 1.51 mg, sodio 6.1 mg, potasio 417 mg, cobre 0.38 mg, Zinc 0.54 mg, carotenos 0.311 mg, riboflavina 0.56 mg, ácido ascórbico 22.3 mg (Salazar et al., 2006).

3.8.7 *Solanum americanum* Mill. (Macuy Oriental) *Solanaceae*

3.8.7.1 Botánica

Hierba erecta o rastrera, puede medir de 1 a 1.5 m de alto. Posee un tallo ramificado, con pelos encorvados hacia arriba o casi sin pelos, sus hojas a menudo en pares, siendo una más grande que la otra, poses pedicelos hasta de 3 cm de

largo, lámina lanceolada a ovalada, hasta de 8 a 15 cm de largo y 4 a 5.5 cm de ancho, aguda a acuminada en el ápice, entera a sinuado dentada en el margen, cuneada en la base, con pelos contra la superficie en ambas cara o sin pelos, la inflorescencia es lateral, en forma de umbelas o cimmas, pedicelos hasta de 10 mm de largo. Las flores con cáliz de 1 a 2 mm de largo, sus lóbulos cinco, más o menos del mismo largo que el tubo, ovalados u oblongos, doblados hacia abajo en fruto; corola morada o blanca, de 4 a 7.5 mm de largo. El fruto en globoso, de 4 a 8 mm de diámetro, negro en la madurez; semillas lenticulares, de más o menos 1 mm de diámetro (Márquez et al., 1999).

3.8.7.2 Ecología o distribución

Crece en forma silvestre en toda la república de Guatemala, Belice, oeste de Estados Unidos, de México a Panamá y en América. Crece desde los 450 a los 1500 msnm en matorrales húmedos y bosques y en laderas abiertas y campos. En Guatemala se ha descrito en Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jutiapa, Petén, Izabal Retalhuleu, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa (Rzedowski & Rzedowski, 2001).

3.8.7.3 Usos populares

Posee propiedades medicinales para tratar el susto; el dolor de cabeza; para curar granos y heridas. En Guatemala se consumen las plantas jóvenes hervidas (Rzedowski & Rzedowski, 2001).

2.8.7.4 Composición química /100g.

Agua 85.0 %, proteína 5.0g, grasa 0.8 g, carbohidratos totales 7.3 g, fibra cruda 1.4 g, ceniza 1.8 g, calcio 226 mg, fósforo 74 mg, hierro 12.6 mg, Actividad de Vitamina A 1883 ug, tiamina 0.20 mg, riboflavina 0.35 mg niacina 0.97 mg, ácido ascórbico 92 mg, valor energético 45 mg. Contiene alcaloides (solasodina, solasonin, glucoalcaloide y alcalinas) (Rzedowslo y Rzedowski, 2001).

3.8.8 *Solanum wendlandii* Hooker (Quixtán) *Solanaceae*

3.8.8.1 Botánica

Enredadera de tallos espinosos. Posee hojas completamente glabras, dispuestas en el extremo de las ramas son simples y lanceoladas; trilobuladas o trifoliadas las intermedias, subdivididas en 4-6 pares de folíolos las inferiores, flores de color lila situadas en la extremidad de ramas colgantes, reunidas en espectaculares mazos colgantes (León, 2000).

3.8.8.2 Ecología o distribución

De América Central y México. En Guatemala crece en clima cálido a 1800 msnm (León, 2000).

3.8.8.3 Usos populares

Se cultiva por los tallos tiernos, que se comen cocidos y son una magnífica fuente de fósforo (León, 2000).

3.8.8.4 Composición química /100g.

Agua 80.9 %, Proteína 3.5 g, grasa 0.2 g, carbohidratos totales 11.8 g, fibra cruda 1.8 g, ceniza 1.8 g, calcio 121 mg, fósforo 53 mg, hierro 2.5 mg, valor energético 63 kcal. Posee 0.2 µg/ml de saponinas, no presenta alcaloides ni flavonoides (León, 2000).

3.8.9 *Solanum nigrescens*, Martens y Galeotti (Macuy) *Solanaceae*

3.8.9.1 Botánica

Hierba de 0.5 a 2 m de alto, a menudo extendidas o algo escandentes; tallos pubescentes con pelos simples hasta de 0.5 mm de largo, estos laxo-extendidos o incurvados. Hojas ovaladas, de 4 a 10 cm de largo, 2 a 6 cm de ancho, esparcida y diminutamente pilosas en ambas superficies a casi glabras, enteras a sinuado-

dentadas en el margen, atenuadas en el ápice, la base largamente atenuada en el pecíolo. Inflorescencias extrea-axilares, simples, racemosas, cuando con pocas flores a menudo pareciendo umbeladas, con cinco a doce flores; pedúnculo primario de 1 a 2.5 cm de largo; pedicelos de 0.6 a 10 mm de largo en anthesis, de 0.9 a 1.3 cm de largo y fuertemente reflexos en el fruto; cáliz de 1 mm de largo en anthesis, lobada en 1/3 de la distancia a la base, los lobulos deltado, agudos, en el fruto extendidos debajo de la baya, corola blanca, a menudo púrpura, casi 7 mm de largo (Zavaleta, 2012).

3.8.9.2 Ecología y distribución

Crece en regiones con clima cálido, semicálido y templado de todo el mundo; crece desde los 1500 a 3900 msnm. En Guatemala se ha descrito en Chiquimula, el Progreso, Escuintla, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sacatepéquez, Sololá y San Marcos (Zavaleta, 2012).

3.8.9.3 Usos populares

Posee propiedades antibacterianas, astringentes, como laxante y estomacales. Puede usarse para tratar; edema, fiebre, tos, enfermedades del corazón, hemorroides, estreñimiento (Zavaleta, 2012).

3.8.9.4 Composición química /100g.

Agua 85.0 %, proteína 5.1 g, grasa 0.8 g, carbohidratos totales 7.3 g, fibra cruda 1.4 g, ceniza 1.8 g, calcio 226 mg, fósforo 74 mg, hierro 12.6 mg, actividad de vitamina A 1883 µg, tiamina 0.20 mg, riboflavina 0.35 mg, niacina 0.97 mg, ácido ascórbico 92 mg, valor energético 45 kcal. Contiene alcaloides insaturados, flavonoides, esteroides policíclicos, saponinas, azucares 2-desoxigenados, taninos, cardenólidos, ácido málico, riboflavina, tiamina, ácido ascórbico y sales minerales (Zavaleta, 2012).

3.8.10 *Cnidoscolus aconifolius* Mill. (Chaya) *Euphorbiaceae*

3.8.10.1 Botánica

Arbusto o árbol pequeño, generalmente de 3 a 5 m de altura, con un tronco grueso y de color pálido. Las hojas de forma muy variada, profundamente lobadas de tres a siete, cortada a la base, bastante gruesas y carnosas cuando están frescas; posee pecíolos de 10 a 20 cm de largo y algunas veces más cortos, usualmente glabrosos; las son flores blancas de sépalos glabrados o diminutamente puberulentos, blancos o verdosos, usualmente de menos de 1 cm de largo (National Academy of Science, 1975).

3.8.10.2 Ecología o distribución

Crece en lugares rocosos, más frecuentemente en linderos, en donde es plantado. Se cultiva a 1300 msnm o menos, y siempre propagado por cultivo. Es nativa de regiones tropicales del mundo encontrándose por lo menos 115 especies que varían entre una y otra. En América Central la mayoría de las plantas se encuentran en los patios de las casa o en cercos aledaños o riachuelos, pero algunas especies se encuentran en estado silvestre. Aunque ha sido reportada en Belice y otras regiones como copapayo o chanyo, es una especie que no está bien definida ni conocida en esta región (Standley & Steyermark, 1949).

3.8.10.3 Usos populares

Las hojas cuando tiernas y jóvenes se cuecen y se consumen como la espinaca y otras hiervas. Aunque su uso es bastante extenso, rara vez se encuentra en los mercados (Wuleng y Flores, 1961).

3.8.10.4 Composición química /100g.

Agua 79.8 %, proteína 6.2 g, grasa 1.3 g, carbohidratos totales 10.7 g, fibra cruda 2.0 g, ceniza 2.0 g, calcio 234 mg, fósforo 76 mg, hierro 2.8 mg, actividad de vitamina A 2.370 µg, tiamina 0.20 mg, riboflavina 0.40 mg, niacina 1.6 mg, ácido ascórbico 194 mg, valor energético 64 Kcal. Los grupos químicos de mayor

distribución son los fenoles, así como flavonoides, terpenos y esteroides (Ramírez y Villalobos, 2008).

3.8.11 *Croatalaria longirostrata* Hook. & Arn. (Chipilín) *Fabaceae*

3.8.11.1 Botánica

Hierba de tallo erecto y delgado, a veces tiene muchas ramas. Mide aproximadamente 1 m de alto. Tallos poco ásperos, pocas o ninguna estípula. Posee hojas con tres folíolos relativamente grandes (más de 3 cm de largo), redondeadas en el ápice pero no reflejos, los lóbulos del cáliz más o menos del mismo largo como el tubo de la flor y frutos corbados de alrededor de 4 cm de largo. Las flores crecen en un racimo terminal largo, multifloreado. La fruta es una legumbre con vainas de 2 cm de largo y 7 a 8 mm de grueso, poco áspero, globoso, inflada, no tabicada por dentro. Las semillas, de seis a ocho por vaina, son de color café oscuro y pequeñas. El chipilín es importante para la ecología, pues es fuente de enriquecimiento natural para la tierra y para capacitarla en posteriores cultivos, ya que fija en sus raíces el nitrógeno que absorbe de la atmósfera (Azurdia y Gonzales, 1986).

3.8.11.2 Ecología o distribución

Crece en espesuras húmedas o algo secas, laderas abiertas, comúnmente rocosas, frecuentemente encontradas en bosques de pino o encino, abundante en campos cultivados. Comúnmente plantada en campos y jardines. Esta planta se encuentra relativamente bien distribuida en Guatemala a excepción de los departamentos de Izabal, San Marcos, Baja Verapaz, y Quiché, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2,500 msnm (Domínguez, 1997).

3.8.11.3 Usos populares

Se consumen las hojas y los brotes tiernos, ya sean fritos o hervidos; mezclados con harina de maíz (tamalitos de chipilín), y en caldos que se combinan con arroz (Azurdia y Gonzales, 1986).

3.8.11.4 Composición química /100g.

Agua 81.8 %, proteína 7.1 g, grasa 1.0 g, carbohidratos totales 8.7 g, fibra cruda 1.9 g, ceniza 1.4 g, calcio 248 mg, fósforo 74 mg, hierro 4.9 mg., actividad de vitamina A 3843 µg, tiamina 0.33 mg, riboflavina 0.52 mg, niacina 2.02 mg, ácido ascórbico 112 mg, valor energético 57 Kcal. La hoja es rica en proteína, de alto contenido de lisina, por esta razón es un excelente suplemento de los cereales. Además posee un elevado contenido de carotenos con alta biodisponibilidad. Posee aminoácidos como leucina 0.44%, isoleucina 0.33%, lisina 0.42%, metionina 0.03%, fenilalanina 0.20%, treonina 0.26%, valina 0.45% y nitrógeno 4.59% (Bressani, 1975).

4. JUSTIFICACIÓN

Un componente importante en la desnutrición crónica por oligoelementos es la carencia de ciertos elementos traza indispensables para la constitución de enzimas, hormonas y diversos elementos de la inmunidad humana. El Se es un elemento traza esencial de fundamental importancia en la salud por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y quemopreventivas atribuidas a la presencia de 25 seleproteínas que participan en diversas acciones de bienestar, lactancia, reproducción y salud de la progenie. Su deficiencia se vincula con la biodisponibilidad en relación con la biogeoquímica específica para este elemento. Este problema se encuentra correlacionado con la falta de una adecuada alimentación que actualmente vive la población Guatemalteca, de manera que al determinar la presencia del Se en los vegetales que se consumen tradicionalmente se puede ayudar en la erradicación de ésta, promoviendo el consumo del mismo.

Esta investigación permite coadyuvar en el combate a la desnutrición crónica por oligoelementos que se vive en el país. De tal forma que con la información que se plantea en dicho estudio se contribuya a establecer la forma de consumo de hierbas nativas adecuada, y así mismo los guatemaltecos puedan beneficiarse directamente, en especial las nuevas generaciones que hoy por hoy son más vulnerables ante la falta de alimentos que proporcione nutrientes para su adecuado desarrollo y sobrevivencia. Los resultados de esta investigación aportan información importante relacionada con el contenido de Se disponible para la alimentación humana en hierbas de consumo tradicional, considerando que estas hierbas contribuyen a combatir la desnutrición crónica por oligoelementos en una forma sencilla y disponible por las familias del área rural. Mediante esta investigación la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y a la Universidad de San Carlos participan en la solución de los problemas de índole alimentaria y de salud en Guatemala. Estos resultados fomentan el consumo de hierbas nativas a mayor escala, en las personas del área rural de Guatemala. De manera que los beneficiados directos serán las y los guatemaltecos del área rural quienes harán uso del consumo de las hierbas como complementos alimentarios en sus comunidades.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Evaluar el contenido de Se en hojas de vegetales nativos de uso tradicional en la alimentación del guatemalteco.

5.2 Específicos

- 5.2.1 Determinar el contenido de Se en la materia vegetal seca, mediante difracción de rayos x.
- 5.2.2 Establecer los miligramos de Se presentes por porción (100 g) de materia vegetal fresca.
- 5.2.3 Valorar el contenido de Se presente en la materia vegetal fresca de cada especie de acuerdo al índice de requerimiento de ingesta diaria recomendada.

6. HIPÓTESIS

El presente trabajo no cuenta con una hipótesis ya que es un estudio exploratorio del contenido de Se en hojas de vegetales nativos de uso tradicional en la alimentación del Guatemalteco.

7. METODOLOGIA

7.1 Universo:

Flora comestible vegetal autóctona de Guatemala.

7.2 Población de Trabajo:

Especies nativas, varias de ellas que ya han sido estudiadas por su composición química y análisis bromatológico. Estas especies, se colectaron en los departamentos de Escuintla, Guatemala, Jalapa, Sacatepéquez, y Suchitepéquez. Se obtuvieron dos especies, la cuales son espinaca (*S. oleracea*) y a moringa (*M. oleifera*), las cuales fueron utilizadas como controles.

7.3 Muestra:

Nueve especies nativas empleadas como alimento

Nombre científico	Nombre común
<i>Amaranthus hybridus</i>	Bledo
<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>	Chaya
<i>Crotalaria longirostrata</i>	Chipilín
<i>Dysphania ambrosioides</i>	Apazote
<i>Lycianthes synanthera</i>	Chomté
<i>Sechium edule</i>	Güisquil
<i>Solanum americanum</i>	Yerba mora
<i>Solanum nigrescens</i>	Macuy
<i>Solanum wendlandii</i>	Quixtán

7.4 Recursos:

- 7.4.1 Humanos
 - 7.4.1.1 Asesor: Licenciado Armando Cáceres
 - 7.4.1.2 Seminaristas: Br. Eunice Madaí Alvarado Noriega, Br. Edith Ivonne Cabrera Morales Br. María Gabriela Mancilla Herrera, Br. Sonia Mariela Tumax Chiroy.
 - 7.4.1.3 Colaboradores: Lic. Rony Ayala
- 7.4.2 Institucionales
 - 7.4.2.1 Fisichem Inc.
 - 7.4.2.2 Laboratorio de Productos Naturales FARMAYA, S.A.
 - 7.4.2.3 Laboratorio de Investigación en Productos Naturales (LIPRONAT)

7.5 Métodos:

- 7.5.1 Recolección de la Muestra
 - 7.5.1.1 Equipo
 - 7.5.1.1.1 Espectrómetro de Reflexión Total de Rayos X, modelo XAR-E200 de IScientific.
 - 7.5.2 Materiales
 - 7.5.2.1 Crisol de Porcelana de 40 ml
 - 7.5.2.2 Reflectores de cuarzo
 - 7.5.2.3 Plancha Calentadora
 - 7.5.2.4 Lámpara Infrarroja
 - 7.5.2.5 Balón Aforado de 25 ml
 - 7.5.2.6 Balanza Analítica.
 - 7.5.2.7 Beacker
 - 7.5.3 Reactivos:
 - 7.5.3.1 Acido Nítrico
 - 7.5.3.2 Acido perclórico

7.5.3.3 Estándar de itrio

7.6 Diseño de campo:

7.6.1 Unidad Observacional: Cada hierba obtenida en dos colectas.

7.6.2 Tipo de Estudio: Descriptivo, prospectivo, transversal y experimental.

7.7 Procedimiento:

7.7.1 Selección de vegetales nativos (Hierbas):

Se seleccionaron preferentemente aquellas muestras provenientes de lugares de cultivo o manejo, siguiendo los criterios de buenas prácticas de cultivo (BPC). Las dos especies internacionales escogidas como control se obtuvieron del mismo lugar que las anteriores. Los materiales fueron lavados cuidadosamente en el origen para evitar la contaminación con polvo y se secaron en desecadoras de alimentos 40-60°C durante 12-24 h. Estas especies, se colectaron en los departamentos de Escuintla, Guatemala, Jalapa, Sacatepéquez y Suchitepéquez. Las muestras determinadas se depositaron en el herbario del laboratorio Farmaya, utilizando las siglas CFEH.

7.7.3 Muestras de tejido vegetal:

Las muestras vegetales se lavaron con agua destilada tres veces para eliminar posibles contaminantes y se secaron en un horno de convección forzada 65°C durante 24 h o el tiempo que se requiera hasta obtener peso constante. Luego se molieron en un molino de acero inoxidable y finalmente tamizadas en una malla de 70 mesh.

7.7.4 Digestión de la materia vegetal:

Se pesaron aproximadamente 0.2500 g de cada materia vegetal en un vaso de precipitar de 50 ml y se adiciono cuidadosamente 7 ml de una mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico concentrados en relación 5:1 respectivamente.

Se taparon con vidrio de reloj y calentaron lentamente en estufa hasta digestión completa de la muestra eliminando cuidadosamente los vapores ácidos en la campana de extracción.

Se enfrió el vaso de precipitar que contiene la muestra digerida y se trasvasó cuantitativamente en un balón aforado de 25 ml, adicionando 125 µl de solución estándar de itrio 1000 ppm y se aforó con agua desmineralizada.

7.7.5 Cuantificación de oligoelementos (Se):

Se agregaron 20 µl de las soluciones digeridas en los reflectores de cuarzo, secándolos con lámpara infrarrojo y colocándolos en el detector del sistema de reflexión total de rayos X. Se registraron las respectivas áreas de cada elemento presente en la muestra analizada y se compararon con la curva de calibración multielemental que contenía los elementos de interés en una concentración de 5 ppm de cada elemento y además el estándar interno de itrio (Y) a la misma concentración.

7.7.6 Análisis de Datos:

A los resultados obtenidos se les aplicó estadística descriptiva y se expresó el resultado obtenido en mg de Se en gramos de materia vegetal seca. Se realizó una tabla de comparación de contenido de Se con los datos obtenidos en este estudio contra el índice de ingesta diaria recomendada en niños, hombres y mujeres.

8. Resultados

8.1 Plantas seleccionadas

Se analizaron las hojas de 11 especies vegetales de uso alimenticio, de las cuales se desconocía el contenido de Se empleando el método de reflexión total de rayos x. Estas especies fueron elegidas por ser plantas nativas usualmente comestibles en los departamentos de colecta según su disponibilidad, los cuales fueron: Escuintla (*M. oleifera*), Guatemala (*C. aconitifolius*, *S. edule*), Jalapa (*A. hybridus*), Sacatepéquez (*D. ambrosioides*, *S. nigrescens*, *S. oleracea*), y Suchitepéquez (*C. longirostrata*, *L. synanthera*, *S. americanum*, *S. wendlandii*).

8.2 Ubicación geográfica de las plantas seleccionadas

En la Tabla 1 se presenta la lista detallada de las 11 especies vegetales colectadas para este estudio indicando así el número de voucher botánico del herbario del Laboratorio de Productos Naturales Farmaya, el lugar de colecta, localización geográfica y altura sobre el nivel del mar. Dichos datos fueron colectados en el momento de la toma de muestra de cada especie vegetal en los departamentos anteriormente mencionados.

Tabla 1

Ubicación geográfica y código de identificación de cada especie vegetal

Especie	No. de voucher	Lugar de colecta	Localización geográfica
<i>Amaranthus hybridus</i>	CFEH 1264	Aldea el Pinalito, San Pedro Pinula, Jalapa.	N 14° 40' 20.0" O 89° 52' 30.9" 1,152 msnm
<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>	CFEH 1272	CEDA de la Facultad de Agronomía, Ciudad Universitaria, zona 12 anexo El Kakawatal	N 14° 34' 54.58" O 90° 33' 10.96" 1,479 msnm
<i>Crotalaria longirostrata</i>	CFEH 1268	San Bernardino, Suchitepéquez	N 14° 33' 44.0" O 91° 27' 16.9" 440 msnm
<i>Sechium edule</i>	CFEH 1274	Aldea El Paraíso, San José Pinula, Guatemala	N 14° 36' 47.88" O 90° 22' 43.26" 1,451 msnm
<i>Dysphania ambrosoides</i>	CFEH 1281	Aldea Los Turuy, San Juan Sacatepéquez, Guatemala	N 14° 42' 33.7" O 90° 40' 24.5" 1,735 msnm
<i>Lycianthes synanthera</i>	CFEH 1277	Ecoparcela El Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez	N 14° 33' 06.0" O 91° 27' 57.9" 623 msnm
<i>Moringa oleifera</i>	CFEH 1267	Finca El Porvenir, Nueva Concepción, Escuintla	N 14° 07' 19.32" O 91° 17' 1.62" 33 msnm
<i>Solanum americanum</i>	CFEH 1279	Finca San José, San Bernardino, Suchitepéquez	N 14° 31' 49.4" O 91° 28' 25.8" 377 msnm
<i>Solanum nigrescens</i>	CFEH 1263	Cantón Santo Domingo, Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez	N 14° 38' 25.5" O 90° 40' 26.5" 2,064 msnm
<i>Solanum wendlandii</i>	CFEH 1265	Ecoparcela El KaKawatal, Samayac, Suchitepéquez	N 14° 33' 05.6" O 91° 28' 01.0" 621 msnm
<i>Spinacea oleracea</i>	CFEH 1266	Cantón Santo Domingo, Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez	N 14° 38' 25.0" O 90° 40' 29.0" 2,062 msnm

Fuente: datos obtenidos en el laboratorio Fito farmacéutico, FARMAYA

8.3 Contenido de Se en cada una de las especies analizadas.

En la Tabla 2 se presenta el contenido y porcentaje de Se, en 0.25 g de cada una de las especies analizadas por el método de reflexión total de rayos X. Es importante mencionar que únicamente se detectó Se en la especie *A. hybridus*.

Tabla 2

Contenido y porcentaje de Se por reflexión total de rayos X de las especies vegetales analizadas, por gramo de muestra seca.

Especie vegetal	Se	Se	Se
	(g)	(%)	(%)
	Muestra seca	Muestra seca	Muestra fresca
<i>Amaranthus hybridus</i>	$3.5 \cdot 10^{-5}$	0.0035	0.0007
<i>Cnidocolus aconitifolius</i>	NC	DNR	DNR
<i>Crotalaria longirostrata</i>	NC	DNR	DNR
<i>Dysphania ambrosoides</i>	NC	DNR	DNR
<i>Lycianthes synanthera</i>	NC	DNR	DNR
<i>Moringa oleifera</i>	NC	DNR	DNR
<i>Sechium edule</i>	NC	DNR	DNR
<i>Solanum americanum</i>	NC	DNR	DNR
<i>Solanum nigrescens</i>	NC	DNR	DNR
<i>Solanum wendlandii</i>	NC	DNR	DNR
<i>Spinacea oleracea</i>	NC	DNR	DNR

Se: selenio; g: gramos; %: porcentaje; NC: no cuantificable ($<1.3 \cdot 10^{-5}$); DNR: dato no reportado (<0.0013);
Fuente: datos experimentales obtenidos en el laboratorio FISICHEM Inc, Boulevard Los Próceres, Zona Pradera torre 2.

9. Discusión de resultados

El Se es un elemento traza esencial que realiza sus acciones como constituyente de las selenoproteínas. Cumple un papel como antioxidante con sus trascendentales implicaciones protectoras contra los radicales libres. Como otros micronutrientes, el Se debe obtenerse de la dieta, sin embargo la concentración de Se en los alimentos es muy variable pues está directamente relacionada con la concentración de Se en el suelo (Casals, Santamarina, y Ballesta, 2005).

Actualmente existen estudios de Se empleando el método de absorción atómica por generación de hidruros con algunas modificaciones. Dentro de estas pueden mencionarse Croacia (Klapec et al., 2004), Grecia (Pappa et al., 2006), Argentina (Sigrist, et al., 2012), Portugal (Ventura et al., 2009) e Irlanda (Murphy y Cashman, 2011). Estos refieren que los alimentos ricos en Se son los huevos, carnes y cereales, mientras que los vegetales y las frutas contienen trazas de Se. Por otro lado, empleando el método de espectroscopia de masas con plasma acoplado inductivamente puede mencionarse a (Choi et al., 2009), obteniendo resultados similares al método antes mencionado.

Las plantas fueron seleccionadas según el consumo de hierbas nativas por la población rural, para conocer su potencial para contribuir con el combate de la desnutrición crónica que se vive en el país, que implica carestía de oligoelementos; en vista que el Se es parte esencial de las selenoproteínas que ayudan a disminuir el nivel de estrés oxidativo y aumentan la inmunidad (Hernández y Ríos, 2009).

Para la determinación de Se por el método de reflexión total de rayos X, las especies vegetales fueron secadas en un horno de convección forzada, se procedió a realizar la digestión de la materia, para lo cual se utilizó un estándar interno de itrio y se midió utilizando reflectores de cuarzo en el espectrómetro de reflexión total de rayos X. De las 11 especies vegetales analizadas únicamente se demostró la presencia de Se en el bledo (*A. hybridus*) estableciéndose que en una porción (100 g) de materia vegetal fresca de bledo, se aportan 0.355 mg de Se cumpliendo con el requerimiento diario establecido, el cual corresponde a 0.055-0.0700 mg en hombres y mujeres (Anexo 3). En las otras especies no se detectaron

concentraciones de Se por encontrarse por debajo del límite de detección del equipo ($3.9 \cdot 10^{-8}$ mg) (Tabla 2). Silva (2011), en su artículo de validación de la metodología analítica para cuantificación de Se en alimentos de la canasta básica del costarricense, refiere que el método oficial de la Association of Analytical Communities (AOAC International) utiliza la técnica de espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros, sin embargo el método de reflexión total de rayos X empleado en este estudio demostró límites de detección experimentales menores que el método por absorción atómica (Anexo 4). En Guatemala no se cuenta con datos sobre el contenido de Se en alimentos consumidos por la población por ninguno de los métodos.

Según el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) en su informe del 2008, por su origen, hay dos grandes zonas de suelos en Guatemala: volcánicos y sedimentarios. El Se es un elemento de origen volcánico, acompaña al azufre y se encuentra en los terrenos arcillosos, químicamente forma con el hidrogeno y el oxígeno los mismo compuestos que el azufre (H_2SeO_4 , H_2SeO_3 , H_2Se y SO_2). Las formas oxidadas de Se son acumulables en plantas debido a su elevada solubilidad y son metabolizadas por la vía de asimilación del S y su distribución y acumulación dependerá de la especie química y la concentración del elemento suministrado a las raíces y por vía foliar, así como de la naturaleza y la concentración de otras sustancias. Por ejemplo, los taninos, que según Sanabria & Sangronis (2007), refieren que son antioxidantes los cuales al reducir el Se, este deja de ser biodisponible para ser absorbido por la planta.

Germ & Stibilj (2007), establecen en su estudio de Se y plantas que la captación y acumulación de Se por las plantas se determina por la forma química y la concentración, los factores del suelo tales como el pH, la salinidad y el contenido de carbonato de potasio (KCO_3), la identidad y la concentraciones de iones competitivos y la capacidad para absorber y metabolizar el Se. Dichos factores influyen en los resultados obtenidos durante el análisis de las especies por reflexión de rayos X, los cuales no pueden compararse porque el análisis de suelo no fue tomado en cuenta en este estudio.

Benavides y colaboradores (2010), en su estudio de elementos traza y calidad nutricional como en los casos del yodo, zinc y selenio, empleó un tratamiento previo de enriquecimiento pre y post cosecha de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), para determinar la factibilidad del enriquecimiento de Se con selenito de sodio a través de la vía foliar, obteniéndose como resultado un aumento en la calidad nutritiva de los frutos y en el tamaño. Este procedimiento puede ser aplicado en posteriores estudios con el fin de obtener mayores resultados sobre el contenido y biodisponibilidad de Se en los vegetales de consumo humano.

En el proceso de determinación de Se por el método de reflexión total de rayos X, es posible determinar otros oligoelementos presentes, por lo que se comprobó que las plantas también tienen importancia nutricional en cuanto a Fe y Zn. Utilizando espinaca (*S. oleracea*) como control, las especies vegetales con mayor porcentaje de Fe fueron: chomté (*L. synanthera*), macuy (*S. nigrescens*) y moringa (*M. oleifera*) y la especie vegetal que presentó mayor porcentaje de Zn fue apazote (*D. ambrosioides*) (Anexo 2). El Fe es un elemento mineral necesario para transportar y almacenar el oxígeno en la sangre, médula ósea y músculos. Tiene la capacidad de oxidarse o reducirse, según las condiciones ambientales, por lo que es indispensable para el transporte de electrones en las reacciones mitocondriales y otras reacciones celulares como síntesis de ADN, participar directamente en actividades de crecimiento, cicatrización, reproducción y defensa, además es utilizado por las enzimas involucradas en la síntesis de colágeno, hormonas y moléculas neurotransmisoras (Yehuda & Mostofsky, 2010). Por otro lado el Zn es un elemento mineral traza que participa en importantes reacciones relacionadas con el crecimiento y desarrollo, la función neurológica, reproductiva, muchas reacciones enzimáticas y metabólicas particularmente en el manejo neonatal de la glucosa y el desarrollo futuro de otras enfermedades crónicas (Christian & Stewart, 2010) y para el sistema inmune, habiéndose demostrado que su deficiencia compromete el funcionamiento de los linfocitos T y otras células inmunes, tales como las células dendríticas (Rink & Haase, 2006) por lo que son muy importantes en el manejo de los procesos infecciosos. Complementariamente se determinó la presencia de oligoelementos con menos importancia nutricional como lo son rubidio (Rb) y

estroncio (Sr), que en este caso el apazote (*D. ambrosioides*), tiene cantidades de ambos microelementos por encima de los valores obtenidos en la especie vegetal tomada como control (Anexo 2). El Sr es un oligoelemento naturalmente presente en trazas, encontrándose 100 $\mu\text{g/g}$ de hueso. Tiene un método único de acción que suministra una actividad dual en los huesos. Las células de los huesos crecen continuamente y son reabsorbidas al mismo tiempo, los fármacos para fomentar el crecimiento de los huesos basados en calcio (Ca) de roca afectan principalmente sólo el lado de reabsorción. El Sr ofrece el beneficio doble de la inhibición de la reabsorción mientras que a la vez estimula el crecimiento de los huesos. Actualmente no se conoce ninguna sustancia o fármaco que ofrezca este efecto dual, sin embargo es importante mencionar que en patologías como la osteoporosis, disminución de la densidad ósea y en otros casos en los que el Sr se usa como un tratamiento, este no se medica de forma aislada, en el estudio de Sr como reductor del riesgo de fractura de vertebra se sugiere que dicho tratamiento debe de ser acompañado de terapia con Ca, vitamina D y ejercicios de pesas (Lee, 2007).

Por su parte el Rb es fácilmente absorbible por el cuerpo humano pero hasta el momento no se ha comprobado ninguna función dentro del mismo, sin embargo se conoce que es un metal atóxico, observándose también que en algunos animales de laboratorio su deficiencia causa disminución en la ingesta de alimentos y en su crecimiento, de donde puede colegirse su verdadera importancia, (Melo & Cuamatzi, 2007).

El consumo de suplementos de la dieta o en este caso de las especies vegetales mencionadas es de importancia fisiológica para el cumplimiento de los requerimientos diarios, así mismo una alimentación adecuada y completa. El consumo de los minerales traza cuantificados, proporcionan al organismo funciones estructurales y de coagulación, equilibrio entre sales y líquidos, formación de enzimas, desarrollo, crecimiento y muchas otras actividades. Es de esperar que una dieta diversa y balanceada pueda prevenir las deficiencias de oligoelementos y garantizar un crecimiento y desarrollo.

10. Conclusiones

- De las 11 especies vegetales nativas de uso tradicional en la alimentación del guatemalteco evaluadas, únicamente el bledo (*Amaranthus hybridus*) contiene cantidades cuantificables de Se.
- En una porción de 100 g de bledo en base a materia fresca, se determinó 0.355 mg de Se.
- La cantidad de Se aportada por una porción de 100 g de materia fresca de bledo cumple con el requerimiento de ingesta diaria recomendada, el cual corresponde a 0.055-0.0700 mg en hombres y mujeres.

11. Recomendaciones

- Cuantificar Se en el suelo de las especies colectadas para evaluar la correlación del contenido de Se en las plantas analizadas, con el de Se contenido en el suelo.
- Realizar un proceso de pre y post enriquecimiento de Se vía foliar mediante la aplicación de selenito de sodio al vegetal para obtener mayores resultados durante la evaluación de la planta.
- El consumo de por lo menos una porción de chaya (*C. aconitifolius*), chipilín (*C. longirostrata*), apazote (*D. ambrosioides*), moringa (*M. oleifera*) macuy (*S. nigrescens*), y espinaca (*S. oleracea*) puede ayudar a cubrir el requerimiento diario de microelementos en niños.
- Promover el consumo de las especies vegetales estudiadas en la alimentación del guatemalteco, ya que proveen una buena fuente de microelementos esenciales para la ingesta diaria recomendada.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, L. (2007). Selenio. Laboratorios Santa Elena. Uruguay. Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/95-selenio.pdf
- Alban, C. (1984) *Plantas Medicinales: Usadas para los trastornos digestivos*. Informe de prácticas profesionales, facultad de ciencias biológicas. Perú: UNMSM.
- Alfaro N. y Martinez, W. (2008). Uso potencial de la moringa (*Moringa oleifera, Lam*) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. Guatemala, CA: Seriprensa, S.A. INCAP & CONCYT.
- Al-Ahmary, K.(2009). Selenium content in selected foods from the Saudi Arabia market and estimation of the daily intake. *Arabian Journal of Chemistry*, 2, 95-99.
- Amico, A. (1977). Medicinal plants of Southern Zambesia. *Fitoterapia*, 48, 101-136.
- Aranceta, J., Foz, M., Gil, B., et al. (2007) *Dieta y Riesgo Cardiovascular*. Madrid-España: Editorial Médica Panamericana.
- Ayala, R. (2001). Curso de fluorescencia de Rayos X. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Escuela de Química, Facultad de CCQQ y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Doc. Tec.
- Azpeitia, G. (1961). Contribución al estudio de esteroides y triterpenos pentacíclicos en plantas mexicanas (Tesis de Doctorado). México: UNAM.
- Barbagallo, C. (2008). Flora oficial del territorio de Caltagirone. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 4(1), 45-165.

- Benavides, A., Ramírez, V., Fuentes, L., Sandoval, A. (2010). Elementos traza y la calidad nutricional, casos de iodo, zinc y selenio. Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.
- Bressani, D. (1975) World needs for improved nutrition and the role of vegetable and legumes. Annual Mon. Series. Shanhua, Taiwan, Republic of china Nº 10.
- Booth, S., R. Bressani, and T. Johns. (1992). Nutrient content of selected indigenous leafy vegetable consumed by Kekchi people of Alta Verapaz, Guatemala. *Journal Food Composition*, 5, 25-34.
- Caicedo, G. y Ruiz, A. (1995). Análisis de crecimiento y desarrollo para dos genotipos de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en variedad monstruosa de viroflay y el híbrido 424. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía Santafé de Bogotá.
- Campos, J. (2003). Contenido de Macronutrientes, Minerales y Carotenos en Plantas Comestibles Autóctonas de Guatemala. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Cañari, C. (2011). El Selenio, un elemento poco conocido con un rol biológico importante. *Revista de Química PUCP*, 25(1), 30-31.
- Casals, G., Santamarina, M. y Ballesta, A. (2005). Importancia del selenio en la práctica clínica. *Química Clínica*, 24(3), 141-143.
- Cáceres, A. (2014). Determinación y evaluación del contenido y disponibilidad de oligoelementos en hojas de vegetales nativo de uso tradicional en la

alimentación del guatemalteco y presencia de agentes antioxidantes y antinutricionales (informe final). CONCYT.

Choi, Y., Kim, J., Lee, H., et al. (2009). Selenium content in representative korean foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 117-122.

Christian, P. & Stewart, C. P. (2010) Maternal micronutrient deficiency, fetal development, and the risk of chronic disease. *Journal of Nutrition*, 140, 437-445.

Dixit, V. & Varma, K. (1971). *Fixed oil seeds of Amaranthus Hybridus*. *Indian oil soap Journal*, 36(9), 273-274.

Domínguez, A. (1997). *Evaluación de Distancias de Siembra Sobre el Rendimiento de Biomasa del Cultivo de Chipilín (Crotalaria longirostrata Hook & Arn) en el Municipio de San Antonio Suchitepéquez*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Faizi, S et al., (1998) Compuestos bioactivos de las hojas y vainas de *Moringa oleífera*. Nuevas tendencia en Química de Productos Naturales 175-183.

FAO. (1999). *Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas*. Roma. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas.

Fernández, F. (2007). *Cnidoscolorum notulae: C. aconitifolius* (Miller) I.M. Johnston subsp. *Aconitifolius*. *Adumbrationes ad Summæ Editionem*, 21(2), 1-46.

Gamboa, R. (2005). *El selenio y su impacto sobre la salud del ser humano*. *Revista Médica del Hospital Nacional de Niños*, 40(1), 44-47.

- García, A. (2001). *Química Clínica de Elementos Traza en Nuestra Comunidad*. (Tesis de Doctorado). Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza.
- García, A. (2006). Ingesta de nutrientes: Conceptos y Recomendaciones Internacionales. *Revista Nutrición Hospitalaria*; 21(3), 291-299.
- Germ, M. & Stibilj, V. (2007). Selenium and plants. *Acta Agricultura Slovenica*, 89 (1), 66.
- Gonzales, R. (2008). *De flores, brotes y palmitos: alimentos olvidados*. *Secretaria de la Política Nacional en Alimentación y Nutrición*, 32 (2), 184.
- Grivetti, L. & Ogle, B. (2000). Value of traditional foods in meeting macro- and micronutrient needs: the wild plant connection. *Nutrition Research Reviews*, 13, 31-46.
- Gómez, J. (2008). Epazote (*Chenopodium ambrosioides*): Revisión a sus características morfológicas, actividad farmacológica, y biogénesis de su principal principio activo, ascaridol. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 7(1), 3-9.
- Hartikainen, H. (2005). Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18(4), 313-315.
- Hernández, H. y Ríos, M. (2009). Rol biológico del selenio en el humano. *Química Viva*, 8(2), 67-80.
- Huisman, J. y G.H. Tolman. 1992. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. *In: Recent Advances in Animal Nutrition*.

Garnsworthy, P.C., H. Haresing and D.J.A. Cole (Eds.). U.K. Butterworth Heinemann. pp 3-31.

Jansman, A. (1993). Tannins in feed feedstuffs for simple-stomached animals. *Nutrition Research Reviews*, 6, 209-212.

Jaffé, W. (1992). Selenio, un elemento esencial y tóxico: Datos de Latinoamérica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 42(2), 90-93.

Kumar, R. y D´Mello, J. (1995). *Anti-nutritional factors in forage legumes*. In: *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. D´Mello, J.P.F. and C. Devendra (Eds.). CAB International. pp 95-133.

León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3ª Ed.). San José, Costa Rica: IICA

López, C. (1994). *Manual para la preparación de materiales de plantas para análisis químico de actividad de vitamina A*. Guatemala: Centro de estudio en sensoriopatas, senectud e impedimentos y alteraciones metabólicas-CESSIAM.

Lee, T. (2007). Strontium Reduces Risk of Vertebral Fractures. *Natural Health News & Self-Reliance*. 28 (1).

Makkar H. & Becker K. (2001) *The potencial of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses*. Managua: Nikolaus Foild.

Marin, Z. (2008). *Elementos de Nutrición Humana*. México. Editorial EUNED.

Márquez, A., Lara, O., Esquivel R. y Mata E. (1999). *Plantas medicinales de México II. Composición, usos y actividad biológica*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Melo Ruiz y Cuamatzi Tapia. (2007). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Barcelona España: Reverte, S.A. p. 373.
- Murphy, J., & Cashman, K. (2001). *Selenium content of a range of Irish foods*. *Food Chemistry*, 74, 493-498.
- National Academy of Sciences. (1975). *Under exploited tropical plants with promising economic value*. Washington, D.C.
- Navarro, M. y Cabrera, C. (2008). *Selenium in food and the human body: A review*. *Science of the Total Environment*, 400, 115-141.
- Pappa, E., Pappas, A. & Surai, P. (2006). *Selenium content in selected foods from the Greek market and estimation of the daily intake*. *Science of the Total Environment*, 372, 100-108.
- Parrotta, J. (1993). *Moringa oleifera Lam. Resedá, horseradish tree*. SO-ITF-SM-61. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Pp.6
- Pighín G. y Rossi A. (2010) *Espinaca fresca congelada y en conserva: contenido de vitamina C pre y post cocción*. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(2), 203-206.
- Ramírez, E. y Villalobos, D. (2008). *Triterpenos aislados de Cnidioscolus aconitifolius (Mill.) I.M. Johnst.* *Ciencia*, 16(1), 20-24.
- Ramírez, P. (2003). *Sensitividad de un Espectrometro de Rayos-x, como método para el análisis químico y caracterización de materias primas*. Tesis Facultad de CCQQ y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Rangel, E., Mapes, E., Colín, C. y López, D. (2010). Distribución geográfica de las especies cultivadas de *Amaranthus* y de sus parientes silvestres en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 427-437.
- Rink, L. & Haase, H. (2006). Zinc homeostasis and immunity. *Trends in Immunology*, 28, 1-4.
- Rzedowski, G. & Rzedowski, J. (2001). *Flora fanerogamica del valle de México* (2ª ed.). Pátzcuaro Michoacan, México: Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- Rodríguez, M., Rivero., y Ballesta, J.(1998).Contenido de Selenio en Diferentes Plantas en Régimen Semiárido. *Ecología*, 12, 113-121.
- Salazar, J. et al. (2005). Chemical composition and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves (chomte). *Food Chemistry*, 97(2006), 343–348.
- Sanabria, N & Sangronis, E. (2007). Caracterizacion del acaio manaca (Euterpe olerácea Mart.): un fruto de las amazonas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*; 57 (1), 94.
- Sánchez, A. (2009). Selenio y Tiroides. *Revista Centro Endocrinológico*, 18 40-45.
- Standley, P. & Steryer-marck, A. (1949). *Flora of Guatemala. Fieldiana Botany*, 24(6), 1-3, 59-6, 126.
- Sigríst, M., Brusa, L., Campagnoli, D., et al. (2012). Determination of selenium in selectes food samples from Argentina and estimation of their contribution to the Se dietary intake. *Food Chemistry*, 134, 1932-1937.

- Silva, P. (2011). Validación de la metodología analítica para cuantificación de Selenio, en alimentos de la canasta básica de los costarricenses. *Revista Costarricense de Salud Pública*; 20(1) 27-31.
- Tello, S. (2003). *Evaluación de variedades de amaranto Amaranthus sp. para la producción de grano y forraje, en el municipio de Chiantla, Huehuetenango* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Ventura, M., Stibilj, V. y Pacheco, A. (2009). Determination of ultratrace levels of selenium in fruits and vegetable samples grown and consumed in Portugal. *Food Chemistry*, 115, 200-206.
- Venutolo, S. A., Esquivel, A. A., Aránbula, V.V. (2007). Conservación in vitro de chayote (*Sechium edule*). *Agronomía Mesoamericana*, 18(1), 65-73.
- Williams, M. (2002). *Nutrición para la salud, la condición física y el deporte*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Wu-leung, W.T. y Flores, M. (1961). Tabla de composición de alimentos para uso en America Latina. Guatemala, C.A., INCAP/ICNND.
- Yehuda, S. & Mostofsky, D. (2010). *Iron deficiency and overload: From basic biology to clinical medicine*. New York: Humana Press, 371 p.
- Zavaleta, A. (2012). *Medicinal Plants of the Borderlands: A Bilingual Resource Guide*. Indiana : AutorHouse.

13. Anexos

Anexo 1

Contenido de microelementos de 11 especies vegetales analizadas.

		P	S	K	Ca	Al	Fe	Mn	Zn	Rb	Sr	Se
Apazote	mg	0.106	0.118	0.751	0.565	0.034	<0.01	0.134	0.013	1.075	0.045	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.040	0.045	0.028	0.214	0.013	<0.01	0.051	0.012	0.408	0.017	<3.9 *10 ⁻⁸
Bledo	mg	0.081	<0.01	1.825	0.787	<0.01	0.014	0.020	0.008	0.006	0.069	0.001
	%	0.029	<0.01	0.658	0.279	<0.01	0.004	0.007	0.002	0.00	0.024	0.00
Chaya	mg	0.266	0.326	1.508	1.130	<0.01	<0.01	0.055	0.015	0.020	0.001	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.102	0.125	0.578	0.433	<0.01	<0.01	0.021	0.005	0.007	0.000	<3.9 *10 ⁻⁸
Chipilín	mg	0.232	0.188	1.001	0.677	<0.01	0.012	0.054	<0.01	0.004	0.027	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.088	0.071	0.380	0.029	<0.01	0.004	0.020	<0.01	0.001	0.010	<3.9 *10 ⁻⁸
Chomté	mg	0.088	0.074	0.069	0.359	0.014	0.037	0.021	0.005	0.011	0.019	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.034	0.029	0.027	0.139	0.005	0.014	0.008	0.002	0.004	0.007	<3.9 *10 ⁻⁸
Güisquil	mg	0.034	<0.01	0.660	0.131	<0.01	0.014	0.008	0.014	0.009	0.009	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.013	<0.01	0.256	0.050	<0.01	0.003	0.050	0.005	0.003	0.003	<3.9 *10 ⁻⁸
Macuy	mg	0.262	0.366	2.578	0.753	<0.01	0.063	0.046	0.007	0.005	0.009	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.098	0.138	0.973	0.284	<0.01	0.023	0.017	0.003	0.002	0.003	<3.9 *10 ⁻⁸
Quixtán	mg	0.380	<0.01	1.439	0.812	0.078	<0.01	0.125	0.012	0.007	0.031	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.145	<0.01	0.551	0.311	0.029	<0.01	0.047	0.005	0.003	0.012	<3.9 *10 ⁻⁸
Yerba mora	mg	0.057	0.064	0.664	0.281	0.022	0.027	0.030	0.006	0.0001	0.029	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.022	0.025	0.262	0.110	0.008	0.012	0.012	0.002	0.0001	0.011	<3.9 *10 ⁻⁸
Moringa (control)	mg	0.182	0.586	1.518	1.090	<0.01	0.088	0.022	0.003	0.007	0.009	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.071	0.2281	0.617	0.424	<0.01	0.034	0.008	0.001	0.003	0.003	<3.9 *10 ⁻⁸
Espinaca (control)	mg	0.378 9	0.356	9.798	1.567	<0.01	0.220	0.165	0.078	0.032	0.025	<3.9 *10 ⁻⁸
	%	0.077	0.072	1.99	0.318	<0.01	0.044	0.033	0.016	0.007	0.005	<3.9 *10 ⁻⁸

P: potasio; S: azufre; K: potasio; Ca: calcio; Al: aluminio; Fe: hierro; Mn: manganeso; Zn: zinc; Rb: rubidio; Sr: estroncio; Se: selenio; mg: miligramos; %: porcentaje.

Fuente: datos experimentales obtenidos en el laboratorio FISICHEM Inc, Boulevard Los Próceres, Zona Pradera torre 2.

Anexo 2

Contenido de microelementos en miligramos de las 11 especies vegetales analizadas por porción (100 g).

	P	S	K	Ca	Al	Fe	Mn	Zn	Rb	Sr	Se
Apazote	40.21	44.76	284.90	214.33	12.89	<0.01	50.83	12.14	407.8	17.07	<1.3 *10 ⁻⁵
Bledo	28.78	<3.55	648.54	279.67	<3.55	4.97	7.10	5.33	2.13	24.52	0.355
Chaya	101.99	125.0	538.18	433.28	<3.83	<3.83	21.09	5.75	7.67	0.38	<1.3 *10 ⁻⁵
Chipilín	88.14	71.43	355.72	29.25	<3.79	4.56	20.52	<3.7	1.52	10.26	<1.3 *10 ⁻⁵
Chomté	34.22	28.78	26.84	139.63	5.44	14.39	8.17	1.94	4.28	7.39	<1.3 *10 ⁻⁵
Güisquil	13.19	<3.88	256.11	50.83	<3.88	5.43	3.10	5.43	3.99	3.49	<1.3 *10 ⁻⁵
Macuy	98.94	138.22	973.56	284.36	<3.77	23.79	29.83	2.64	0.377	3.39	<1.3 *10 ⁻⁵
Quixtan	145.26	<3.82	550.07	310.39	29.82	<3.82	47.78	4.54	2.67	11.85	<1.3 *10 ⁻⁵
Yerba mora	22.50	25.27	262.14	110.93	8.68	9.87	11.87	2.37	0.00	11.45	<1.3 *10 ⁻⁵
Moringa	70.84	228.10	590.89	424.29	<3.89	34.25	8.56	1.17	2.70	3.50	<1.3 *10 ⁻⁵
Espinaca	76.98	72.32	1990.65	318.37	<2.03	44.69	38.39	15.85	6.70	5.08	<1.3 *10 ⁻⁵

P: potasio; S: azufre; Ca: calcio; Al: aluminio; Fe: hierro; Mn: manganeso; Zn: cinc; Rb: rubidio; Sr: estroncio; Se: selenio; mg: miligramos; %: porcentaje; DNR: dato no reportado. Fuente: datos experimentales obtenidos en el laboratorio FISICHEM Inc, Boulevard Los Próceres, Zona Pradera torre 2.

Anexo 3

Recomendaciones nutricionales de microelementos en miligramos para humanos

	P	S	K	Ca	Al	Fe	Mn	Zn	Rb	Sr	Se
Niños	100-200	30-50	1000-1500	400-700	3-5	8	<1	1	DNR	DNR	DNR
Mujeres	500-700	200-250	2500	800-1000	70-80	14	1.8	5-8	<1	<1	0.055-0.070
Hombres	800-1200	400	3500	400-800	90-100	14	2.3	2-10	<1	<1	0.055-0.070

P: potasio; S: azufre; K: potasio; Ca: calcio; Al: aluminio; Fe: hierro; Mn: manganeso; Zn: zinc; Rb: rubidio; Sr: estroncio; Se: selenio. Fuente: Datos de recomendación nutricional según García, A. (2006). Ingesta de nutrientes: Conceptos y Recomendaciones Internacionales. Revista Nutrición Hospitalaria; 21(3), 291-299.

Anexo 4

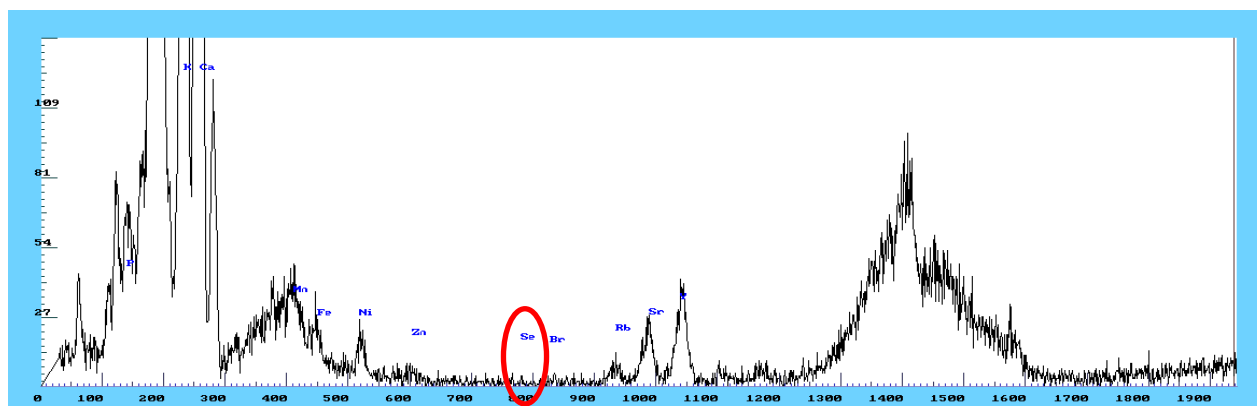
Comparación de métodos para la determinación de Se.

Elemento	Metodología			
	Difracción de rayos X*		Absorción atómica por generación de hidruros**	
	LD	LC	LD	LC
Selenio	3.9×10^{-8}	1.17×10^{-7}	3.25×10^{-5}	5.5×10^{-5}

LD: Limite de detección, LC: Limite de cuantificación. Fuente: ** Datos para absorción atómica obtenidos según Silva, P. (2011). Validación de la metodología analítica para cuantificación de Selenio, en alimentos de la canasta básica de los costarricenses. *Revista Costarricense de Salud Pública*; 20(1) 27-31; **Datos experimentales obtenidos en el laboratorio Fisichem Inc, Boulevard Los Próceres, Zona Pradera torre 2.

Anexo 5

Espectro de reflexión total de rayos X del bleado (*A. hybridus*).



Fuente: Fisichem Inc. Blvd. Los Próceres 24-69 zona 10, Zona Pradera, Torre 2, Oficina 1801, GUATEMALA.

Anexo 6

Determinación de materia seca total

Peso inicial: muestra + tara - tara de beaker

$$145 - 45 = 100 \text{ g}$$

Peso inicial = 100 g

Peso final: muestra + tara - tara de beaker

$$22 + 45 - 45 = 22 \text{ g}$$

Peso final = 22 g

% materia seca total: peso final / peso inicial * 100

% Materia seca total = 22 %

Anexo 7

Reporte de concentraciones empleadas en metodología

Estándar interno: Y (ytrio)

Factor de dilución: 1

Concentración: PPM = mg/L

Cálculo de mg y porcentaje obtenido en 0.25 g de materia vegetal.

$$\text{Ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 0.025\text{L} = \text{mg de elemento}$$

L

$$\frac{\text{mg elemento}}{\text{mg peso de muestra}} \times 100 = \% \text{ Obtenido}$$

mg peso de muestra

Anexo 8

Determinación de miligramos de cada elemento por 100 g de materia vegetal.

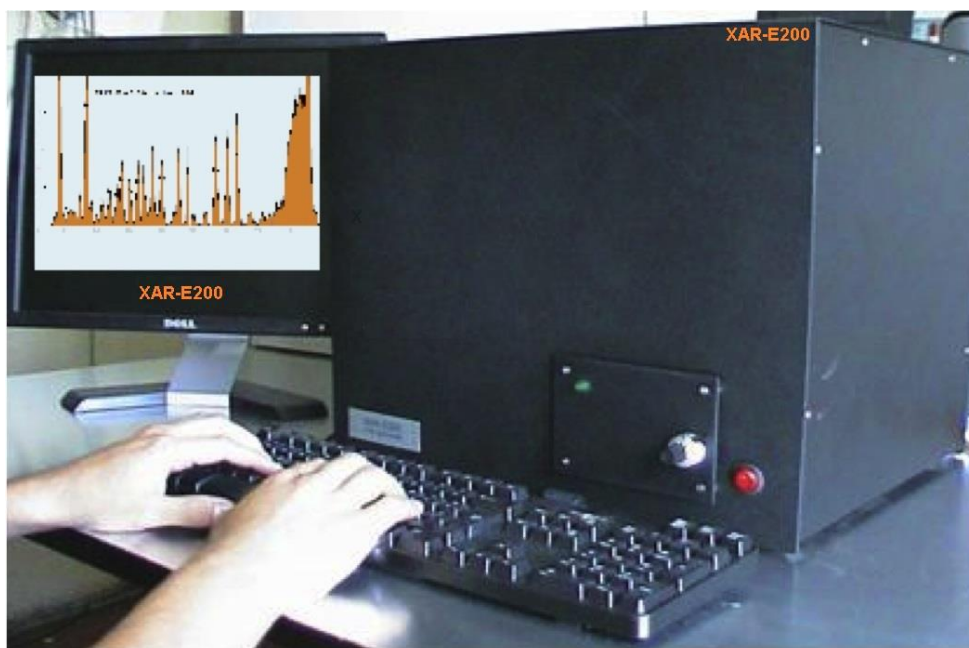
miligramos de elemento ----- peso de muestra
(gramos)

miligramos de elemento por porción ----- 100 gramos

$$\frac{\text{miligramos de elemento} \times 100 \text{ gramos (porción)}}{\text{porción peso de muestra (gramos)}} = \text{miligramos de elemento por}$$

Anexo 9

Espectrómetro de Reflexión total de rayos X, modelo XAR-E200 de IScientific.



Fuente: Fisichem Inc. Blvd. Los Próceres 24-69 zona 10, Zona Pradera, Torre 2, Oficina 1801, GUATEMALA.