

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUÍMICA FARMACÉUTICA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a red and white robe, possibly a saint or scholar, standing on a white cloud. Above him is a golden crown. To the left and right are golden lions. Below the central figure are two golden columns. The background is a light blue sky with a yellow sun. The entire seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS SCRIBIS CONSPICUA".

**IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DEL CONTENIDO MINERAL EN CINCO
VEGETALES DE CONSUMO HUMANO DE CHIMALTENANGO POR
FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

Informe de tesis

**Presentado por
Marvin Leonel Zacarías Cojón**

**Para optar al Título de
Químico Farmacéutico**

Guatemala, noviembre 2009

JUNTA DIRECTIVA

Oscar Cobar Pinto, Ph.D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.	Secretario
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.	Vocal I
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. María Estuardo Guerra Valle	Vocal IV
Br. Berta Alejandra Morales Mérida	Vocal V

DEDICATORIA

Acto que dedico:

A Dios:

Por haberme bendecido con la oportunidad de tener una vida llena de amor, por haberme dado tantas enseñanzas en el camino que hoy dan sus frutos, gracias por ser mi luz y mi guía, gracias por estar siempre a mi lado y nunca abandonarme, gracias por todo Dios.

A mis padres:

A mi mamá Marta Cojón por enseñarme perseverancia, entrega, carácter, por enseñarme a jamás darme por vencido, por cuidarme y nunca dejar que claudique, por sus incansables esfuerzos y sacrificios realizados. A mi papá Ovidio Zacarías por enseñarme humildad, entusiasmo, fortaleza, sinceridad, por su entrega, por enseñarme que una sonrisa abre mil puertas y en todo momento es el mejor remedio para el alma. Este triunfo es de ustedes, estaré por siempre agradecido por todo lo que me dieron, los amo.

A Mi novia Brenda:

Gracias mi amor por todos estos años a mi lado, porque siempre estuviste junto a mí dándome fuerza y aliento, porque tu amor significó tanto en momentos tan difíciles, mis palabras no alcanzan para decirte lo mucho que te amo y que te agradezco todo lo que me has ayudado. Te amo mi vida.

A mis amigos:

Elvira, Yuli, Iliá, Edna, Wendy, Wichita gracias por su amistad y por haber estado conmigo en cada momento de mi carrera.

A mis grandes amigos Erick "el mono" y Rodrigo "chepe", gracias por su ayuda y amistad incondicional en todo momento, por ser la definición de la palabra amigo. A mis amigos Vivita, Lucky, Duilio, Pablo, Harold, Chepe, David Arrazola, Toty, Analu, Claudita, Andreita, Astrid, Nilda, Gilder, Renato, Lily, Ligia, Gabriel Ortega, Mauricio, Shosho, a mis amigos biólogos con cariño a todos, gracias por todos los momentos compartidos y por su amistad. Por ser ángeles de Dios en mi vida.

A la familia Aguilar Orozco:

Gracias Don Rudy y Doña Estelita por siempre apoyarme, por creer en mí y por estar conmigo en los momentos más difíciles, por tener siempre una palabra de aliento y de superación. A Rudy y Diany por su cariño y apoyo.

A la familia Castillo Carin:

Por ese cariño y amor tan especial que nos une, por todos los momentos que hemos compartido, reído y llorado, por estar siempre en mi corazón, Don Juan Carlos, Doña Irma, Luchis y con mucho cariño Gaby.

A mi mejor amigo, a hermano, a mi ángel, Juan Carlos Castillo Carin (QEPD), que desde el cielo me estás viendo, a vos también te dedico este triunfo, te quiero mucho.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado vida y sabiduría para terminar una meta más, por haberme rodeado de ángeles que siempre estuvieron a mi lado a cada instante alentándome, por ser mi piedra y mi fuerza para salir adelante.

A Lic. Estuardo Serrano por toda su ayuda, apoyo y consejos muchísimas gracias.

A mi asesor, Lic. Rony Ayala, muchas gracias por todo su apoyo y ayuda en la elaboración de mi tesis.

A la Licda. Lucrecia de Madriz, por su tiempo y paciencia para la revisión y observaciones pertinentes para la elaboración eficaz de esta investigación.

A la bellísima Escuela de Química por haberme brindado todo el apoyo necesario en mi trabajo de tesis y a todo su personal, especialmente a Panchito, Yoli, Lic. Orozco, Lic. Robles, Willy, Manuel, a todos eternamente agradecido.

Al Laboratorio Nacional de Salud (LNS), especialmente a mis amigos del área de contaminantes y alimentos.

A mi alma mater la Universidad de San Carlos de Guatemala y a mi segundo hogar la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

A mi amado y sufrido pueblo de Guatemala por haber sido apoyo e inspiración para terminar este logro, a toda la clase obrera y campesina que se sacrifican todos los días por hacer un país mejor. A cada uno de ellos eternamente agradecido.

Hasta la victoria siempre.

INDICE

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	3
3. Antecedentes.....	5
4. Justificación.....	7
5. Objetivos.....	9
6. Hipótesis.....	10
7. Materiales y Métodos.....	11
8. Resultados.....	16
9. Discusión.....	28
10. Conclusiones.....	31
11. Recomendaciones.....	32
12. Referencias.....	33
13. Anexos (Marco Teórico)	
13.1 Berro.....	37
13.2 Acelga.....	39
13.3 Brócoli.....	43
13.4 Espinaca.....	46
13.5 Quilete.....	49
13.6 Suplementos Alimenticios.....	52
13.7 Minerales.....	53
13.8 Rayos X.....	55
11. Chimaltenango.....	63
12. Tablas de Análisis Multielementales.....	71
13. Espectros Multielementales.....	76
14. Tabla de Composición de Alimentos según RDA.....	78

1. RESUMEN

Guatemala un país muy reconocido por su variedad en flora, la cual tiene un amplio uso no solamente ornamental, sino también una parte muy importante es la medicinal y alimenticia. La agricultura representa una de las principales actividades de nuestro país, ya que por sus diferentes tipos de climas, suelos, alturas y estaciones del año han generado una variedad de productos dando la cualidad de ser un país agrícola activo, entre sus productos de explotación se encuentran principalmente hortalizas, plantas ornamentales y medicinales sembradas en distintos departamentos del país.(53)

Los suplementos alimenticios son tema de interés ya que ciertos elementos que se encuentran en los alimentos ayudan al funcionamiento del organismo humano. Hay variedad de vitaminas o minerales que el cuerpo necesita pero no se adquieren de la manera adecuada o el alimento que se consume es muy pobre en requerimientos nutricionales.

Hay una variedad de plantas en Guatemala que son comestibles y algunas de ellas también poseen propiedades medicinales, esto desarrolla interés en algunos especímenes puesto que en su contenido hay diversas sustancias como vitaminas, fibra y especialmente minerales que hacen que esta planta sea sustancial y nutritiva.

Con el presente estudio se pretende contribuir a generar información para predecir el posible potencial alimenticio de las diversas plantas analizadas. La investigación se llevo a cabo en el departamento de Chimaltenango, en la cual se recolectó: brócoli (*Brassica oleracea*), acelga (*Beta vulgaris*), berro (*Nasurtium officinale* R. Br.), quilete (*Solanum americanum*) y espinaca (*Spinacea oleracea* L.)

El principal objetivo consistió en la determinación del contenido mineral, la cual se realizó por el método de espectrometría de fluorescencia de rayos X, a partir de muestras secas y digeridas en una mezcla ácida de la planta correspondiente.

Se encontró que existe poca variabilidad en cuanto a la cantidad de minerales en cada especie vegetal. Los minerales que se encontraron mayormente en las plantas fueron el potasio y el calcio, seguidos por el fósforo, azufre, hierro, cinc, cobre, rubidio,

estroncio, arsénico, manganeso y en solo en algunas plantas se encontraron minerales como el cobalto, galio y titanio.

La concentración de cada uno de los minerales reportados se encuentran en niveles iguales o mayores a los recomendados en la dieta de nutrientes ideales. Para llevar a cabo el análisis multielemental de cada planta se trabajó como muestra únicamente tallos, hojas de cada planta y en el caso del brócoli tallo e inflorescencia.

Las plantas que presentaron una mayor concentración y cantidad de minerales fueron la acelga y el berro, además de contener minerales como galio, cobalto y cromo en pequeñas cantidades, que no se encontraron en todos los especímenes, por lo tanto, ambas plantas tienen una mayor posibilidad de poseer potencial para ser utilizada como suplemento alimenticio, por la amplia cantidad y variedad de minerales que poseen en su composición. Los elementos como el cromo, cobalto y galio encontrados en estas dos plantas poseen ciertas características para la dieta humana, ya que el cromo influye en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, el cobalto funciona como un componente de la vitamina B12, esencial para maduración de eritrocitos y funcionamiento normal de las células, mientras que para el galio no se posee información de beneficio para la dieta humana (8).

Una planta autóctona de Guatemala, el quilete, tiene una gran cantidad de minerales de los cuales el calcio prevaleció como el mineral de mayor concentración, aún entre los cinco especímenes analizados. Asimismo contiene otros minerales también en alta concentración como el potasio, azufre, hierro y fósforo.

La espinaca reportó entre los minerales de mayor abundancia, el potasio y el calcio en concentraciones altas, seguidas del fósforo, hierro, manganeso y cantidades bajas de otros minerales como el níquel, cobre y cinc.

Sin embargo, se recomienda hacer más estudios sobre el contenido mineral en cada una de las partes de las plantas estudiadas, además de aspectos fenológicos, ambientales, agrícolas, genéticos y estacionales, con la finalidad de determinar la época y condiciones en donde se pueda obtener una mejor materia prima con la mayor concentración de minerales.

2. INTRODUCCION

Actualmente a nivel mundial se ha desarrollado una nueva era en cuanto a los alimentos los cuales ayudan a nutrir y además, son útiles para ciertas enfermedades, éstos cumplen funciones muy importantes para quienes los consumen, este término se refiere a los suplementos alimenticios, los cuales tienen efectos muy positivos en la salud de varias personas, éstos son considerados una alternativa de salud para muchas personas que los consumen puesto que proporcionan una cantidad variable de nutrientes esenciales para muchas funciones biológicas (15,17).

El estudio de plantas medicinales y de consumo humano como potencial nutraceutico representa un campo muy explotable, en cuanto se conozcan sus componentes minerales, puesto que una gran cantidad de ellos son necesarios para el organismo y brindan al cuerpo de ciertos beneficios para su buen funcionamiento. Los macronutrientes tienen funciones esenciales como regular actividades enzimáticas, equilibrios ácido básico y presión osmótica, entre otros.

La deficiencia de ciertos minerales provocan en el cuerpo decaimientos y ciertas enfermedades que podrían provocar hasta la muerte, es por eso que resulta ser muy explotable ya que es un recurso barato y de fácil acceso para la persona que se interesa. (4,8)

Las plantas que se investigaron fueron: brócoli (*Brassica oleracea*), acelga (*Beta vulgaris*), berro (*Nasturtium officinale* R. Br.), quilete (*Solanum americanum*) y espinaca (*Spinacea oleracea* L.). Algunas de ellas tienen un gran potencial medicinal a la vez de ser un consumo diario para mucha de la población guatemalteca, algunos con propiedades expectorantes, antisépticas, antifúngicas y una propiedad muy característica de una especie nativa de Guatemala es su propiedad mineralizante, en el caso del quilete (12). No hay estudios reportados que comprueben la calidad de estas plantas como suplementos alimenticios potenciales.

Con la presente investigación se determinó el contenido mineral de cinco plantas a través de la técnica de fluorescencia de rayos X. La información obtenida sirvió para estimar el posible potencial como suplemento alimenticio de cada planta.

De esta manera, este estudio también puede servir de base para posteriores estudios y análisis de especies nativas de Guatemala como lo es el quilete para poder evaluar su potencial como suplemento alimenticio.

3. ANTECEDENTES

Actualmente como antecedentes más recientes de las plantas en estudio no se ha reportado ningún análisis en el cual se halla podido cuantificar el contenido mineral de estas plantas hay una variedad de estudios en cuanto a contenido mineral de plantas comestibles pero la mayoría de estos se realizan en plantas como té de diferentes especies, condimentos y plantas de uso medicinal con muy buenos resultados en cuanto al análisis de contenido mineral a diferencia de este estudio, la técnica utilizada en cada uno de estos análisis se realiza por medio del método de Absorción atómica pero ninguno reporta a ninguna de estas plantas, que se estudiaran (3,4,7).

Los únicos antecedentes reportados actualmente en Guatemala son las tablas de contenido mineral que datan del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), el cual reporta algunos de los vegetales como el berro, espinaca, brócoli, acelga y quilete pero este documento data del año de 1960 sin ninguna actualización, esta actualización es necesaria puesto que la forma de cultivo, la forma de siembra y los cambios climáticos han hecho que de cierta forma los suelos cambien, la forma de abonar suelos y plantas ha cambiado también y esto puede afectar el contenido mineral que cada planta absorba; además no se describe el método por el cual determinaron la concentración de los minerales que presentan estas especies.

En las tablas de composición de alimentos para los vegetales en estudio no reportan el origen de las plantas, la técnica utilizada para la determinación de los minerales, aunque presenta únicamente tres minerales, los cuales son Hierro (Fe), Fosforo (P) y Calcio (Ca), de una variedad que estos poseen en su composición, la cantidad de cada uno de estos es variable y el método del INCAP lo reporta por cada 100 gramos de porción comestible. La acelga reporta en su composición por cada 100 gramos de porción comestible 84 mg de calcio, 36 mg de fosforo y 6.6 mg de hierro, el berro reporta 99 mg de calcio, 45 mg de fosforo y 4.4 mg de hierro, el brócoli reporta 126 mg de calcio, 76 mg de fosforo y 2.2 mg de hierro, la espinaca reporta 77 mg de calcio, 41 mg de fosforo y 3.9 mg de hierro, el quilete reporta 226 mg de calcio, 74 mg de fosforo y 12.6 mg de hierro (4,5,6).

El único vegetal el cual reporta en su composición química una variedad de minerales ha sido el berro, el cual presenta sodio (12 mg), potasio (276 mg), calcio (18 mg), fósforo (64 mg), magnesio (34 mg), hierro (3.1 mg), yodo (0.048 mg en planta seca), además de reportes de ser utilizado desde la antigüedad por sus propiedades expectorantes, cicatrizantes, entre muchas otras (1).

Cada una de estas plantas como alimentos poseen gran potencial nutricional de acuerdo a los datos obtenidos pero la información no ha sido actualizada a pesar de que se han cambiado las técnicas de cultivo, riego, fertilización, además de que los suelos conforme los años cambian su estructura y esto afecta el cultivo de plantas; muchos de los vegetales poseen una variedad de características medicinales atribuidas a sus metabolitos como el berro y especialmente el quilete y sus propiedades mineralizantes (4, 6,11).

4. JUSTIFICACION

En la actualidad de Guatemala, el consumo de alimentos naturales como vegetales se ha incrementado por los beneficios que conlleva una alimentación sana y balanceada y actualmente por su nueva función de ser suplementos nutricionales, muchos de estos alimentos que se consumen se hace con el fin de poder llevar a nuestro organismo una cantidad variada de vitaminas, fibra, proteínas y minerales.

El verdadero valor del contenido mineral es incierto en los vegetales que se consumen, nunca se sabe con exactitud si realmente llega la dosis diaria de minerales que necesitamos, además de no saber si entre todos los minerales que están dentro de los vegetales no va incluido algún contaminante en cantidad traza. En Guatemala los datos más recientes que se tienen sobre el contenido mineral de vegetales data del año de 1961 y solamente incluye tres tipos de minerales en su exposición: fósforo, hierro y calcio, un análisis muy pobre para la cantidad de minerales que se podrían encontrar, además de no reportar la técnica utilizada para la obtención de los resultados, puesto que con otras técnicas se han reportado más de 5 diferentes minerales en distintas plantas como especias y plantas medicinales (4,6).

El tema de los suplementos alimenticios es algo que a nivel mundial se está desarrollando a grandes pasos para dar a conocer alimentos que no sólo son ricos en nutrientes sino que además tengan una doble función en nuestro organismo como poder ayudar a mejorar ciertas funciones vitales, esto va a poder permitir que se pueda tener una mejor alimentación y nutrición, en cuanto a los vegetales que posean una mayor cantidad de minerales en su composición.

Las especies vegetales que se analizaron son de consumo diario y popular para la población guatemalteca y algunas de estas plantas son de uso medicinal como por ejemplo el quilete que es una planta nativa de Guatemala la cual posee características antifúngicas y se le atribuye características mineralizantes que es de interés en esta investigación para poder determinar su posible potencial como un suplemento alimenticio (12,18).

La técnica utilizada para poder determinar el contenido mineral de cada uno de estos vegetales fue la de fluorescencia de rayos X; se utilizó esta técnica por sus ventajas con respecto a otras técnicas como la absorción atómica:

Simplicidad en que el espectro de emisión de rayos X es muy sencillo de obtener y de interpretar. La facilidad y el bajo costo de los análisis en comparación con técnicas como la espectroscopia de absorción atómica o Inducción por plasma, no se utilizan reactivos tóxicos, gases o productos especiales para operar el equipo o preparar las muestras.

El método no es destructivo en el sentido de que la muestra no sufre daños durante el análisis. Las muestras analizadas pueden volver a analizarse las veces que se desee. Las cantidades de muestra son mínimas (mg o μL).

Este estudio en Guatemala es considerado pionero, ya que no se han reportado investigaciones de esta clase en este campo y se ha trabajado poco con la técnica de fluorescencia de rayos X; los resultados generados servirán para una actualización de datos puesto que de estas plantas de consumo humano hay poca información en cuanto a su contenido mineral y si la hay es muy escasa, no solo en la cantidad de los minerales que reporta, además de que nunca se sabe el tipo de técnica utilizada para este tipo de análisis. Por otra parte, se considera un estudio innovador para posteriores investigaciones en cuanto al uso de plantas nativas y de consumo popular y su potencial como suplementos alimenticio.

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

- 5.1.1** Identificar y cuantificar el contenido mineral en cinco vegetales que se cultivan en el departamento de Chimaltenango, Guatemala.

5.2 ESPECIFICOS

- 5.2.1** Determinar el contenido mineral en cinco vegetales por medio del método de fluorescencia de rayos X.

- 5.2.2** Predecir el posible potencial alimenticio de las especies vegetales de acuerdo al contenido mineral determinado.

6. HIPOTESIS

El quilete, acelga, berro, espinaca y brócoli que se cultivan en el departamento de Chimaltenango poseen en su composición mineral mayor proporción de fósforo, hierro, calcio, potasio y en menor cantidad cinc, cobre, cromo.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 Universo de Trabajo:

Tallos y hojas de quilete, acelga, berro, espinaca y tallo e inflorescencia de brócoli cultivados en Chimaltenango.

7.2 Medios

7.2.1 Recursos Humanos

- Br. Marvin Zacarías (Autor)
- Lic. Rony Ayala (Asesor)
- Licda. Lucrecia de Madriz (Revisora)

7.2.2 Recursos Institucionales

- Laboratorio de Físicoquímica, Escuela de Química
- Laboratorio Nacional de Salud, Área de Contaminantes
- Laboratorio privado Fisichem Inc.
- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
- Finca Bejo, Chimaltenango

7.3 Materiales y Reactivos

7.3.1 Material de Campo

- 1 pala
- 1 azadón
- 20 bolsas plásticas
- 1 tijera de podar
- 1 machete
- 1 marcador negro indeleble
- 1 secador solar
- 1 prensa de campo
- 30 hojas de prensa
- 2 lazos

7.3.2 Recolección y Tratamiento de Muestras

- Se recolectaron las plantas en el área determinada de la siembra de cada vegetal, se tomaron al azar los cinco vegetales, se desenterraron y se lavaron únicamente con agua potable; se recolectó un peso de 300 gramos de cada planta.
- Se almacenaron en bolsas plásticas para su conservación.
- El mismo día se llevaron al desecador solar de la Facultad de Agronomía para su desecación, la planta duró una semana hasta que el material se encontró completamente seco y crujiente.
- Al tener el material seco, se procedió a triturar los 300 gramos para lograr una muestra homogénea de la materia vegetal recolectada.

7.3.3 Trabajo de Laboratorio

- Muestras de hortalizas secas y molidas
- Acido nítrico (HNO_3) grado reactivo
- Acido clorhídrico concentrado
- Estufa de calentamiento
- Balanza analítica
- Mufas
- Micro pipetas automáticas de 500 μL y 50 μL
- Reflectores de Cuarzo
- Balones aforados de 50 mL
- Sistema de reflexión total de rayos X, con tubo de molibdeno
- Generador de rayos X Philips PW 1729 con una potencia máxima de 2,500 W, rango de voltaje de 5-50 Kv, rango de corriente de 0-100 mA. Condiciones de operación 30 Kv y 0.320 mA.
- Un segundo equipo de reflexión total de rayos X, ubicado en el laboratorio privado Fisichem Inc.
- Agua desmineralizada

- Soluciones patrones de sales para los metales a analizar (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, K y Zn)

7.4 Determinación mineral por florescencia de rayos X

7.4.1 Procedimiento

7.4.1.1 Digestión acida de la materia vegetal

- a) Se redujo el tamaño de la materia vegetal y se pesó 0.3 g en balanza analítica dentro de un beaker.
- b) La cantidad de muestra pesada se colocó en crisoles.
- c) Se dejó en la mufla por un lapso de 3 horas a una temperatura mayor de 350°C.
- d) Se esperó a que estuviera a temperatura ambiente para luego recolectar las cenizas obtenidas.
- e) Cada producto obtenido en cada crisol se recolectó con 3 mililitros de ácido nítrico y se transvasaron cuantitativamente a un balón volumétrico de 50 mL.
- f) Se adicionaron 250 µL de solución estándar de itrio 1000 ppm
- g) Se aforó con agua desmineralizada (34,35).

7.4.1.2 Cuantificación

- a) Se encendió el aparato generador de rayos X y se fijaron las condiciones de operación para la lectura del contenido mineral de la muestra en el sistema de reflexión total de rayos X, en 30 Kv, 0.320 mA 300 segundos y 15 µL. Se verificó que el sistema de reflexión total estuviera alineado
- b) Se midió el blanco del reflector por 100 segundos
- c) Se leyó la curva de calibración multielemental estándar que contuviera los elementos de interés en una concentración de 5 ppm cada uno y además que contenga 5 ppm del estándar de itrio

- d) Se aplicaron 15 μ L de la solución problema en el reflector y se secó con lámpara infrarroja.
- e) Se leyó el contenido mineral de la muestra y se grabó el espectro obtenido por medio del multicanal, en el disco duro de la computadora.
- f) Se realizó una lectura complementaria en el laboratorio Fisichem Inc. con el fin de comparar y rectificar datos mediante 2 equipos similares.
- g) Se obtuvieron las áreas de los fotopicos de las líneas $K\alpha$ de los elementos de interés, por medio del programa para computadora SAX.
- h) Se reportaron las ppm de los elementos cuantificados (33,34).

7.5 Diseño del Estudio

7.5.1 Tipo de Estudio

El estudio es de tipo descriptivo.

7.5.2 Numero de Muestras

El número de muestras será de 5 por cada planta por conveniencia, puesto que hay ciertas limitaciones que no hacen posible el análisis de un mayor número de muestras, las limitaciones son de tipo económico en cuanto a los gastos del método de digestión y limitaciones técnicas para procesar un número elevado de muestras.

7.5.3 Selección de la Muestra

El muestreo fue al azar, puesto que en la producción de los vegetales se tienen una cantidad de plantas sembradas de cada vegetal en el departamento de Chimaltenango, de cada lote de vegetales se tomaran 5 muestras al azar de un peso de 300 gramos.

7.5.4 Análisis Estadístico

Se hizo un análisis descriptivo de cada variable, en los vegetales analizados, en este caso fueron todos los minerales encontrados en cada análisis realizado.

Las medidas estadísticas que se utilizaron fueron el promedio de las 5 mediciones realizadas en cada planta y la desviación estándar.

8. RESULTADOS

Los resultados presentados a continuación en diferentes tablas representan las mediciones realizadas a cada espécimen vegetal, se trabajaron 5 plantas, a las cuales a cada espécimen se le hicieron 5 mediciones multielementales por duplicado, dando un total de 50 mediciones por todas las especies vegetales. Cabe detallar que en los especímenes vegetales, la materia vegetal a analizar incluía, tallo y hojas juntas, como una sola muestra.

Las tablas que se presentan contienen la concentración en cada análisis realizado reportando la cantidad de cada mineral en miligramos por kilogramo materia seca (ppm).

La tabla No.1 presenta los pesos en gramos de las muestras a las que se les realizaron el tratamiento químico y los análisis multielementales, para su posterior cuantificación mineral.

Tabla No. 1

Berro (g)	Espinaca (g)	Brocoli (g)	Quilete (g)	Acelga (g)
0.303	0.3039	0.3035	0.3037	0.3036
0.3035	0.3035	0.3036	0.3039	0.3035
0.3033	0.3037	0.3036	0.304	0.3036
0.3035	0.3038	0.3037	0.3039	0.3037
0.3034	0.3037	0.3039	0.3038	0.3034

Para poder determinar la concentración en partes por millón (mg/Kg) de cada muestra analizada se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Ppm elem en muestra seca} = \frac{\text{mg elem}}{\text{Kg muestra seca}} = \frac{(\text{mg elem en dilución}) * 0.05 \text{ L}}{\text{L dilución} \text{ (gramos muestra incinerada/1000)}}$$

Donde:

mg elem en dilución: Valor obtenido por el aparato de reflexión total de rayos X en
L dilución

0.05 L: volumen de la dilución.

Gramos de muestra incinerada/1000: gramos de muestra que se pesó para incinerar expresados en kilogramos.

8.1 Primer análisis Multielemental

En base a los análisis realizados y con los resultados obtenidos de los espectros y áreas respectivas de los elementos analizados, se obtuvieron las concentraciones de los minerales presentes en cada uno de los especímenes vegetales. Los resultados de las primeras lecturas abarcan las tablas 15.1 a 15.5 de los anexos, en cada uno de estos cuadros se puede observar que los elementos en mayor proporción en cada análisis fueron el K, Ca, P y S, mientras que elementos traza como el Mn, Cu, As, Co y Zn se encontraron en cantidades bajas pero presentes en todas las muestras.

El Ca y el K son minerales que se encuentran en mayores concentraciones, y este último mineral es el que se encuentra en mayor abundancia.

8.2 Segundo análisis Multielemental

En este segundo análisis de las muestras se volvieron a cuantificar cada una de las mismas muestras y se logró determinar nuevamente que los minerales que se encuentran en mayor proporción son el K, Ca, S y P; siendo el K, el elemento que se encuentra en mayor concentración en todas las muestras.

Los minerales que se encuentran en menor cantidad siguen siendo Mn, Zn, Cu, Co y otros elementos traza que se pudieron cuantificar. Cabe recalcar que no se encontró elemento alguno que se considere como un contaminante, como por ejemplo plomo, aunque se encontraron pequeñas cantidades de As presente en algunas muestras. Todos los datos se reportan en las tablas 16.1 a 16.5 de los anexos.

8.3 Los resultados totales de las dos mediciones realizadas para cada muestra de cada planta, media y desviación estándar, aparecen en las siguientes tablas, reportando un total de la concentración en partes por millón (mg/kg) de cada elemento que se logro cuantificar y su respectiva gráfica

Grafica No. 1

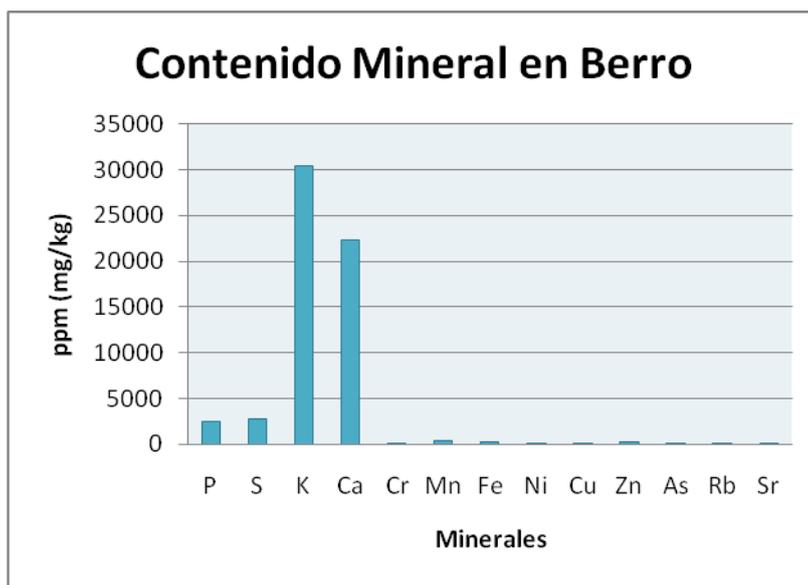


Tabla No. 2 Contenido mineral en Berro (en ppm)

Elementos	Media	SD
P	2492.65	2474.40
S	2739.78	1296.36
K	30348.50	7747.15
Ca	22308.87	5241.84
Cr	59.12	29.08
Mn	325.02	141.60
Fe	199.58	47.73
Ni	2.70	6.05
Cu	52.00	65.19
Zn	197.06	56.75
As	39.37	88.04
Rb	42.02	13.71
Sr	67.24	13.73

Grafica No. 2

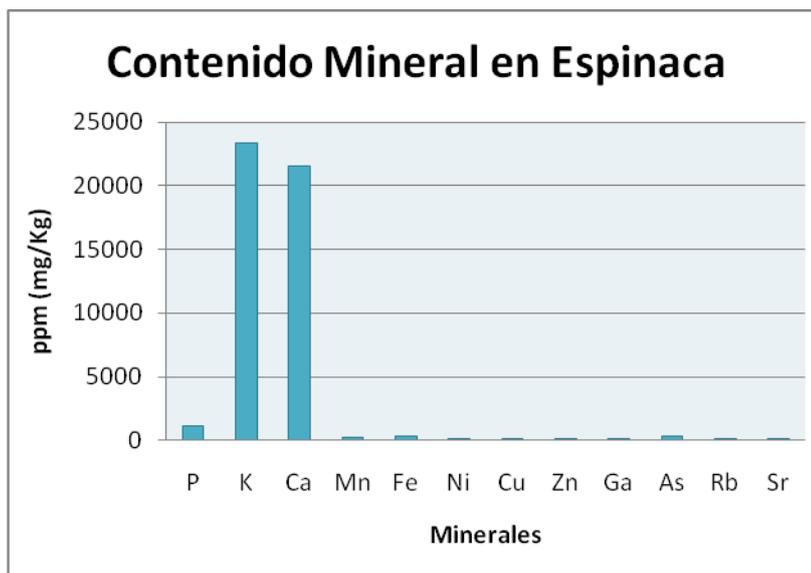


Tabla No. 3 Contenido mineral en Espinaca (en ppm)

Elementos	Media	SD
P	1177.88	1612.87
K	23388.65	6060.57
Ca	21505.01	5888.65
Mn	248.69	73.55
Fe	314.60	79.27
Ni	38.72	37.35
Cu	22.75	11.30
Zn	55.43	9.12
Ga	13.72	30.69
As	378.08	563.27
Rb	9.86	11.06
Sr	7.95	12.17

Grafica No. 3

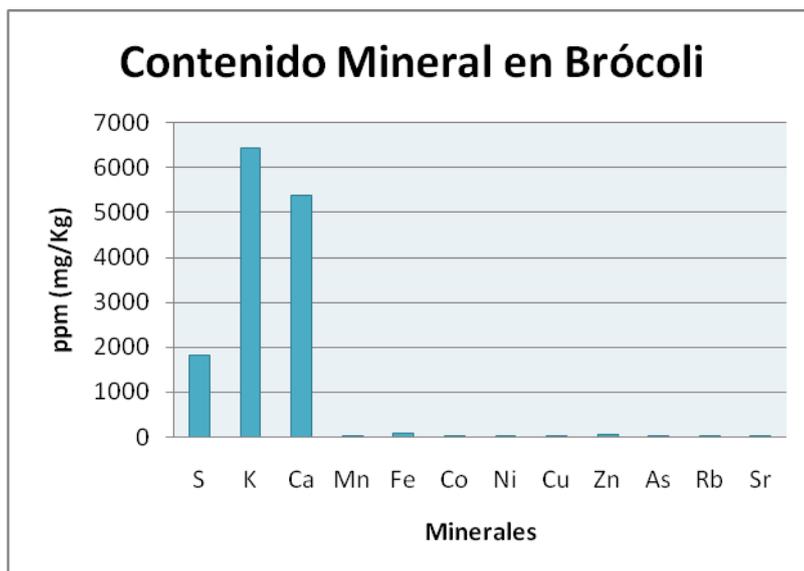


Tabla No. 4 Contenido mineral en Brócoli (en ppm)

Elementos	Media	SD
S	1810.80	779.20
K	6437.95	3483.11
Ca	5395.48	2667.58
Mn	11.11	8.32
Fe	97.38	52.11
Co	1.19	2.65
Ni	10.08	9.87
Cu	2.68	4.77
Zn	47.67	19.37
As	3.54	7.06
Rb	23.69	14.56
Sr	3.72	7.30

Grafica No. 4

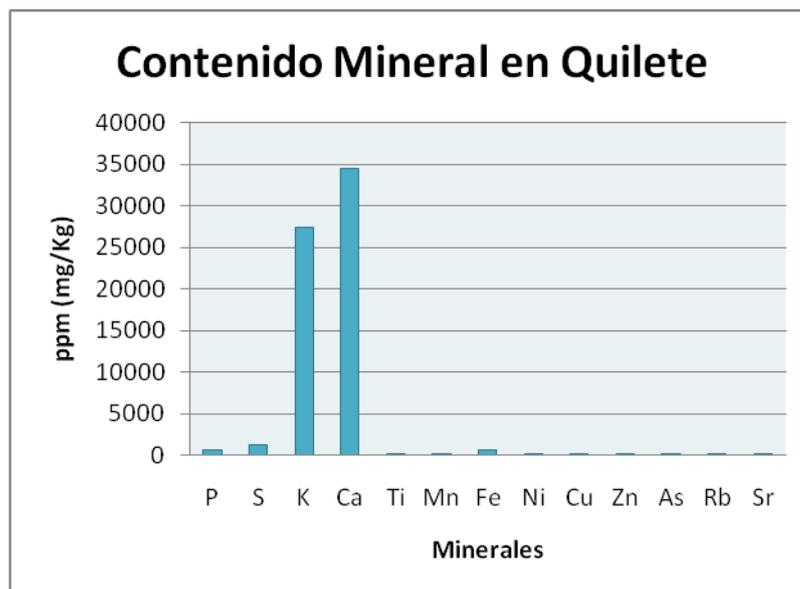


Tabla No. 5 Contenido mineral en Quilete (en ppm)

Elementos	Media	SD
P	658.92	1473.39
S	1253.24	1275.15
K	27408.17	10383.33
Ca	34446,69	32208,60
Ti	9.59	9.64
Mn	86.35	49.57
Fe	581.98	132.12
Ni	46.15	103.19
Cu	10.96	13.02
Zn	131.37	25.26
As	12.47	20.74
Rb	30.38	11.58
Sr	3.69	6.72

Grafica No. 5

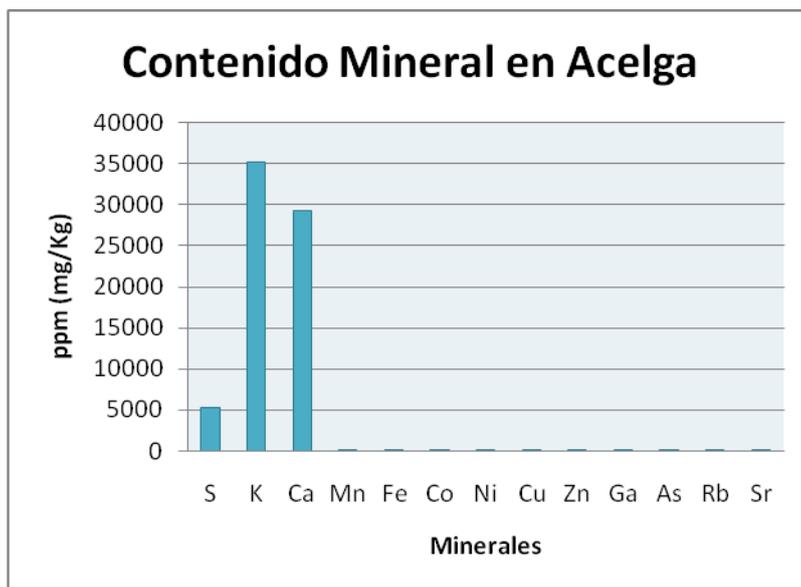


Tabla No. 6 Contenido mineral en Acelga (en ppm)

Elementos	Media	SD
S	5218.26	3543.70
K	35272.98	26934.86
Ca	29339.72	21955.70
Mn	58.34	46.91
Fe	182.72	101.93
Co	3.75	6.34
Ni	4.02	5.55
Cu	14.64	26.28
Zn	36.40	22.56
Ga	0.96	2.14
As	78.09	62.73
Rb	21.64	13.95
Sr	51.27	16.31

De acuerdo a las tablas y gráficas obtenidas, éstas presentan los distintos minerales y las tendencias de las muestras y mediciones; se puede notar que el mineral en mayor concentración y el principal en cada vegetal es el K, seguido del Ca también en grandes concentraciones comparado con los otros minerales.

Estos son los minerales que se encuentran en las 5 plantas analizadas Ca, K, Fe, As, Zn, Mn, Sr, Cu, Rb, Ni, todos estos minerales se localizan en cada una de las plantas a las cuales se les realizó en análisis multielemental.

El Ca es el segundo mineral de mayor concentración encontrado en los especímenes, el quilete presentó la mayor concentración superando a las demás plantas en cuanto a la cantidad de este mineral. El S únicamente se encuentra en 4 de las plantas muestreadas y en el vegetal donde no se encontró fue en la espinaca.

El Cr se cuantificó únicamente en el berro y se encontró P en el berro, quilete y espinaca.

El Co se pudo cuantificar solamente en el brócoli, acelga y berro. El Ga otro elemento poco común se encontró en la acelga y espinaca. El Ti se identificó únicamente en el quilete a una concentración baja.

En resumen, los elementos que se encuentran en mayor concentración son el K y el Ca, en algunas plantas el P y el S. Los demás elementos se encuentran en concentraciones menores y en algunos casos se encuentran elementos que únicamente se localizaron en ciertos vegetales y no en todos los demás.

Para el análisis estadístico se desarrolló una prueba de t por parejas para comparar las mediciones multielementales realizadas a las cinco plantas y verificar si existe diferencia significativa respecto a la variabilidad en la concentración de los minerales cuantificados en cada planta y entre ellas. (49)

El estudio se realizó en 5 muestras, por lo que para el análisis estadístico la t posee 4 grados de libertad ($t-1$), con un intervalo de confianza del 90% (0.10), en este caso el valor para t es de 2.13.(49)

Tabla No. 7 Valor t para las mediciones realizadas a cada planta

	Berro	Espinaca	Brocoli	Quilete	Acelga
Elementos	Valor t				
P	47.10	65.58	0.00	38.38	0.00
S	41.65	0.00	22.77	30.06	14.32
K	217.48	67.12	8.00	14.68	27.64
Ca	233.67	87.22	17.51	314.06	31.93
Mn	6.62	18.06	4.58	10.27	1.77
Fe	25.16	19.30	5.34	1.40	4.44
Cu	7.93	0.37	1.97	2.31	1.74
Zn	14.40	6.94	2.65	0.86	6.70
As	3.04	14.43	1.28	1.50	8.29
Rb	7.88	5.89	4.88	8.99	3.51
Sr	0.25	0.77	0.67	0.97	1.33

De los resultados estadísticos obtenidos se puede evidenciar que en la mayoría de vegetales, hay varios minerales que presentan valores de t superiores al especificado por lo que si se puede determinar que existe diferencia significativa en la concentración obtenida de cada medición, aunque no en todos los elementos ya que son pocos los minerales en los que en las cuantificaciones no presentaron alguna diferencia marcada.

Como se puede observar en el Cu presente en la espinaca y brócoli o el Mn, Cu y Sr que se encuentran la acelga obtuvieron valores inferiores al establecido para la t.

El Sr fue el único mineral el cual no presentó diferencia significativa en cuanto a la variación de su concentración en los especímenes analizados ya que su valor de t fue siempre inferior al referido por la literatura.(49)

La tabla No.8 refleja los principales minerales encontrados en las especies analizadas con el fin de determinar diferencia significativa en la concentración de minerales entre las 5 plantas estudiadas, para esta prueba la t tiene un valor de 2.13 con un intervalo de confianza del 90%. (49)

Tabla No. 8 Valor t para evidenciar diferencia significativa en las concentraciones de minerales entre las 5 plantas analizadas

Elementos	Valor t
P	503.21
S	311.42
K	944.62
Ca	756.45
Mn	82.93
Fe	99.52
Cu	22.88
Zn	65.61
As	80.71
Rb	21.89
Sr	34.87

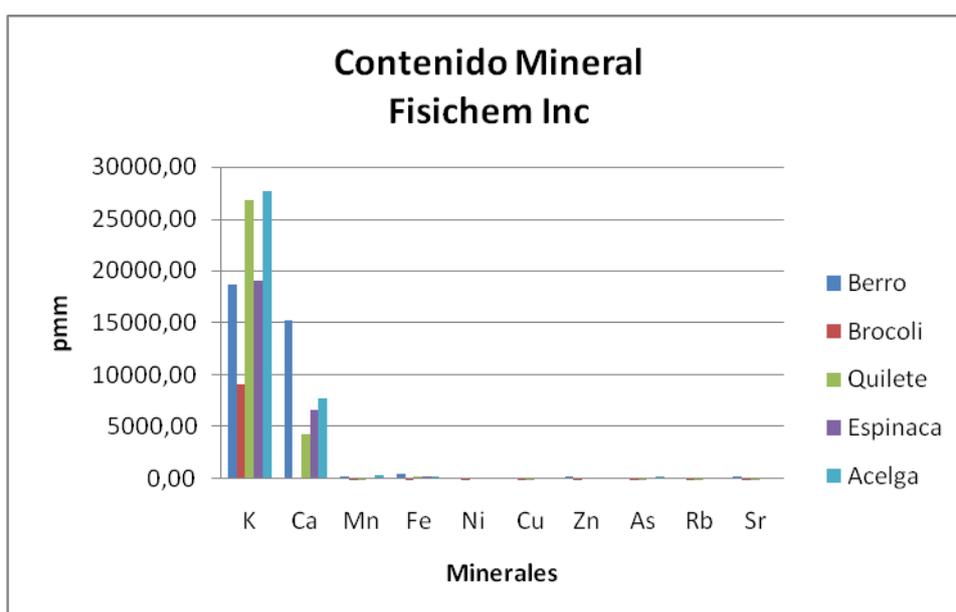
Todos los valores de t para los diferentes minerales encontrados en las especies difieren en gran manera del valor establecido, por lo tanto sí existe diferencia significativa para cada uno de los principales minerales cuantificados en cada espécimen vegetal. Principalmente para elementos como el K y Ca que eran los que se encontraban en mayor cantidad en los análisis realizados, además del P y S.

Los resultados obtenidos en la tabla No. 9, se realizaron mediante un segundo equipo de reflexión total de rayos X, que se encuentra en el laboratorio FISICHEM INC. Este equipo utilizado posee una mayor resolución y sensibilidad, por lo que estos datos sirvieron para poder comparar los contenidos minerales en las plantas comparando los resultados obtenidos en ambos equipos y evaluar si existe diferencia significativa en cuanto a la cantidad de minerales reportados y a la concentración de estos en los especímenes.

Tabla No. 9 Contenido mineral expresado en ppm en materia seca

Elementos	Berro	Brocoli	Quilete	Espinaca	Acelga
K	18646.86	9060.96	26835.69	19030.93	27667.98
Ca	15181.52	1,614.49	4280.54	6525.17	7740.45
Mn	130.36	29.65	64.21	46.07	279.97
Fe	354.79	60.96	274.94	210.60	204.22
Ni	26.40	18.12	ND*	65.81	75.76
Cu	66.01	7.48	19.76	ND*	39.53
Zn	160.07	3.,89	88.90	41.13	ND*
As	12,21	4.28	6.09	98.72	151.52
Rb	52.81	15.65	47.74	46.07	51.05
Sr	97.36	15.16	24.70	85.55	55.99

*ND: No Determinado

Grafica No. 6

Los datos obtenidos mediante otro equipo de reflexión total de rayos X, que se trabajó en el laboratorio privado Fisichem Inc. representados en la grafica No. 6 no demuestran una variabilidad en cuanto a la concentración de los minerales cuantificados en los primeros análisis realizados a los vegetales , puesto que en las lecturas realizadas a los especímenes analizados el K, Ca y Fe son los minerales que se encuentran en mayor proporción.

El K principalmente en la acelga y el Ca en mayor concentración en el berro, otro mineral que se nota en concentraciones moderadas es el Fe. La concentración reportada es bastante certera cuando se comparó con los primeros análisis presentados en las tablas y graficas de resultados, no existe una diferencia en relación a la presencia de los micronutrientes en las muestras.

En los resultados que se obtuvieron con ambos equipos de reflexión total de rayos X, la mayoría de minerales coincidieron, a excepción del S, ya que en los datos obtenidos con Fisichem no se logró determinar dicho mineral.

9. DISCUSION

Los resultados obtenidos en cada una de las mediciones para poder determinar el contenido mineral de berro, brócoli, quilete acelga y espinaca, fueron bastante certeros y brindaron una cantidad de información relevante, en cuanto al contenido mineral de cada planta.

En base al análisis multielemental en las plantas el K, Ca, S y P, fueron los minerales de los cuales se tuvo mayor concentración en todas las plantas, respectivamente. El K y Ca fueron los que obtuvieron una cantidad considerable alta y se encontraron en la acelga, al igual que el S, aunque éste mineral no pudo corroborarse con el equipo de Fisichem.

Estos cuatro minerales son fundamentales para el crecimiento de la planta, son macronutrientes indispensables para el buen desarrollo de planta, aunque cada espécimen vegetal aprovecha y absorbe de distintas maneras cada elemento que necesita, de esta forma existen diferencias entre las concentraciones de diferentes elementos en cada planta, pero principalmente esta característica hace que ciertas plantas sean mejor recomendada por su alto contenido de cierto mineral que otras y esta característica las convierte en mejores posibilidades de ser suplementos alimenticios. (50,52)

Otros elementos encontrados en las mediciones como el Cu, Zn, Fe, Mn, Rb, As, Co, Cr, Ga son de gran utilidad y son necesarios en bajas concentraciones en el cuerpo humano, muchas de las dietas o suplementos alimenticios no contienen toda la cantidad de minerales que poseen las plantas analizadas. (8,50)

En los estudios realizados por el INCAP el brócoli, posee dentro de su contenido mineral una gran concentración de Ca y Fe, estos resultados tienen gran similitud con los obtenidos en las lecturas multielementales puesto que estos fueron de mayor cantidad experimentalmente además del K y S (48,6). La espinaca reporta Ca, P y Fe de acuerdo al INCAP para los elementos de mayor cantidad en este vegetal y experimentalmente coinciden. La acelga es uno de los vegetales en los que se encontró mayor concentración y variabilidad de minerales, dentro de los cuales el K fue el más abundante, además de Ca, S y Fe, comparado con los datos que reporta el INCAP esta presentó gran similitud. (45)

Con respecto al berro, de acuerdo a la literatura y al análisis proximal por 100 g de alimento ingerido este contiene: K, Ca, P, Mg, Fe, este posee una gran igualdad con los datos obtenidos experimentalmente los análisis, los mineral de mayor concentración fueron el K, Ca, S, y además de contener P, Mn, Fe y Zn (44,45).

Un factor crítico en este estudio fue la diferencia entre el análisis realizado en materia seca y lo reportado en la literatura la cual es materia vegetal húmeda, ya que el estudio que se realizó fue materia vegetal seca. Ya que el contenido de agua de los órganos vegetales esta entre 6 y 90%; Después de eliminar el agua de los tejidos los macroelementos constituyen aproximadamente el 99,5% de la materia seca, mientras que los microelementos forman cerca del 0,03%. Debido a esta característica es que se marca una gran diferencia entre los análisis de contenido mineral realizados en materia húmeda y en materia seca. (46,50)

El análisis estadístico realizado mediante la prueba de t por parejas demostró que existe una diferencia significativa con respecto a la variabilidad del contenido mineral entre las mediciones realizadas de cada planta y ente las 5 plantas estudiadas puesto la mayoría de mediciones no cumplió con el valor t. (49)

El método por el cual se llevó a cabo toda la investigación, la espectrometria de rayos X, fue una técnica muy versátil y que brinda resultados rápidos y certeros al momento de realizarse los análisis, permitió llevar a cabo todas las repeticiones sin mayor inconveniente, la característica peculiar que fue de gran apoyo para el estudio es la determinación múltiple de diversos minerales en comparación con otras técnicas que cuantifican uno o tres minerales.

Una deficiencia y paso crítico fue la aplicación de la muestra puesto que debía de aplicarse en el lugar exacto y con mucho cuidado para formar adecuadamente la gota de muestra y que se secara perfectamente, esto provocó cierto error humano y causó que en ciertas determinaciones de una misma planta aparecieran muchas veces minerales no determinados y en otra mediciones de la misma planta si aparecía.

Este error afectó en gran manera el análisis puesto que no se puede argumentar cómo un elemento puede aparecer en tres lecturas y después no salir, aunque se pudo

deber a errores de calibración y sensibilidad de los aparatos. Muchos de los elementos cuantificados, especialmente los oligoelementos presentan pesos atómicos muy bajos en comparación con los macroelementos, estos pudieron haber afectado la emisión de los elementos de menor tamaño provocando que muchos de estos aparecieran como no detectados o que hayan sido detectados algunas veces cometiendo algún tipo de enmascaramiento y dando datos falsos positivos.

Se debe de tomar en cuenta que el detector del aparato de reflexión total de rayos X, tiene en su composición Ni, por lo que puede causar variabilidad en los resultados de este elemento.

El S fue un elemento el cual no se pudo identificar cuando se trabajaron las muestras en el laboratorio Fisichem Inc., pero sí se determinó en las mediciones realizadas con el otro equipo, esta diferencia se debe a la sensibilidades de los distintos equipos y a las diferentes curvas de calibración de elementos que pueda tener cada aparato.

El quilete como planta nativa de Guatemala posee cierto uso popular, dentro de sus propiedades esta la de ser mineralizantes en la fase de recuperación de pacientes con diversos estados debilitantes(13), esta atribución se le podría dar posiblemente a la abundancia de K encontrado en la planta, pero tentativamente también a la cantidad de Ca, la concentración de este mineral es la de mayor cantidad reportada entre las cinco especies estudiadas, también contiene otros minerales como el S, P, Fe y Zn. Los datos obtenidos comparado con lo que se reporta en los antecedentes del quilete (4,5,6), los resultados muy parecidos en cuanto a ser los minerales de superior cantidad presentes en este vegetal.

10. CONCLUSIONES

- Las especies vegetales analizadas podrían por su alto contenido mineral podrían ser utilizadas como suplementos alimenticios.
- La propiedades mineralizantes del quilete pueden deberse a la gran concentración de minerales presentes como el calcio, potasio y hierro presentes en planta seca.
- Los contenidos minerales reportados en muestra seca son igual o superiores a los valores reportados en las tablas de requerimientos nutricionales minerales según los RDA's.
- Los factores fisicoquímicos del suelo, fertilizantes, irrigación y filogenéticos de la planta pueden afectar el contenido mineral de las plantas.
- La técnica de fluorescencia de rayos X, es una muy buena técnica para análisis multielementales, aunque su punto crítico es la aplicación de la muestra.
- Los resultados obtenidos experimentalmente comparados con los reportados en la literatura y el laboratorio Fisichem Inc. no presentaron diferencia, en cuanto a cantidad y concentración de los minerales reportados.
- La sensibilidad de los equipos, aplicación de la muestra y cantidad de minerales pudieron ser factores en la identificación y cuantificación adecuada de los elementos.
- Existe diferencia significativa en cuanto a la concentración de minerales encontrados en las distintas especies vegetales analizadas.

11. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis multielementales en cada especie vegetal trabajada, pero de cada uno de los órganos de estas.
- Realizar estudios de caracterización morfológica que incluyan factores genéticos, ambientales y diferentes fases de crecimiento y desarrollo.
- Realizar estudios de caracterización que incluyan otros factores ambientales como tipo de suelo, región de cosecha, y características fisicoquímicas del suelo.
- Se recomienda dar una mejor investigación al quilete por ser una especie nativa de Guatemala la cual ha sido poco estudiada en cuanto a su contenido mineral.
- Realizar un nuevo estudio de las especies vegetales, pero utilizando una curva de calibración con mayor número de minerales, para poder evaluar la presencia de más micronutrientes o contaminantes presentes.
- Comparar valores obtenidos contra otra técnica como absorción atómica y compara los datos obtenidos.
- Realizar estudios de biodisponibilidad para las plantas que presentaron una mayor concentración de minerales para evaluar su uso potencial como suplemento alimenticio,

12. REFERENCIAS

1. Alonzo, Jorge. Tratado de Fitofármacos y Nutracéuticos. 1ra. Edición. Rosario, Argentina. Corpus libros. Editorial Corpus. 2004
2. Lucha contra la anemia nutricional, especialmente contra la carencia de hierro. Informe sobre una reunión mixta. ADI, OIEA, OMS. Serie de informes técnicos No. 580. Organización Mundial de la Salud, Ginebra 1975. Págs. 5-16
3. Organización Mundial de la Salud. Serie de informes técnicos No. 532. Los Oligoelementos en la nutrición Humana. Informe de un comité de expertos, de la OMS. Ginebra 1973. Págs. 5-47, 57-59
4. Oligoelementos en la Nutrición Infantil. Nestlé Nutrition. República Federal de Alemania 15 de enero 1984. Págs. 21-25
5. Leung, Woot-Tsuenwu, R. Marinaflores. ICAP-ICNND. Tabla de Composición de Elementos para Uso en América Latina. Junio 1961. Págs. 18,19,23,42,30,34
6. Tabla de Composición de Alimentos. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 4TA. Edición, Guatemala, C.A. 1960. Págs. 7,8,10,11
7. Food Composition Tables. For Use In The English Speaking Caribbean. Compiled by Caribbean Food and Nutrition Institute. 1974. Kingston, Jamaica. Pages. 20, 21, 22,24
8. Mahan, et. al. Nutrición y Dietoterapia de Krause. 9na Edición. McGraw Hill Interamericana. 1998, México, D.F. págs. 123-164
9. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. SRF. Volumen 12. No. 3 Diciembre 2003. Págs. 19-31
10. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. SRF. Volumen 12. No. 1 Abril 2003. Págs. 61-73, 75-85
11. Ray, P. La Planta Viviente. 1977. 2nda. Edición. Compañía Editorial Continental S.A. México, D.F. pagas. 129-167
12. Cáceres, A. Plantas de Uso Medicinal en Guatemala. Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1996. Págs. 313-315
13. Giron, L. et al. Anticandidal activity of plants use for the treatment of vaginitis in Guatemala and Clinical trial of a *Solanum nigrescens* preparation. Journal of ethnopharmacology 22:307-313. Elsevier Scientific Publishers. IrelaHerbnd 1988.

14. British Herbal Medicine Association. British Herbal Pharmacopeia. 4th Edition. Great Britain. 1996. Pag.212
15. García, M. fitoquímicos: nutrientes del futuro. España. Solgar. 2001. Pág. 32
16. http://www.chocolates.com.co/nut_que.htm. Consultada el 20 de agosto 2007
17. www.infoagro.net/shared/docs/a5/productos_nutraceuticos.pdf. Consultada el 9 de mayo 2007
18. www.nutraceuticos.com/minerales2.html#multi. Consultada el 10 de agosto 2007
19. Johns, M.; Tracy, T. 2003. Dietary supplements. Toxicology and clinical Pharmacology. Humana Press. USA. Pág. 410
20. Ramírez. Sensitividad de un Espectrómetro de Rayos-X, como método para análisis químico y Caracterización de Materias Primas. Tesis Facultad de C.C. Q.Q. y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala 2003. Pág. 96
21. Ayala, R. "Total reflection X-ray fluorescence spectrometers for multielements analysis: status of equipment". *Spectrochimica Acta part B* 56 (2001) pp. 2331-2336. 2001
22. Morrison, H. y murria, R. Instrumentación en Chemical Analytical. Washington, D.C. USA 1992. Págs. 452-417
23. Skoog, L. Análisis instrumental. 5ta. Edición. España McGraw-Hill 2003
24. Pérez, J. Determinación experimental de las Sensitividad de los elementos Z= 20 a Z= 38 e un sistema de reflexión total de rayos-X. Tesis facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1990.
25. Bermúdez, J. Teoría y Practica de las Espectroscopia de rayos-X. American Chemical Society. USA, Washington DC. 1992.
26. Tertian, R.; Claisse, F. Principles of Quantitative X-fluorescence analysis. Heyden & Son. Inglaterra 1982. Pág. 835
27. Skoog, D.; Holler, J; Principios de Análisis Instrumental. 5ta. Edición. Editorial McGraw-Hill. España. Pág. 1028
28. <http://www.sistemas.itesm.mx/va/topicos/Sinteticos/Analiticos/Ta95053.htm>
Consultada el 11 de junio 2007
29. www.ecunuclear.gov.ec/ecu/fluorescencia_rayosx.htm consultada el 17 de junio 2007
30. www.Geochemistry.svr.edu Brief History Development of X-Ray fluorescence. Rincondelvago/rayos-x_html consultada el 17 de junio del 2007

31. www.rpsqualitas.com/RayosX.htm consultada el 17 de Junio del 2007
32. www.ti.usc.es/riaidt/raiosx/formularios/UNED_Curso_Fluorescencia.pdf
Consultada el 17 de junio del 2007
33. Zepeda, E. Determinación simultanea de elementos en aguas por fluorescencia de Rayos X. Tesis Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1988. Pág. 58
34. Orozco, R.; Cleaves, C. Caracterización botánica y Análisis de contenido mineral de *Smilax domingensis Willd.* En los departamentos de Suchitepéquez y Escuintla. Tesis Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. Págs. 22-32
35. Matas, A. et. al. Etnohistoria de la Formación y Desarrollo Histórico de la Población de los Santos Inocentes de Parramos del Departamento de Chimaltenango. Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Historia. 2000
36. Prado E. Comunidades de Guatemala. Recopilación. Impresión Hermes. Guatemala, C.A. 1984
37. Fennema, O. food chemistry. 3rd Ed. Marcel Dekker. Inc. New York. 1996. Pp.1067.
38. www.taringa.net/.../Fennema_Quimica_de_los_alimentos_Ebook.html
39. www.lsf.com.ar/.../QUIMICA-DE-LOS-ALIMENTOS/ -
40. <http://www.scribd.com/doc/15488160/Vitaminas-y-minerales-bromatologia>
41. Ozca, M. "Mineral contents of some plants used as condiments in Turkey" *Food Chemistry* 84 (2004) pp. 437-440
42. Basgel, S. Erdemoglu, S.B. "Determination of mineral and trace elements in some medicinal herbs and their infusions consumed in turkey". *Science of the total Environment* 359 (2006). Pp. 82-89
43. DAVIDSON, J. AND J. A. L.ECLEBC. "The Variation In The Mineral Content Of Vegetables" *The Journal of Nutrition. Food Research Division, Bureau of Chemistry and Soils, U. S. Department of Agriculture, Washington, D. C., 1935.*
44. <http://www.lenntech.com/fruit-vegetable-mineral-content.htm#ixzz0SkHICfEe>
45. <http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/acelga/intro.php>
46. Shnug ,et.al. "Mineral Content Of Primary And Secondary Inflorescences Of Eleven Broccoli Cultivars Grown In Early And Late Seasons" Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Federal Agricultural Research Centre (FAL),

- Germany Journal of Plant Nutrition*, Volume 25, Issue 8 July 2002 , pages 1741 – 1751
47. <http://www.watercress.com/nutrcomp.aspx>
 48. Bastin ,Sandra, *Water Content of Fruits and Vegetable*. Foods and Nutrition Specialist and Kim Henken, Extension Associate for ENRI. Information taken from Bowes & Church's Food Values, 1994. December, 1997
 49. Miller, J.C. *Estadística para Química Analítica*. 2nda. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. Pp. 40-45, 198
 50. <http://www.fda.gov/Food/LabelingNutrition/FoodLabelingGuidanceRegulatoryInformation/RegulationsFederalRegisterDocuments/ucm073531.htm>
 51. <http://www.aula21.net/Nutriweb/minerales.htm>
 52. Valencia. E. et. al. "Evaluación de la influencia de distintos componentes de la dieta sobre la biodisponibilidad potencial de minerales en alimentos complementarios" *Revista Chilena de Nutrición*, marzo, año 2007/vol. 34, número 001. Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología. Santiago, Chile
 53. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/469/46934106.pdf>
 54. RDA, Recommended Dietary Allowances, 10th edition © 1989, by the National Academy of Sciences. Courtesy of the National Academy Press, Washington D.C.; Committee on Dietary Reference Intakes, Dietary Reference Intakes for Calcium; Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride (Washington, D.C.; National Academy Press, 1997)
 55. Salazar, R. et. al. *Agricultura*. Publicación N° 1. Guatemala C. A. 1947 Tip. Universitaria. Iii+ 118p., Prof. Ilustr. D - T., Láms. F - T., Cub. Desl. 25x18. Rúst.

13. ANEXOS

MARCO TEÓRICO

13.1 BERRO

13.1.1 Historia

Los antiguos peregrinos del Camino de Santiago empleaban los berros como planta medicinal contra las inflamaciones, los dolores producidos por el reuma, las grietas de la piel y otras herida (1).

La denominación genérica deriva del latín *nasi*: “nariz” y *tortium*: “distorsión”, “torcimiento”, en alusión al movimiento nasal en presencia de sustancias con sabor picante. Para los romano, el berro era uno de los remedios útiles de la “caja de Pandora” que los dioses le regalaron a Epimeteo. Solía ser consumido por los soldados antes de de las batallas o marchas militares. En la antigüedad, el berro fue especie medicinal considerada oficial en varios países. Hipócrates lo recomendaba como expectorante. Dioscorides menciona propiedades parasitcidas, emenagogas y antineuríticas (por vía externa) en casos de ciatalgia. Culpeper recomendaba hacer una loción con el jugo de las hojas machacadas para limpiar la cara de las manchas. Lemos (1878) describió cualidades antihemoptoicas (tuberculosas), Hyeronimus (1882) destaco sus propiedades antiescorbúticas y Leclerc (1930) propiedades expectorantes (1).

13.1.2 Nombre Científico: *Nasurtium officinale* R. Br.

13.1.3 Sinónimos: berro, mastuerzo de agua

13.1.4 Descripción botánica: se trata de una plana herbácea perenne, perteneciente a la familia de las Brassicaceas (Crucíferas), caracterizada por tener una altura cercana a los 30-80 cm. Crece en hábitats acuáticos o semiacuáticos, de manera flotante o reptante; tallos huecos succulentos, libremente radicantes, con nudos que en contacto con la tierra enraízan; hojas verde-oscuras divididas, imparipinadas, con 3-9 segmentos obtusos, ovales a ovados, el terminal casi orbicular; flores blancas de 4-5 mm de diámetro; el fruto aparece en silicua lineal, ligeramente encorvado hacia la zona superior, de 1.2-3.5 cm, de largo, con pedúnculos alargados y semillas dispuestas en dos hileras en cada celda del folículo. La floración ocurre desde principios de verano hasta mediados de otoño (1).

13.1.5 Hábitat: El género comprende más de 50 especies distribuidas en todo el mundo. El berro es oriundo de Europa y Asia, teniendo en la actualidad una distribución cosmopolitana. Crece en arroyos, ríos, bordes de canales, zanjas o charcos, hasta los 2,500 metros de altitud (1).

13.1.6 Parte Utilizada: la droga está constituida por la sumidad florida. Presenta olor característico ligeramente espaciado, tornándose más intenso con la trituración del material vegetal. El sabor es picante y algo amargo. Se importa principalmente del este y subeste europeo.

13.1.7 Composición Química

13.1.7.1 Partes Aéreas: provitamina A, vitaminas B2, B6, C y D, nicotinamida, manganeso, hierro, fósforo, yodo, calcio, L-fenilalanina (como parte del proceso fisiológico del vegetal, la mayor parte se transforma en ácido benzoico), rutina (72 mg/100g), glucósidos tiocianicos (gluconasturcina), nitritos (3-fenilpropionitrilo, 8-metilooctanon-nitrilo, etc.), flavonoles (3-O-sofosósidos de ramnetina, ramnazina), megastigmano (glucosido) (1).

13.1.7.2 Análisis proximal por 100 g de alimento ingerido: Kclorias (21), proteínas (1.6 g), grasas totales (0.3 g), hidratos de carbono (2.9 g), fibra (1 g), agua (93.5 g), sodio (12 mg), potasio (276 mg), calcio (18 mg), fósforo (64 mg), magnesio (34 mg), hierro (3.1 mg), provitamina A (450 µg), Vitamina B1 o tiamina (0.09 mg), B2 o riboflavina (0.20 mg), B3 o niacina (0.7 mg), B6 o piridoxina (0.30 mg), vitamina C (51-60mg), yodo (0.048 mg en planta seca) (1).

13.1.8 Usos Etnomedicinales: Generalmente se emplea popularmente la planta como tónico-estimulante, antiasmática, antiescorbútica, laxante, contraceptiva, afrodisíaco y antitusivo. Por vía externa como cicatrizante, descongestivo (acne, eczema), en gingivitis y anticasma. En fricciones externas sobre el cuerpo cabelludo, para detener la caída del cabello. La mezcla de 60 g de jugo de berro y 30 g de miel, colocados a través de un lienzo, se recomienda para borrar las manchas y pecas del cutis. En Costa Rica, Guatemala, México y Panamá utilizan la planta entera en casos de anemia, dermatitis y tuberculosis (1).

13.1.9 Contraindicaciones: Esta planta herbácea está contraindicada para todos aquellos que padezcan de gastritis, úlcera gastroduodenal, hipotiroidismo e inflamación de las vías urinarias. Tampoco es aconsejable su consumo para los pacientes con problemas de hipertensión (1).

13.2. ACELGA

13.2.1 Origen

Los primeros informes que se tienen de esta hortaliza la ubican en la región del Mediterráneo y en las Islas Canarias. Aristóteles hace mención de la acelga en el siglo IV a.C. (9,10,11).

13.2.2 Taxonomía Y Morfología

13.2.2.1 Familia: Quenopodiaceae.

13.2.2.2 Especie: Beta vulgaris L. var. cicla (L.).

13.2.2.3 Planta: la acelga es una planta bianual y de ciclo largo que no forma raíz o frutocomestible.

13.2.2.4 Sistema radicular: raíz bastante profunda y fibrosa.

13.2.2.5 Hojas: constituyen la parte comestible y son grandes de forma oval tirando hacia acorazonada; tiene un pecíolo o penca ancha y larga, que se prolonga en el limbo; el color varía, según variedades, entre verde oscuro fuerte y verde claro. Los pecíolos pueden ser de color crema o blancos.

13.2.2.6 Flores: para que se presente la floración necesita pasar por un período de temperaturas bajas. El vástago floral alcanza una altura promedio de 1.20 m. La inflorescencia está compuesta por una larga panícula. Las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres. El cáliz es de color verdoso y está compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos.

13.2.2.7 Fruto: las semillas son muy pequeñas y están encerradas en un pequeño fruto al que comúnmente se le llama semilla (realmente es un fruto), el que contiene de 3 a 4 semillas.

13.2.3 Importancia Económica Y Distribución Geográfica

El consumo en fresco aumenta ligeramente pues en el mercado está todo el año. La industria está ofreciendo novedades: mata entera para hoja y penca, o segada similar a la espinaca. El cultivo de la acelga tiene cierta importancia en algunas zonas del litoral mediterráneo y del interior. En los últimos años ha tenido lugar un ligero incremento de la producción (9,10,11).

13.2.4 Requerimientos Edafoclimáticos

13.2.4.1 Temperatura: la acelga es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias; le perjudica bastante los cambios bruscos de temperatura. Las variaciones bruscas de temperatura, cuando las bajas siguen a las elevadas, pueden hacer que se inicie el segundo periodo de desarrollo, subiéndose a flor la planta.

La planta se hiela cuando las temperaturas son menores de -5°C y detiene su desarrollo cuando las temperaturas bajan de 5°C . En el desarrollo vegetativo las temperaturas están comprendidas entre un mínimo de 6°C y un máximo de 27 a 33°C , con un medio óptimo entre 15 y 25°C . Las temperaturas de germinación están entre 5°C de mínima y 30 a 35°C de máxima, con un óptimo entre 18 y 22°C .

13.2.4.2 Luminosidad: no requiere excesiva luz, perjudicándole cuando ésta es elevada, si va acompañada de un aumento de la temperatura. La humedad relativa está comprendida entre el 60 y 90% en cultivos en invernadero.

En algunas regiones tropicales y subtropicales se desarrolla bien, siempre y cuando esté en zonas altas y puede comportarse como perenne debido a la ausencia de invierno marcado en estas regiones (9,10,11).

13.2.4.3 Suelo: la acelga necesita suelos de consistencia media; vegeta mejor cuando la textura tiende a arcillosa que cuando es arenosa. Requiere suelos profundos, permeables, con gran poder de absorción y ricos en

materia orgánica en estado de humificación. Es un cultivo que soporta muy bien la salinidad del suelo, resistiendo bien a cloruros y sulfatos, pero no tanto al carbonato sódico. Requiere suelos algo alcalinos, con un pH óptimo de 7,2; vegetando en buenas condiciones en los comprendidos entre 5,5 y 8; no tolerando los suelos ácidos.

13.2.5 Riego

La acelga es un cultivo que debido a su gran masa foliar necesita en todo momento mantener en el suelo un estado óptimo de humedad. Para obtener una hortaliza de buena calidad no conviene que la planta acuse síntomas de deshidratación, durante las horas de mayor temperatura en el invierno, para evitar que los tejidos se embastezcan.

Cuando el riego se realiza por gravedad se recomiendan aportes de agua después de la plantación, a los 15-20 días y luego se establece un turno de 20 días que se irá aumentando hasta febrero y se reducirá a partir de esas fechas.

13.2.6 Recolección

La recolección de la acelga puede hacerse de dos formas, bien recolectando la planta entera cuando tenga un tamaño comercial de entre 0,75 y 1 Kg de peso, o bien recolectando manualmente las hojas a medida que estas van teniendo un tamaño óptimo.

La longitud de las hojas es un indicador visual del momento de la cosecha (25 cm), siendo el tiempo otro parámetro, 60-70 días el primer corte y después cada 12 a 15 días. Es recomendable cortar las hojas con cuchillos o navajas bien afilados, evitando dañar el cogollo o punto de crecimiento, ya que podría provocarse la muerte de la planta. De esta forma se puede obtener una producción media de 15 kilos por metro cuadrado (9,10,11).

Una vez recolectadas las hojas, se colocan en manojos de un kilo que a su vez se empaquetan en conjuntos de 10 kilos. En cada manajo se alterna la mitad del fajo de hojas y otra mitad del pecíolo.

La conservación se realiza a 0°C y 90% de humedad relativa durante 10-12 días

13.2.7 Valor Nutricional

Valor nutricional de acelga en 100 g de producto fresco	
Hierro (mg)	3.2
Calcio (mg)	88

13.2.8 Propiedades Medicinales

La acelga goza de numerosas aplicaciones medicinales y alimenticias, por ser emoliente, refrescante, digestiva, diurética, diaforética y nutritiva. Se emplea con éxito la decocción de las hojas en las inflamaciones de la vejiga y contra el estreñimiento. Igualmente presta valiosos servicios en las hemorroides y en las enfermedades de la piel. La acelga en ensalada con zumo de limón, sirve para fortalecer el estómago y vigoriza el cerebro, así como para desinflamar los nervios. Contra los cálculos biliares se tomará en ayunas un vaso de zumo de acelga con zumo de berro en partes iguales. Como laxante en casos de estreñimiento pertinaz, se tomará el zumo de acelga, la cantidad de medio vaso, más una cucharada de aceite de oliva.

Además la acelga es benéfica en las siguientes enfermedades: inflamaciones de los riñones, uretra y pelvis renal, trastornos del hígado e inflamaciones de la vesícula biliar, cólicos hepáticos y nefríticos, gota, reumatismo, diabetes, enfermedades de piel como eczemas, úlceras, llagas, etc., hemorragias de los intestinos, inflamaciones del duodeno, enterocolitis, asma, supresión de la orina, emisión difícil o dolorosa de la orina, vómitos de sangre, etc. Para todos estos casos, se usará la acelga en forma de ensalada o cocida a vapor, o mejor aún, se tomará el zumo crudo. El cocimiento de las raíces es magnifico para las enfermedades del hígado, para esto se tomará por tacitas. Los frutos tostados a manera de café y reducidos a polvo, se tomará la cantidad de una cucharada en una taza de infusión de llantén o en una copa de vino áspero, contra la disentería, hemorragias uterinas y emisiones abundantes de orina.

La acelga se emplea en las escoriaciones y en general en las inflamaciones de la piel. En cataplasma se utiliza la acelga contra el zaratá (endurecimiento o cáncer

del pecho), hemorroides, úlceras, heridas, llagas. Contra el reumatismo se usará cataplasma de las hojas frescas de acelga y apio, aplicadas varias veces al día. En enemas se utiliza la acelga en cocimiento, especialmente las hojas para combatir los catarros del colon y aliviar los pujos en las diarreas sanguinolientas. Asimismo es magnifico este enema en los estados febriles, particularmente en la tifoidea, pero si se desea obtener una acción más enérgica se hará hervir la raíz bien triturada con un poco de manzanilla y corteza de malva (9,10,11).

13.3 BRÓCOLI

13.3.1 origen

Su origen parece que está ubicado en el Mediterráneo oriental y concretamente en el Próximo Oriente (Asia Menor, Líbano, Siria, etc.).

Los romanos ya cultivaban esta planta, pero hace unos 20 años que su consumo empezó a incrementarse (9,10,11).

13.3.2 Taxonomía Y Morfología

13.3.2.1 El brócoli pertenece a la familia *Cruciferae*

13.3.2.2 Nombre botánico: *Brassica oleracea* L., variedad *botrytis* subvar. *cymosa* Lam.

Es una planta similar a la coliflor, aunque las hojas son más estrechas y más erguidas, con pecíolos generalmente desnudos, limbos normalmente con los bordes más ondulados; así como nervaduras más marcadas y blancas; pellas claras o ligeramente menores de tamaño, superficie más granulada, y constituyendo conglomerados parciales más o menos cónicos que suelen terminar en este tipo de formación en el ápice, en bastantes casos muy marcada.

Es importante resaltar la posible aparición de brotes laterales en los brócolis de pella blanca en contraposición a la ausencia de este tipo de brotes en la coliflor. La raíz es pivotante con raíces secundarias y superficiales.

Las flores del brócoli son pequeñas, en forma de cruz de color amarillo y el fruto es una silicua de valvas ligeramente convexas con un solo nervio longitudinal. Produce abundantes semillas redondas y de color rosáceo (9,10,11).

13.3.3 Requerimientos Edafoclimáticos

Es un cultivo de desarrollo fundamentalmente durante las estaciones de otoño e invierno. Para un desarrollo normal de la planta es necesario que las temperaturas durante la fase de crecimiento oscilen entre 20 y 24°C; para poder iniciar la fase de inducción floral necesita entre 10 y 15°C durante varias horas del día. La planta y la pella no suelen helarse con temperaturas cercanas a 0° C, cuando su duración es de pocas horas del día.

Las variedades que tienen pella única y blanca (más similares a la coliflor) son menos resistentes al frío que los brócolis ahijados.

En zonas donde las temperaturas bajan excesivamente, se cultivan variedades tardías, de recolección a finales de invierno o principios de primavera. La humedad relativa óptima oscila entre 60 y 75%.

Como todas las crucíferas prefiere suelos con tendencia a la acidez y no a la alcalinidad, estando el óptimo de pH entre 6,5 y 7. Requiere suelos de textura media. Soporta mal la salinidad excesiva del suelo y del agua de riego.

En el caso de variedades tempranas pueden emplearse suelos ligeros y son más adecuados los fuertes para las variedades tardías. Es conveniente que el suelo esté en un estado perfecto de humedad de tempero.

13.3.4 Riego

El riego debe ser abundante y regular en la fase de crecimiento. En la fase de inducción floral y formación de pella, conviene que el suelo esté sin excesiva

13.3.5 Recolección

Los brócolis deben cosecharse con el número de hojas exteriores necesario para su protección; en el caso de los brócolis de pella conviene que estén lo más cubiertos posible. La recolección comienza cuando la longitud del tallo alcanza 5 ó 6 cm, posteriormente se van recolectando a medida que se van produciendo los rebrotes de inflorescencias laterales.

El brócoli de buena calidad debe tener las inflorescencias cerradas y de color verde oscuro brillante, compacta (firme a la presión de la mano) y el tallo bien cortado y de la longitud requerida (9,10,11).

13.3.6 valor nutricional

El brócoli ha sido calificado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso de producto comestible. Su aporte de vitamina C, B₂ y vitamina A es elevado; además suministra cantidades significativas de minerales (9,10,11).

Valor nutricional del brócoli por 100 g de producto comestible	
Calcio (mg)	130
Fósforo (mg)	76
Hierro (mg)	1.3
Calorías (cal)	42-32

13.3.6.1 Un protector de la salud

Los estudios sobre la efectividad del brécol en la prevención del cáncer son numerosos y, aunque las evidencias no llegan a ser irrefutables, apuntan a que ofrece quimioprotección, o sea, protección inespecífica frente a los agentes químicos que pueden provocar el cáncer. Además, el brécol puede actuar en el estómago como antibiótico y es capaz de eliminar o disminuir la población de la bacteria *Helicobacter pylori*, uno de los causantes de la úlcera de estómago.

Asimismo, su alto contenido en hierro, en clorofila y ácido fólico, hace del brócoli un alimento muy recomendable para personas con anemia, especialmente con anemia ferropénica, por déficit de hierro. También durante la menopausia es aconsejable su consumo pues contiene fitoestrógenos, con acción antiestrogénica similar a la de la soja, que permite paliar los síntomas de la menopausia.

También el hígado resulta beneficiado de las propiedades de esta verdura. El brécol ejerce una acción hepática compleja y se ha utilizado como estimulante de la llamada «depuración» interna del organismo. Un papel importante de esta depuración se realiza a través del hígado, verdadero receptor intermedio de todos los productos del metabolismo corporal. El brécol, capaz de estimular el trabajo hepático, puede interferir en algunos medicamentos, reduciendo su efectividad. Además de esta interferencia el brécol está contraindicado a personas que padecen hipotiroidismo.

- Fuente excelente de vitamina C
- Fuente de betacaroteno y fibra dietética
- Contiene vitamina B5 y K
- Puede ayudar a prevenir el cáncer

Es una flor comestible con beneficios extraordinarios para la salud. Pertenece a la familia de las crucíferas, al igual que el repollo, coliflor, nabo, rábano y berro. El brócoli es un protector contra el cáncer, es rico en betacaroteno y vitamina C, dos antioxidantes nutricionales que han demostrado gran capacidad para prevenir el crecimiento de tumores malignos. Además, contiene tres elementos con capacidad anticancerígena: el indol, sulfarano y el Fenetilisotiocianato. El brócoli protege del benzopireno, un elemento muy cancerígeno que se origina en toda combustión: cigarrillo, estufas, escapes de autos (9,10,11).

13.4. ESPINACA

13.4.1 Taxonomía Y Morfología

13.4.1.1 Familia: *Chenopodiaceae*.

13.4.1.2 Especie: *Spinacea oleracea* L.

13.4.1.3 Planta: en una primera fase forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se

diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas (9,10,11).

13.4.1.4 Sistema radicular: raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial.

13.4.1.5 Tallo: erecto de 30 cm a 1 m de longitud en el que se sitúan las flores.

13.4.1.6 Hojas: caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad. Color verde oscuro. 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.

13.4.1.7 Flores: las flores masculinas, agrupadas en número de 6-12 en las espigas terminales o axilares presentan color verde y están formadas por un periantio con 4-5 pétalos y 4 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 3-5 segmentos.

13.4.2 Origen

La espinaca fue introducida en Europa alrededor del año 1000 procedente de regiones asiáticas, probablemente de Persia, pero únicamente a partir del siglo XVIII comenzó a difundirse por Europa y se establecieron cultivos para su explotación, principalmente en Holanda, Inglaterra y Francia; se cultivó después en otros países y más tarde pasó a América (9,10,11).

13.4.3 Requerimientos Edafoclimáticos

Soporta temperaturas por debajo de 0°C, que si persisten bastante, además de originar lesiones foliares, producen una detención total del crecimiento, por lo que el cultivo no rinde lo suficiente. La temperatura mínima mensual de crecimiento es de aproximadamente 5°C. La adaptabilidad a las temperaturas

bajas es de gran importancia práctica, dado que la mayor demanda de esta verdura coincide con el período otoñal-primaveral.

Las condiciones de iluminación y temperatura influyen decisivamente sobre la duración del estado de roseta. Al alargarse los días (más de 14 horas de luz diurna) y al superar la temperatura los 15°C, las plantas pasan de la fase vegetativa (roseta) a la de “elevación” y producción (emisión de tallo y flores). La producción se reduce mucho si el calor es excesivo y largo el fotoperiodo, dado que las plantas permanecen en la fase de roseta muy poco tiempo, con lo que no se alcanza un crecimiento adecuado.

Las espinacas que se han desarrollado a temperaturas muy bajas (5-15°C de media mensual), en días muy cortos, típicos de los meses invernales, florecen más rápidamente y en un porcentaje mayor que las desarrolladas también en fotoperiodos cortos, pero con temperaturas más elevadas (15-26°C). También las lluvias irregulares son perjudiciales para la buena producción de espinacas y la sequía provoca una rápida elevación, especialmente si se acompaña de temperaturas elevadas y de días largos (9,10,11).

Es una especie bastante exigente en cuanto a suelo y prefiere terrenos fértiles, de buena estructura física y de reacción química equilibrada. Por tanto, el terreno debe ser fértil, profundo, bien drenado, de consistencia media, ligeramente suelto, rico en materia orgánica y nitrógeno, del que la espinaca es muy exigente. No debe secarse fácilmente, ni permitir el estancamiento de agua. En suelos ácidos con pH inferior a 6,5 se desarrolla mal, a pH ligeramente alcalino se produce el enrojecimiento del pecíolo y a pH muy elevado es muy susceptible a la clorosis.

13.4.4 Recolección

La recolección se inicia en las variedades precoces a los 40-50 días tras la siembra y a los 60 días después de la siembra con raíz incluida; oscilando las producciones óptimas entre 15 y 20 Tn/ha.

La recolección nunca se realizará después de un riego, ya que las hojas se ponen turgentes y son más susceptibles de romperse

13.4.5 Valor Nutricional

La espinaca es una hortaliza con un elevado valor nutricional y carácter regulador, debido a su elevado contenido en agua y riqueza en vitaminas y minerales (9,10,11).

Composición nutritiva de las espinacas por 100 g de producto comestible (según Fersini, 1976; Wattt <i>et al.</i> , 1975)	
Calcio (mg)	81-93
Fósforo (mg)	51-55
Hierro (mg)	3.0-3.1

13.5. QUILETE

13.5.1 Nombre Científico: *Solanum americanum* Millar, *S. nigrescens* Mart & Gal.

13.5.2 Otros Nombres: Macuy, Hierba Mora

13.5.3 Familia. Solanaceae

13.5.4 Descripción Botánica: *S americanum*, hierba de 1 metro de alto, tallo pubescente. Hojas en pares o solitarias, -14 cm de largo, lanceoladas, ápice agudo. Inflorescencia internodal, racemiforme, pedunculada, pocas flores. Flores en cálices de 1-2 mm, lóbulos ovalados, agudos; corola blanca, limbo partido, 5-8 mm de ancho, estilo 2.5-3.5 cm de largo, mas largo que los estambres, ovario globoso. Frutos globosos, negros al madurar, 4-8 mm de diámetro, semillas pequeñas.

Solanum nigrescens es una hierba de 0.5-2 m de alto; tallo piloso. Hojas en pares o solitarias, diferentes en tamaño, similares en forma, enteras o dentadas, lanceoladas, 3-18 mm de largo, ápice acuminado, base atenuada. Pecíolo 5-35 mm de largo; inflorescencia internodal, racemiforme; pedúnculos 1-3 cm de largo;

cáliz 1-1.5 mm de largo, lobulado; corola blanca o lila, mancha oscura en la base; filamentos ciliados; anteras 3-4 mm de largo; ovario glabro. Fruto globoso, 4-7 mm de diámetro; semillas 1-1.5 mm de largo (12).

13.5.5 Hábitat: *Solanum americanum* es nativa de América, crece en matorrales y sembradíos de 350-1500 msnm. En Guatemala se ha descrito en Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jutiapa, Peten, Sácatepequez, San Marcos, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa.

Es nativa de México a Costa Rico crece a matorrales y bosques mixtos de 1500-3900 msnm. En Guatemala se ha descrito en Chiquimula, El Progreso, Escuintla, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sácatepequez, Solota y San Marcos (12).

13.5.6 Historia: Esta planta no se menciona en las fuentes histórica mexicanas del siglo XVI. Fuentes y Guzmán en la *Recordación Florida* la menciona como "...útil a el remedio de muchas enfermedades, en especial a la de la erisipela...". Hay dificultades taxonómicas, ya que erróneamente los especímenes de la región han sido determinados como *Solanum nigrum* L. planta nativa de Eurasia que es hexaploide, mientras que el material local es *Solanum americanum* que es un espécimen diploide.

Agricultura: Se obtienen por recolección en lugares de crecimiento silvestre, recientemente se ha visto en el mercado local follaje cultivado. Su propagación se hace principalmente por semilla, que germina a los 15-20 días, transplantar a los 2-3 meses a una distancia de 30-40 cm a la sombra o media sombra; florece a los 5-6 mese, fructifica a los 6-9 meses. Para consumo como alimento coleccionar el follaje al inicio de la floración; para medicamento coleccionar toda la planta al final de la fructificación, separar las hojas y frutos y secar a la sombra separadamente, la relación fresco: seco es baja (11).

13.5.7 Usos Medicinales Atribuidos: El conocimiento en hojas y semillas tiene amplio uso medicinal, por vía oral se administra como tratamiento de afecciones gastrointestinales (cólico, diarrea, estreñimiento, ulcera gástrica) y respiratorias (asma, amigdalitis, tos ferina), anemia, cirrosis, dolor de muelas, escorbuto,

hinchazón, meningitis, nerviosismo, paludismo, presión alta, retención urinaria, reumatismo.

La decocción de hojas se usa por vía tópica para el tratamiento de afecciones dermatomucosas (acne, abscesos, dermatitis, eczema, erisipela, exantema, heridas, leucorrea, llagas, mezquinos, pústulas, tiña, úlceras y vaginitis), la cataplasma de hojas frescas se usa para tratar erisipela. Los frutos se usan para tratar verrugas y madurar abscesos.

Se le atribuye propiedad aperitiva, calmante, depurativa, diurética, desinflamante, emoliente, febrífuga, mineralizante reconstituyente, sedante y vulneraria.

13.5.8 Otros usos Populares: Las hojas se comen en caldo o fritas con huevo; es una hierba que se consume en grandes cantidades en el país y es frecuente encontrarla en los mercados y supermercados, se acostumbra a comer para la convalecencia y recuperación de diversas enfermedades.

13.5.9 Composición Química: Amas especies son de composición compleja, aunque poca estudiada. *S. americanum* contiene alcaloides (solasodina, solasonina, glucoalcaloides y alcalinas). El tamizaje fotoquímico de *S. negrescens* demostró alcaloides, esteroides policíclicos insaturados, saponinas, azúcares 2-desoxigenados, taninos, cardenolidos, ácido málico, riboflavina, tiamina, ácido ascórbico y sales minerales.

13.5.10 Indicaciones terapéuticas: Por su actividad antifúngica y mineralizante esta indicado su uso por vía oral en el tratamiento de infecciones dermatofíticas y en la fase de recuperación de pacientes con diversos estados debilitantes. Se recomienda administrar tres veces al día hasta por 15 días tres tazas al día en dosis de 1-2 g/taza en infusión o 1-2 ml de tintura 1:10 en etanol al 35%.

Tópicamente esta indicada para tratar afecciones de la piel y mucosas como dermatofitosis o candidiasis. Se recomienda aplicar una decocción de 10-30 g/L o 5-12 ml/L de la tintura en agua caliente en formas de compresa, lienzo o enjuague; puede usarse en supositorio o ungüento (12).

Por su actividad antifúngica y antiinflamatoria puede combinarse con apacín, frijolillo, guachipilín y nance (12,13).

13.6 Suplementos Alimenticios

13.6.1 Alimentos funcionales

Además de macro y micronutrientes necesarios para el metabolismo, se ha podido determinar otro tipo de compuestos conocidos como fitoquímicos los que se encuentran en materia prima y alimentos de origen vegetal y tienen efectos positivos sobre la salud de las personas. Los compuestos fitoquímicos son sustancias naturales presentes en los alimentos, es el caso de los polifenoles (poderosos antioxidantes) que generan beneficios importantes a la salud; están presentes en productos como el té verde, el vino tinto y el chocolate. A pesar de no encontrarse dentro de la clasificación de nutriente esenciales para los humanos, se han aislado y estudiado, comprobándose que tienen propiedades en la promoción de la salud y en la prevención y/o tratamiento de enfermedades.

En pruebas clínicas y en ensayo científicos, se ha podido establecer que evitan la oxidación de Lipidos de baja Densidad (LDL), reduciendo la incidencia de enfermedades cardiovasculares. Como los polifenoles, el reino vegetal nos ofrece una amplia variedad de otros ingredientes con efectos positivos en la salud, como evitar la deshidratación (14,15,19).

13.6.2 Suplementos de la dieta

El termino “suplemento de dieta” se define como cualquier producto que se utilice con el fin de suplementar la dieta que contiene uno o mas de los siguientes ingredientes: una vitamina, mineral, hierba u otro ingrediente botánico, un aminoácido; un concentrado, metabolito, constituyente, extracto o una combinación de alguno de estos ingredientes (18,19).

13.6.3 Historia

En los años setenta con el progreso tecnológico aplicado a las ciencias de los alimentos, muchos nuevos tipos de componentes alimenticios fueron sacados a la luz pública.

La comunidad científica japonesa interesada en el área de la salud, empezó a estudiar los efectos fisiológicos de esos componentes en el sistema de liberación de células en animales. Esos componentes de alimentos o sus derivados que ocasionaron algún efecto fisiológico en quienes los consumieron, fueron refinados y purificados, y se convirtieron en medicinas.

La atención se centró en los componentes que probaron ser efectivos, aunque fuera en una pequeña cantidad, sobre enfermedades crónicas como osteoporosis, anemia, estreñimiento, disfunciones cardiovasculares e incluso aquellas que probaran reducir el riesgo de desarrollar un cáncer. A estos componentes se les reconoció como alimentos que tenían alguna "funcionalidad" para la salud.

La idea de nutracéuticos o alimentos funcionales, atrajo el interés de las industrias de alimentos y de la salud que estaban buscando productos con un valor adicional. Los alimentos funcionales desarrollados inicialmente en Japón fueron recibidos por el resto del mundo con mucho entusiasmo. La comida "ideal" encontró su propio campo y expandió sus posibilidades en muchas dimensiones (37).

13.7. MINERALES

13.7.1 Calcio: Es el mineral más abundante en el organismo. Constituye los huesos e interviene en la coagulación de la sangre. También participa en la transmisión nerviosa y forma parte de la estructura de varias enzimas. Ayuda a mantener huesos y dientes sanos y fuertes, previene la osteoporosis. Alimentos: Queso, yogur; leche, sardinas, harina y verduras de hoja verde (37,42).

13.7.2 Fósforo: Constituye, junto con el calcio, los huesos y los dientes. Forma parte de muchas sustancias orgánicas implicadas en la obtención y transmisión de energía y material genético. Alimentos: Productos lácteos, pescado en lata, carne y aves (37,42).

13.7.3 Potasio: Establece un equilibrio entre las sales y los líquidos que forman parte del organismo. Participa en el mantenimiento de la presión osmótica

(dentro de la célula), manteniendo el equilibrio hidroelectrolítico y el PH de la sangre. Importante en la transmisión de los impulsos eléctricos en músculos y nervios.

Alimentos: Plátano, naranja, verduras y leche (37,42).

13.7.4 Cloro: Interviene en los equilibrios iónicos y osmóticos. Forma parte del jugo gástrico. Junto con el sodio y el potasio mantienen el equilibrio hidroelectrolítico y el PH de la sangre (37,42).

13.7.5 Sodio: Participa en el mantenimiento de la presión osmótica (al exterior de la célula). Interviene también en la transmisión nerviosa y en el mantenimiento del equilibrio ácido-base (37,42).

13.7.6 Magnesio: Indispensable para el buen funcionamiento de los músculos, nervios y huesos. Es necesario para la actividad de muchas enzimas, especialmente las que intervienen con el ATP (Adenosina trifosfato). En este proceso, el magnesio se une al ATP y no a la enzima. Alimentos: Chocolate, pasta, pan integral, marisco y verduras de hoja verde

13.7.7 Hierro: Posibilita que el oxígeno llegue a todas las células como Fe^{2+} . Esto se debe a que forma parte de la hemoglobina y de la mioglobina (que transporta oxígeno a los músculos). También forma parte de bastantes enzimas. Se puede almacenar en grandes cantidades en el cuerpo asociado a una proteína llamada ferritina. Previene la aparición de la anemia. Alimentos: Hígado, riñones, carne roja, huevos, espinacas y cereales (37,42).

13.7.8 Flúor: Forma parte de la estructura de los dientes y huesos, aunque no es un componente estrictamente esencial (37,42).

13.7.9 Zinc: Conformar bastantes enzimas. Está presente en todos los tejidos del cuerpo, ayuda a un normal crecimiento, desarrollo sexual y físico. Estimula la cicatrización de heridas y úlceras. Alimentos: Cereales, carne de res, cerdo, derivados lácteos y verduras de hoja verde (37,42).

13.7.10 Cobre: Conforman enzimas. Participa en la formación de glóbulos rojos, es esencial en la absorción del hierro. Alimentos: Chocolate, mariscos, legumbres, cereales e hígado (37,42).

13.7.11 Manganeso: Conforman enzimas. Alimentos: Verdura y té (37,42).

13.7.12 Yodo: Se encuentra en las hormonas de la tiroides y es indispensable para su síntesis. Esta es su única función biológica. Alimentos: pescado marino, mariscos y las algas (37,42).

13.7.13 Cobalto: Desempeña un papel en la formación de la hemoglobina, junto con el cobre y hierro e interviene en la acción de algunas enzimas y en el metabolismo de los glúcidos. Alimentos: Se encuentra exclusivamente formando parte de la vitamina B12 (37,42).

13.8 Rayos X

13.8.1 Historia

En 1895 Wilhem Roentgen descubre que, cuando un haz de electrones rápidos golpea una superficie sólida, se emite radiación que atraviesa la materia y que pueden ser difractados. Moseley demostró en 1913 que los rayos X emitidos por un elemento eran únicos y representativos de ese elemento. En el año de 1938 se construyó el primer espectrómetro de rayos X. A partir de 1948 se han diseñado y utilizado varios tipos de espectrómetros de fluorescencia de rayos X (28,29,34).

En 1959 Perutz y Kendrew resuelven las estructuras proteicas de la hemoglobina y mioglobina. A partir de 1960 se desarrollaron los modos de operación automática y el tratamiento de datos más exactos, la utilización de detectores más sensibles (estado sólido) permitieron el diseño de nuevas fuentes y esto permitió el diseño de instrumentos portátiles. En 1990 los detectores sin ventana permitieron la detección de elementos livianos menores al Boro (34).

13.8.2 Naturaleza de los Rayos X

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda va desde unos 10 nm hasta 0.001 nm. Los rayos de mayor longitud de onda, cercanos a la banda ultravioleta del espectro electromagnético, se conocen como rayo X blandos, esta radiación es continua y surge del frenado de las partículas los de menor longitud de onda, que están próximos a la zona de rayos gamma o incluso se solapan con esta, se denomina rayos X duros.

Los rayos X son una radiación electromagnética de longitud de onda corta producida por el frenado de electrones de elevada energía o por transiciones electrónicas de electrones que se encuentran en los orbitales internos de los átomos. Éstos están formados por un amplio rango de longitudes de onda, que se conocen como rayos X blancos, para diferenciarlos de los rayos X monocromáticos, que tienen una única longitud de onda (20,21,34).

Si se analizan los rayos X emitidos con un espectrómetro de rayos X cuando los electrones han sido excitados por la radiación, se encuentran ciertas líneas definidas superpuestas sobre el espectro continuo; estas líneas, conocidas como rayos X característicos, corresponden a longitudes de onda que dependen exclusivamente de la estructura de cada átomo (34).

13.8.3 Interacción de los rayos X con la materia

En la interacción entre la materia y los rayos X existen tres mecanismos por los que estos son absorbidos; los tres demuestran la naturaleza cuántica de los rayos X (21,34).

13.8.3.1 Efecto Fotoeléctrico

Cuando un cuanto de radiación o fotón correspondiente a la zona de rayos X del espectro electromagnético choca contra un átomo, puede golpear un electrón de una capa interna y expulsarlo del átomo. Si el fotón tiene más energía que la necesaria para expulsar el electrón, le transferirá esta energía adicional en forma de energía cinética. Este fenómeno, denominado fotoeléctrico, tiene lugar principalmente en la absorción de rayos X de baja energía (34).

13.8.3.2 Efecto Compton

El efecto Compton, descubierto en 1923 por el físico y educador estadounidense Arthur Holly Compton, es una manifestación importante de la absorción de rayos X e menor longitud de onda. Cuando un fotón de alta energía choca con un electrón, ambas partículas pueden ser desviadas formando un ángulo con la radiación incidente de rayos X. El fotón incidente cede parte de su energía al electrón y sale del material con una longitud de onda mas larga. Estas desviaciones acompañadas por un cambio en la longitud de onda se conocen como dispersiones Compton (34).

13.8.3.3 Producción de Pares

Se observa cuando se irradian elementos de masa atómica elevada con rayos X de muy alta energía, se produce el fenómeno de producción de pares. Cuando un fotón de alta energía penetra en la capa electrónica externa del núcleo, puede crear un par de electrones, uno con carga negativa y otro con carga positiva; los electrones con carga positiva se conocen también como positrones. La producción de pares es un ejemplo de la conversión de energía en masa. El fotón necesita una energía mínima de 1.2 Mev para proporcionar la masa del par. Si el fotón incidente posee mas energía de la necesaria para la producción del par, el exceso de energía se cede al par de electrones en forma de energía cinética. Las trayectorias de las dos partículas son divergentes (34).

13.8.3.4 Propiedades de los Rayos X

La absorción de los rayos X por una sustancia depende de su densidad y masa atómica. Cuanto menor sea la masa atómica del material, mas transparente será a los rayos X de una longitud de onda determinada. Cuando se irradia el cuerpo humano con rayos X, los huesos compuestos por elementos con mayor masa atómica que los tejidos circundantes absorben la radiación con más eficacia, por lo que producen sombras más oscuras sobre una placa fotográfica (20,21,34).

13.8.4 Ionización

Depende de su longitud de onda. La capacidad de ionización de los rayos X monocromáticos. Otras características importantes de los rayos X es su poder de ionización, que es directamente proporcional a su energía. Esta propiedad proporciona un método para medir la energía de los rayos X. Cuando se hacen pasar rayos X por una cámara de ionización se produce una corriente eléctrica proporcional a la energía del haz incidente. Otros aparatos más sensibles como el contador Geiger o el centelleo miden la energía de los rayos X (20,21,34).

13.8.4.1 Fluorescencia

La absorción de rayos X produce iones excitados electrónicamente, que vuelven a su estado fundamental mediante transiciones que involucran a los electrones de los niveles de mayor energía. Cuando un átomo absorbe radiación se produce un ion excitado; después de un breve periodo, el ion vuelve a su estado fundamental a través de una serie de transiciones electrónicas caracterizadas por la emisión de rayos X (fluorescencia) (20,33,34).

13.8.5 Emisión y Espectros de rayos X

Los electrones se encuentran en el átomo distribuidos en los distintos niveles y subniveles de energía. Los electrones se sitúan en estos niveles ocupando primero aquellos de menor energía hasta colocarse todos; a este estado de mínima energía del átomo se le denomina estado fundamental. Si ahora bombardeamos estos átomos con un haz de electrones o con fotones de rayos X, una pequeña parte de la energía se invierte en la producción del espectro característico de rayos X de los elementos que componen la muestra bombardeada (20,34).

13.8.5.1 Excitación

El choque de un electrón o fotón X incidente con un electrón de las capas internas del átomo, produce una expulsión de dicho electrón quedando el átomo en un estado excitado de mayor energía.

13.8.5.2 Emisión

Un átomo en estado excitado tiende a volver inmediatamente a su estado fundamental, para lo cual se producen saltos de electrones de niveles más externos para cubrir el hueco producido. En este proceso hay un desprendimiento de energía de los niveles entre los que se produce el salto electrónico, en forma de radiación electromagnética correspondiente a la región de los rayos X.

A la excitación producida por bombardeo de electrones se le denomina excitación primaria y a la radiación así obtenida se le llama radiación X primaria. Los tubos de rayos X son fuente de la radiación X primaria; la radiación X primaria se produce también con la microscopía electrónica, al ser irradiada la muestra por un haz de electrones, donde se utiliza para el análisis químico de la muestra (21,24,34).

Al proceso de excitación con otra radiación X se le denomina excitación secundaria, la radiación X producida por excitación de otra radiación X se denomina radiación X secundaria o radiación de fluorescencia. Es la radiación X secundaria característica la que se utiliza para el análisis químico en los espectrómetros de fluorescencia de rayos X.

Al ser la energía de los distintos niveles electrónicos característica para cada tipo de átomos, la radiación X emitida será característica para cada elemento y en principio, no dependerá de la sustancia química en la que se encuentre, ya que en general, estas radiaciones están originadas por transiciones entre los niveles electrónicos internos, cuyas energías no se ven afectadas por el tipo de enlace existente (20,34).

13.8.6 Métodos de Fluorescencia de rayos X

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. Las intensidades de los rayos X fluorescentes resultantes son casi 1000 veces más bajas que la de un haz de rayos X obtenidos por excitación

directa con electrones. El método de fluorescencia requiere de tubos de rayos X de alta intensidad, de unos detectores muy sensibles y de sistemas ópticos de rayos X adecuados.

La intensidad es un factor importante, puesto que afecta el tiempo que se necesitara para medir el espectro. La sensibilidad del análisis, contemplada como la concentración detectable mas baja de un determinado elemento en la muestra, dependerá de la relación pico-radiación de fondo para las líneas espectrales. Se presentan pocos casos de interferencia espectral, debido a la relativa simplicidad de los espectros de rayos X (20,21,34).

Cuando se irradia con un haz de rayos X una muestra de composición desconocida, esta emitirá las radiaciones características de los elementos que la componen. Si podemos identificar la longitud de onda o la energía de cada una de estas radiaciones características, podremos conocer los elementos que componen la muestra y si podemos medir sus intensidades, podremos conocer sus respectivas concentraciones. Esta técnica recibe el nombre de espectrometría de fluorescencia de rayos X o solamente espectrometría de rayos X (20,21,24,34).

13.8.7. Reflexión Total de rayos X

La reflexión total de rayos X ocurre cuando un haz colimado incide sobre una superficie plana, limpia y pulida de un reflector de una material dado. La incidencia lleve llevarse a cabo a un ángulo de este debajo del ángulo crítico. La muestra se coloca en el centro del reflector, el rayo colimado primario incide sobre la superficie del reflector con ángulos menores al ángulo crítico, el rayo es absorbido por la muestra y la excita de tal forma que absorbe la radiación fluorescente. La parte del haz primario que pasa paralelamente a su superficie se absorbe completamente por un detenedor del haz (beam stopper) de acero inoxidable. Al excitar una muestra los fotones fluorescentes son introducidos al detector, pasa por el amplificador y se presentan las energías de los picos presentes en el espectro de la muestra analizada (30,32,34).

13.8.7.1 Espectrofotómetro de fluorescencia de rayos X

El sistema general para la excitación, dispersión y detección de la radiación fluorescente con un espectrofotómetro de cristal plano. En el, se coloca la muestra en el porta muestras, que puede girar para mejorar la uniformidad de exposición y se irradia con un haz de rayos X primarios sin filtrar, lo que provoca que el elemento presente emita sus líneas fluorescentes características. Una porción del haz fluorescente dispersada es colimada por una rendija de entrada al goniómetro y dirigida a una superficie plana del cristal analizador. Las líneas de radiación reflejadas pasan a través de un colimador auxiliar o rendija de salida hacia el detector, en donde la energía de los cuantos de rayos X se convierte en impulsos eléctricos o conteos. La rendija primaria, el cristal analizador y la rendija secundaria están colocadas en el círculo focal, de manera que la ley de Bragg $n\lambda = 2d\sin\theta$ siempre se cumple durante la rotación del goniómetro, ya que el detector gira a una velocidad angular el doble de la del cristal.

En los últimos años ha tenido un gran desarrollo una variante que es la espectrometría de fluorescencia de rayos X de dispersión de energías, que surge de la utilización de semiconductores, principalmente de silicio y litio, como detectores de los rayos X. La relativamente elevada resolución de estos (entre 160-180 eV) permite descomponer el espectro de fluorescencia en sus componentes monocromáticas en función de la diferencia entre sus energías, de modo que el propio detector actúa como agente separador. En ese caso, el detector recibe el espectro total emitido por todos los elementos de la muestra a la vez. Para cada fotón de rayos X incidente, el detector genera un impulso eléctrico cuya altura será proporcional a la energía del fotón; los distintos impulsos eléctricos generados son separados y almacenados en función de su valor con ayuda de un analizador de altura de impulsos multicanal (54).

13.8.7.2 Ventajas de la fluorescencia de rayos X

Entre sus ventajas, podemos destacar que su campo de aplicación es para cualquier elemento de número atómico mayor que 4 (berilio). Su simplicidad reside en que el espectro de

emisión de rayos X es muy sencillo de obtener y de interpretar, por lo que la posición de las líneas no depende del tipo de compuesto ni de su estado físico.

La facilidad y el bajo costo de los análisis, ya no se requiere de un procedimiento de digestión, no se utilizan reactivos tóxicos, gases o productos especiales para operar el equipo o preparar las muestras (34).

El método no es destructivo en el sentido de que la muestra no sufre daños durante el análisis. Las muestras analizadas pueden volver a analizarse las veces que se desee sin que sufran daños. Algunos materiales pueden deteriorarse cuando están sometidos durante largos periodos a una intensa irradiación de rayos X.

Las cantidades de muestra son mínimas (mg) y pueden encontrar en una gran variedad de formas, tales como sólidos, pastillas, polvos, líquidos, partículas finas incluso gases. El material puede ser metal, mineral vegetal, cerámico, vidrio, plástico, tela papel, etc. La forma y el tamaño también pueden ser muy variables. Es aplicable un rango de concentraciones amplio, desde 0.001% hasta 100% en los casos más favorables. Es suficiente la construcción de una única recta de calibrado para todo el intervalo de concentraciones sin necesidad de dividirlos por zonas. La sensibilidad es mayor cuanto es el número atómico del elemento presente y menores los números atómicos de los que forman la matriz (31,34).

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 localizados 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 de los rayos X y la óptica, sean registradas en el mismo dispositivo (20,24,34).

13.8.7.3 Limitaciones de la fluorescencia de rayos X

Entre sus desventajas y limitaciones, se cita la necesidad de disponer de patrones generalmente caros, aunque no se deterioran, además existe baja sensibilidad en el análisis de elementos ligeros por su baja absorción. Como la penetración es baja, pueden influir efectos de microheterogeneidad, por el tamaño de partícula y textura de la superficie, lo que supone una variación de una muestra a otra. Al establecer la técnica analítica, como ya se ha indicado, es necesario contemplar los efectos de matriz (absorción y refuerzo) por el gran número de parámetros a considerar. Por último, comentar que el coste de la instrumentación es bastante elevado, y además requiere equipo adicional (hornos, molinos, prensas, etc.) para la preparación de las muestras, junto con acondicionadores de aire, componentes y accesorios caros (23,30,34).

Respecto a los efectos de la matriz, existen dos tipos: el efecto de absorción, que puede hacer que los resultados calculados sean más altos o más bajos que el elemento cuantificado; y el efecto de refuerzo, que puede dar lugar, también a resultados mayores de los esperados. Este comportamiento se observa cuando la muestra contiene un elemento cuyo espectro de emisión característico se excita mediante el haz incidente y este espectro a su vez, produce una excitación secundaria de la línea analítica. Se han diseñado varias técnicas para compensar estos efectos de matriz, los cuales son: calibrado frente a patrones, utilización de patrones internos y dilución de la muestra y de los patrones (20,34,24).

14. CHIMALTENANGO

El departamento de Chimaltenango se encuentra situado en la región Central de Guatemala. Limita al norte con los departamentos de El Quiché y Baja Verapaz; al este con Guatemala y Sacatepéquez; al sur con Escuintla y Suchitepéquez, y al oeste con Sololá. La cabecera departamental es Chimaltenango, está a una

distancia de aproximada de 54 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala (35,36).

14.1 Datos Históricos

El origen del nombre de Chimaltenango se puede estructurar de la siguiente forma: Chimal = escudo, broquel o rodela, y tenango = lugar amurallado, lo que daría muralla de escudos. Este nombre le fue dado por haber sido plaza militar fortificada.

En 1462 el grupo cakchiquel se separó del dominio K'iché y fundó su capital en una nueva región del lugar llamado Iximché, donde además los españoles fundaron la primera capital de Santiago de los Caballeros de Guatemala, el 25 de julio de 1524, y a partir de esta fecha se introdujo el idioma castellano o español que se dio a conocer como la lengua de los colonizadores (36).

Fue conocida como Provincia de Chimaltenango, que colindaba al sur con la de Escuintla y al este con la de Sacatepéquez, en ese entonces, la cabecera era Santa Ana Chimaltenango.

En 1825 Chimaltenango y Sacatepéquez formaban un solo departamento y no fue sino hasta el 12 de septiembre de 1839, cuando la Asamblea Constituyente los dividió dejándolos como departamentos separados (36).

En este departamento fue relevante lo que se llamó la firma del acta de Patzicia el 3 de junio de 1871, la cual consolida el triunfo del General Justo Rufino Barrios y los Reformistas, dando auge a diversas políticas de la época(36).

14.2 Geografía

14.2.1 Hidrografía

El departamento de Chimaltenango es cruzado por varios ríos, siendo los principales: El Coyolate, Madre Vieja, Pixcayá, Grande o Motagua y Guacalate o de la Virgen. Como secundarios se pueden mencionar los siguientes ríos: Agua Escondida, Xayá, Santo Domingo, Pantaleón, los Encuentros, Nicán y Guexá. (35,36).

14.2.2 Orografía

Chimaltenango está situado sobre la Sierra Madre que conforma el altiplano central, la cual pasa hacia el norte del departamento, cuyos ramales forman elevadas montañas y cerros prominentes, lo que le da una conformación orográfica muy especial con profundos barrancos, hermosos valles y grandes llanuras fértiles (35,36).

En su territorio se encuentra el volcán de Fuego, que alcanza una altura de 3.763 msnm, que también abarca parte de los departamentos de Sacatepéquez y Escuintla. También se encuentra el volcán de Acatenango que tiene dos picos: uno de 3.975 msnm y el otro de 3.880. Su terreno es bastante irregular, pues las alturas de sus cabeceras departamentales varían entre los 2.310 msnm en Santa Apolonia y los 926 en Pochuta (35,36).

14.2.3 Zonas de Vida Vegetal

A pesar de ser un departamento totalmente montañoso, pueden apreciarse tres zonas topográficas:

La primera formada por tierras bajas del norte en el valle del río Motagua, unido al río Pixcayá. Sus alturas oscilan entre los 650 metros y presenta contraste con las demás comunidades, pues aquí predomina vegetación de chaparral espinoso, cactus y otras plantas punzantes (35).

La zona intermedia y más extensa se encuentra a una altura promedio de 2 000 metros sobre el nivel del mar, aquí predominan los pinos, cipreses y álamos que son característicos del lugar (35,36).

Por último está la zona donde se desarrolla la exuberante vegetación de la selva subtropical húmeda que corresponde al extremo meridional, hacia el este del río Madre Vieja y al sur de los municipios de Yepocapa y Pochuta. Dentro del mismo territorio está la calurosa sabana tropical húmeda (35).

En general en el departamento de Chimaltenango existen cinco zonas de vida vegetal, según la clasificación propuesta por Holdridge en el año de 1978 y estas son:

- bs-S Bosque Seco Subtropical
- bh-S(t) Bosque Húmedo Subtropical Templado
- bmh-S(c) Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido.
- bh-MB Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical
- bmh-MB Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (36).

14.3 Uso Actual de la Tierra

En el departamento de Chimaltenango por sus variados climas, tipos de suelo y la topografía del terreno, tenemos que aparte de la utilización que se le da a la tierra para urbanizar y construir, sus habitantes siembran gran diversidad de cultivos anuales, permanentes o semipermanentes, encontrándose entre estos los cereales, hortalizas, árboles frutales, café, caña de azúcar, etc.. Además por las cualidades con que cuenta el departamento, poseen algunos de sus habitantes la crianza de varias clases de ganado destacándose entre estas vacuno, ovino, caprino, etc., dedicando parte de estas tierras para el cultivo de diversos pastos que sirven de alimento a los mismos. La existencia de bosques, ya sean estos naturales, de manejo integrado, mixtos, etc., compuestos de variadas especies arbóreas, arbustivas y/o rastreras dan al departamento un toque especial en su ecosistema y ambiente, convirtiéndolo con esa gracia natural en uno de los lugares típicos para ser habitados por visitantes no solo nacionales, sino también extranjeros. Es de esta forma como se puede formar una idea del uso de la tierra en este departamento y su aprovechamiento (35,36).

14.4 Idioma

El idioma maya predominante en este departamento es el cakchiquel, pero además, gran parte de sus pobladores hablan el castellano (35).

14.5 Economía

Chimaltenango por su constitución topográfica desarrolla una producción agrícola variada y abundante que proporciona excedentes que se comercializan en otros departamentos. Entre sus principales productos agrícolas están: El café de Pochuta, el frijol de Acatenango y Parramos, así como la caña de azúcar de calidad superior, maíz, trigo, hortalizas y frutas de todo clima. Entre su producción pecuaria, cuenta con ganadería de tipo vacuno, lanar, caballar y porcino, de los cuales se pueden obtener productos lácteos y embutidos, así también, cuenta con la crianza de aves de corral. Entre su producción industrial cuenta con hilados, tejidos e industrias maquiladoras (35,36).

14.6 Fisiografía de la zona

14.6.1 Clima

Antes el clima era mas frío a tal extremo que caía hielo en los meses de diciembre y a principios de enero, esto se debía a que existían muchos mas árboles de los que existen ahora.

Ahora su clima es templado que oscila entre los 12° C y 24° C pero frío en los meses de diciembre, a febrero pero sólo sopla aire fuerte. Se marcan las dos estaciones en el año siendo esta: Invierno y Verano (35,36).

14.6.2 Geología y Génesis del Suelo

En la Cabecera Departamental, los estudios de suelos realizados que se han originados a través de los procesos geológicos formando las rocas lones, rocas ígneas en algunas partes metamórficas, forman así suelos fértiles (36).

14.6.3 Suelo

Su topografía es generalmente es plano, encontrándose cerros, barrancos, lomas, colinas, que se al formado por rocas volcánicas, piedras, y pómez, esto presenta una gran variedad de suelos como lo son los suelos arenosos, suelos francos arcillosos, suelos Francos, suelos limosos (36).

14.6.4 Calidad del Aire

En el municipio hay contaminación por emisiones atmosféricas por el exceso de CO₂ que desprenden los autos, camionetas, camionetas, camiones, maquinaria de construcción y maquilas, los cuales son dañinos para la salud (36).

En algunos casos las personas queman llantas, plásticos y con eso ayuda en gran parte al deterioro de la capa de Ozono y con este deterioro vienen las enfermedades de la piel, porque los rayos ultravioleta para de forma directa a la persona (36).

14.7 CARACTERIZACION BIOTICA (Biomás del Municipio)

Zonas de Vidas

La Cabecera Departamental cuenta con dos zonas de vidas:

14.7.1 Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical

Se representa por el símbolo bh - MB. La vegetación natural que es típica de parte central del altiplano, que se representa por árboles de Quercus Sp, asociados generalmene con Pinus Pseudostrobus y Punus Montezumae, encontrandose tambien Alnus Jorellensis, Ostrya Sp, Carpinus Sp, Pronus Capulí y Arbustos Sp.

El uso apropiado para estas zonas es la combinación entre cultivos y bosques, en la parte plano se pueden producir granos básicos, verduras, frutales de zona templadas, algunos deciduos para satisfacer el consumo local y los terrenos accidentados deben mantenerse cubiertos de bosques para protegerlos (35,36).

14.7.2 Boque Húmedo Subtropical

Se representa por el símbolo bh-S(T). La vegetación natural que es típica de la parte central del altiplano, que se representa por árboles de pino (pinus moctesumae) Pino Ocote (Pinus oocarpa) Pino Candelillo (Pinus maximinoi) Encino (Quercus aata, Quercus pacayana), Cipres (Cupressus lisitanica)

Madron (*Arbus xacapensis*) llamo (*Agnus acuminata*) y eucalipto (*Eucalitus grasdis*) los cuales eran bosques primarios y por consiguiente existia mas fauna (35,36).

En cuanto al uso del suelo, se puede combinar esfuerzos para satisfacer las necesidades de cultivo y manejar cuidadosamente el bosque, ya que por la presión que los pobladores ejercen sobre éste, la densidad ha ido disminuyendo, dando paso a la erosión en pendientes muy fuertes (35,36).

Las Zonas de vida con que cuenta el Pueblo de Chimaltenango son:

- 1) bh – MB (Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical) que cuenta con el 87.75% del total del territorio de Chimaltenango, siendo este una cantidad de 4,307.57 ha.
- 2) Bmh – MB (Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical) que cuenta con el 12.27% del total del territorio de Chimaltenango siendo este una cantidad de 602.27 ha.

Sus áreas boscosas son aproximadamente el 70% de tipo confieras con un 10% de eucalipto 10% roble 05% de cipres y el 05% mixto pero existen pocos bosques Primarios porque ahora existen mas bosques Secundarios (35,36).

14.8 Vegetación Natural

La vegetación del Chimaltenango, contiene una gran variedad de Flora entre sus recursos Naturales que cuenta con extensiones de bosques de pino, ciprés, bosque mixtos. Sus áreas boscosas son aproximadamente el 70% de tipo confieras con un 10% de eucalipto 10% roble 05% de cipres y el 05% mixto pero existen pocos bosques Primarios porque ahora existen mas bosques Secundarios. La mayoría de estas especies son utilizadas para leña y madera (35,36).

14.9 Uso Actual del Suelo y Capacidad de Uso

En la Cabecera Departamental el uso actual de la tierra se da para la siembra de granos básicos y algunos otros tipos de cultivos de importancia nacional como de exportación con productos tradicionales y no tradicionales (35,36).

En la capacidad de uso de la tierra en suelos planos conserven su humedad, evitado así menos la irrigación de los cultivos sembrados, ya que son poco los terrenos que cuentan con riego, con el bosque que son sembrados en poca cantidad más son las áreas deforestados provocando así la erosión de los suelos. (35,36).

14.10 Actividades Económicas

La mayor producción con que cuenta esta población son los granos básicos, verduras, legumbres y gran variedad de frutas.

La tenencia de la tierra en las partes donde siembran es propia y en algunos casos se da alquilado, siendo estos a orillas de barrancos, laderas muy pendientes para la agricultura. (35,36).

14.11 Servicios Públicos

14.11.1 Servicio de Agua Entubada

El agua potable en el municipio de Chimaltenango es bastante abundante lo que falta es saber administrarla adecuadamente a toda la población en general.

En un 95% de las personas que Viven en el casco urbano poseen sus titulo de agua potable, en el área rural lo que existe el Llena cántaro, y los mismos son abastecidos por tanques depósitos que poseen algunas aldeas como lo son: Aldea Buena Vista, Aldea Monte de los Olivos, Santa Isabel y otros. (35,36)

15. Tablas del primer análisis Multielemental

Tabla No. 15.1

Contenido mineral en Berro (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
P	0.00	3410.21	3093.80	2683.53	ND	1837.51	0.18	1697.08
S	3566.01	3631.63	2951.53	2564.91	3270.60	3196.94	0.32	444.49
K	29321.45	25537.89	22204.09	23849.59	24773.73	25137.35	2.51	2648.67
Ca	20199.34	18240.36	16103.69	16356.34	17025.54	17585.06	1.76	1679.37
Cr	ND	ND	ND	ND	17.96	3.59	0.00	8.03
Mn	132.01	101.65	86.38	71.83	92.95	96.96	0.01	22.42
Fe	497.19	330.31	355.09	338.55	418.09	387.85	0.04	70.15
Ni	10.73	ND	ND	ND	ND	2.15	0.00	4.80
Cu	46.86	151.24	7.25	ND	12.03	43.48	0.00	62.88
Zn	154.62	252.72	149.03	139.70	164.80	172.17	0.02	45.93
As	0.00	186.49	ND	ND	ND	37.30	0.00	83.40
Rb	47.03	29.00	48.30	31.63	27.36	36.66	0.00	10.17
Sr	64.03	54.70	91.00	68.37	56.86	66.99	0.01	14.50

ND: no determinado

Tabla No. 15.2

Contenido mineral en Espinaca (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
K	24659.76	19535.91	13689.33	28005.60	38846.56	24947.43	2.49	9469.03
Ca	23676.04	18310.87	12828.61	26381.34	36066.18	23452.61	2.35	8761.23
Mn	306.02	202.14	164.97	325.05	458.18	291.27	0.03	115.23
Fe	362.78	385.50	161.01	344.63	584.46	367.68	0.04	150.48
Ni	42.61	21.09	29.63	66.16	193.28	70.56	0.01	70.68
Cu	44.75	25.37	12.68	32.59	ND	23.08	0.00	17.37
Zn	56.27	70.18	43.46	64.02	73.59	61.51	0.01	12.05
Ga	ND	69.36	ND	ND	ND	13.87	0.00	31.02
As	105.13	1413.34	99.77	172.81	193.61	396.93	0.04	569.67
Rb	ND	ND	21.90	ND	ND	4.38	0.00	9.79
Sr	8.39	ND	27.66	ND	ND	7.21	0.00	11.99

ND: no determinado

Tabla No. 15.3

Contenido mineral en Brócoli (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
S	1195.55	1372.53	2003.62	3055.15	1307.01	1786.77	0.18	775.75
K	5020.76	5807.31	5002.96	12535.73	3722.28	6417.81	0.64	3500.75
Ca	4183.36	4804.18	4456.69	9840.47	3356.04	5328.15	0.53	2578.51
Mn	8.57	13.34	13.50	30.62	ND	13.21	0.00	11.17
Fe	66.56	74.77	87.62	171.88	119.45	104.05	0.01	42.93
Co	ND	ND	5.93	ND	ND	1.19	0.00	2.65
Ni	19.28	ND	12.35	18.11	ND	9.95	0.00	9.45
Cu	ND	5.43	ND	ND	11.35	3.36	0.00	5.05
Zn	35.58	36.89	47.76	86.43	38.17	48.97	0.00	21.49
As	ND	3.29	ND	ND	16.12	3.88	0.00	6.99
Rb	21.09	18.77	23.55	51.04	15.14	25.92	0.00	14.38
Sr	11.70	ND	ND	ND	4.28	3.19	0.00	5.10

ND: no determinado

Tabla No. 15.4

Contenido mineral en Quilete (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
P	ND	ND	ND	ND	3294.60	658.92	0.07	1473.39
S	1049.56	ND	ND	2714.38	2422032	1237.25	0.12	1292.58
K	13313.14	41817.21	30295.56	25738.73	25434.33	27319.79	2.73	10262.45
Ca	101399,41	101326,09	23245,33	23252,98	3898,83	50624,53	5,06	46986,30
Ti	11.36	26.65	17.11	ND	ND	11.02	0.00	11.45
Mn	254.86	100.20	66.78	65.15	55.46	108.49	0.01	83.55
Fe	471.02	802.73	617.76	480.42	530.78	580.54	0.06	137.16
Ni	204.15	ND	ND	ND	ND	40.83	0.00	91.30
Cu	ND	ND	ND	14.15	32.26	9.28	0.00	14.23
Zn	85.12	152.19	128.45	134.25	160.14	132.03	0.01	29.22
As	ND	14.31	ND	ND	50.86	13.03	0.00	22.03
Rb	51.53	26.00	32.73	35.04	42.96	37.65	0.00	9.84
Sr	ND	ND	ND	6.58	15.47	4.41	0.00	6.81

ND: no determinado

Tabla No.15.5

Contenido mineral en Acelga (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
S	2381.92	823.72	10476.28	7209.09	4735.50	5125.30	0.51	3845.68
K	15499.18	5208.24	77893.28	49388.05	26087.67	34815.28	3.48	29128.76
Ca	13237.65	4356.67	63516.80	41175.34	22006.43	28858.58	2.89	23686.51
Mn	27067	7.91	125.82	70.14	52.74	56.85	0.01	45.27
Fe	102.93	33.44	316.70	264.24	169.25	177.31	0.02	115.41
Co	6.92	ND	ND	ND	ND	1.38	0.00	3.09
Cu	ND	3.29	ND	49.56	13.35	13.24	0.00	21.03
Zn	19.76	6.26	42.98	57.95	34.94	32.38	0.00	20.09
Ga	ND	2.80	ND	ND	ND	0.56	0.00	1.25
As	57.15	92.75	56.32	15.48	89.32	62.20	0.01	31.27
Rb	28.33	5.27	34.58	45.44	13.84	25.49	0.00	16.07
Sr	41.83	14.17	79.05	70.96	43.34	49.87	0.00	25.88

ND: no determinado

16. Tablas del Segundo análisis Multielemental**Tabla No. 16.1**

Contenido mineral en Berro (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
P	7742.74	3631.80	4323.94	40.53	ND	3147.80	0.31	3251.72
S	ND	3176.44	4618.53	3618.12	ND	2282.62	0.23	2148.24
K	55304.46	29982.87	37902.41	34278.91	20329.60	35559.65	3.56	12845.63
Ca	38718.32	21793.41	27803.66	31151.24	15696.77	27032.68	2.70	8804.31
Cr	198.51	95.55	116.39	96.21	66.58	114.65	0.01	50.13
Mn	993.73	388.14	511.05	540.03	332.40	553.07	0.06	260.78
Fe	56.60	ND	ND	ND	ND	11.32	0.00	25.31
Ni	ND	ND	ND	ND	16.32	3.26	0.00	7.30
Cu	64.36	171.83	15.00	51.40	0.00	60.52	0.01	67.49
Zn	283.17	290.77	213.16	195.55	127.06	221.94	0.02	67.57
As	ND	207.25	ND	ND	ND	41.45	0.00	92.68
Rb	62.71	23.89	64.79	48.11	37.41	47.38	0.00	17.25
Sr	90.43	59.64	60.67	64.58	62.13	67.49	0.01	12.96

ND: no determinado

Tabla No. 16.2

Contenido mineral en Espinaca (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
P	ND	ND	2945.18	2944.21	ND	1177.88	0.12	1612.87
K	20238.40	19664.74	24729.83	24721.69	19794.70	21829.87	2.18	2652.12
Ca	17063.51	16828.50	22809.19	22801.68	18284.16	19557.41	1.96	3016.08
Mn	211.75	151.07	228.19	228.11	211.39	206.10	0.02	31.86
Fe	247.29	263.43	266.38	266.29	264.24	261.53	0.03	8.06
Ni	ND	8.90	7.57	7.57	10.37	6.88	0.00	4.02
Cu	30.77	22.73	17.95	17.94	22.72	22.42	0.00	5.24
Zn	41.46	46.29	55.65	55.63	47.74	49.35	0.00	6.19
Ga	ND	67.87	0.00	0.00	0.00	13.57	0.00	30.35
As	84.73	1352.39	86.76	86.73	185.54	359.23	0.04	556.86
Rb	25.01	ND	10.54	10.53	30.62	15.34	0.00	12.33
Sr	26.32	17.13	ND	ND	ND	8.69	0.00	12.34

ND: no determinado

Tabla No. 16.3

Contenido mineral en Brocoli (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
S	1248.27	1434.62	2020.26	3127.26	1343.70	1834.82	0.18	782.66
K	5257.33	5695.82	5035.57	12524.70	3777.06	6458.10	0.65	3465.47
Ca	4424.55	4498.19	4504.94	10340.80	3545.57	5462.81	0.55	2756.65
Mn	ND	11.20	13.83	12.02	8.06	9.02	0.00	5.46
Fe	66.39	6.09	86.63	168.09	126036	90.71	0.01	61.29
Ni	20.76	ND	9.88	20.41	ND	10.21	0.00	10.30
Cu	ND	ND	ND	ND	10.04	2.01	0.00	4.49
Zn	33.11	35.90	47.92	75.57	39.32	46.37	0.00	17.25
As	ND	ND	ND	ND	15.96	3.19	0.00	7.14
Rb	13.34	15.97	14.16	47.74	16.12	21.47	0.00	14.74
Sr	ND	ND	ND	21.24	ND	4.25	0.00	9.50

ND: no determinado

Tabla No. 16.4

Contenido mineral en Quilete (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
S	1326.47	ND	ND	2619.28	2400.43	1269.24	0.13	1257.72
K	13814.62	42793.35	30431.91	25995.39	24447.50	27496.55	2.75	10504.21
Ca	11233,92	11226,52	24599,06	24607,16	19677,60	18268,85	1,83	6732,66
Ti	ND	15.30	15.79	ND	9.71	8.6	0.00	7.82
Mn	44.62	86.05	66.61	68.77	54.97	64020	0.01	15.59
Fe	500.16	785.46	632.73	487.66	511.03	583.41	0.06	127.07
Ni	257.33	ND	ND	ND	ND	51047	0.01	115.08
Cu	ND	ND	17.11	24.19	21.89	12.64	0.00	11.81
Zn	96.97	154.00	132.89	128.00	141.71	130.71	0.01	21.29
As	ND	14.81	ND	ND	44.77	11.91	0.00	19.45
Rb	29.80	23.86	ND	32.74	29.13	23.11	0.00	13.31
Sr	14.82	ND	ND	ND	ND	2.96	0.00	6.63

ND: no determinado

Tabla No. 16.5

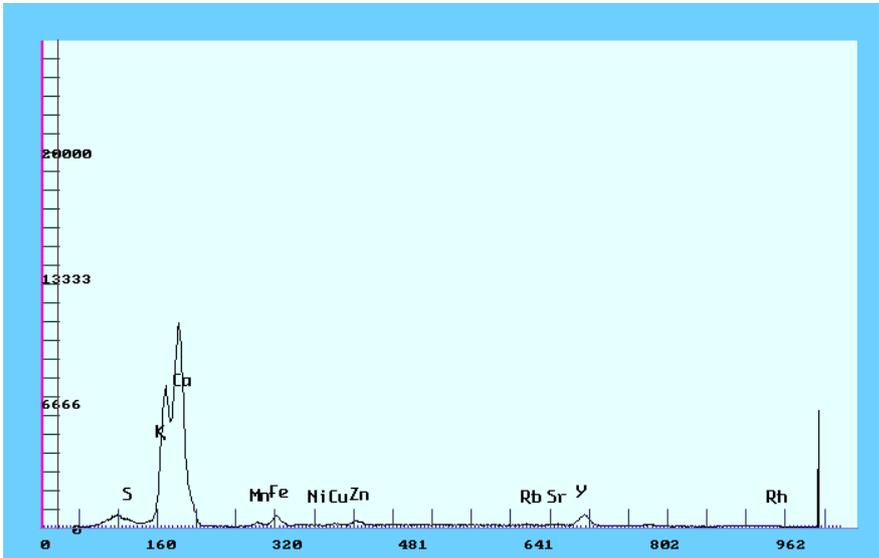
Contenido mineral en Acelga (en ppm)

Elementos	M1	M2	M3	M4	M5	Media	% en peso	SD
S	2464.76	2304.12	9681.49	7584.29	4521.42	5311.22	0.53	3241.72
K	16215.91	15197.69	73153.99	48044.78	26041.03	35730.68	3.57	24740.96
Ca	13430.67	12787.64	59521.41	41387.06	21977.59	29820.87	2.98	20224.89
Mn	25.53	26.85	142.29	63.38	41.03	59.82	0.01	48.55
Fe	114.13	91.10	297.10	255.19	183.09	188.12	0.02	88.44
Co	ND	ND	ND	21.90	8.73	6.13	0.00	9.59
Ni	ND	9.06	11.03	ND	ND	4.02	0.00	5.55
Cu	ND	8.07	ND	72.11	ND	16.04	0.00	31.54
Zn	23.88	13.84	50.56	77.87	35.93	40.42	0.00	25.03
Ga	ND	6.75	ND	ND	ND	1.35	0.00	3.02
As	68.35	254.86	42.16	14.98	89.49	93.97	0.01	94.19
Rb	19.27	18.78	ND	17.62	33.29	17.79	0.00	11.83
Sr	48.25	48.43	64.23	49.39	53.07	52.67	0.01	6.74

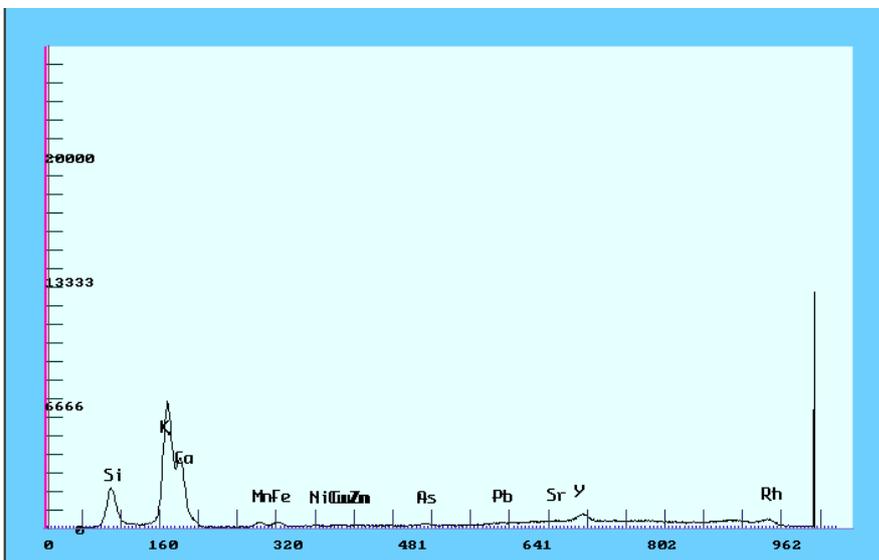
ND: no determinado

17. Espectros Multielementales

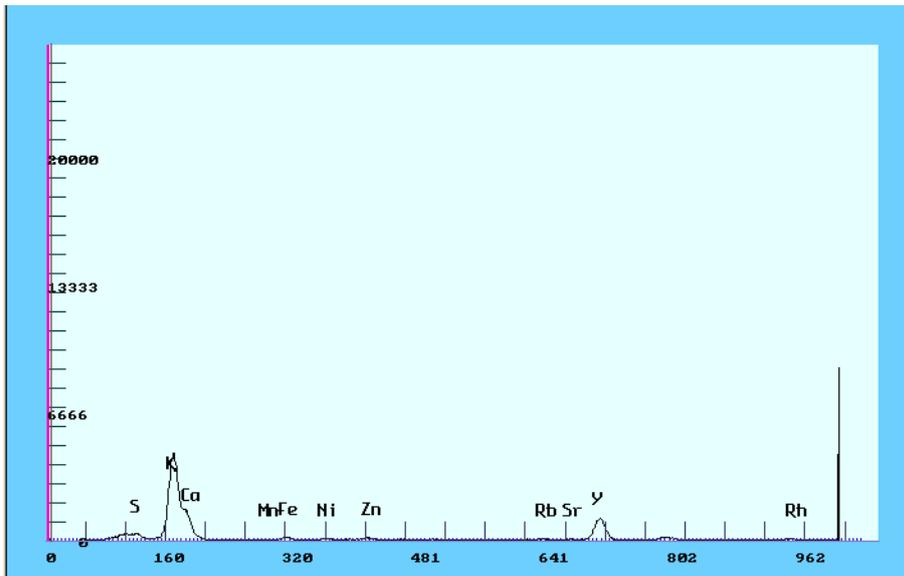
17.1 Espectro Berro



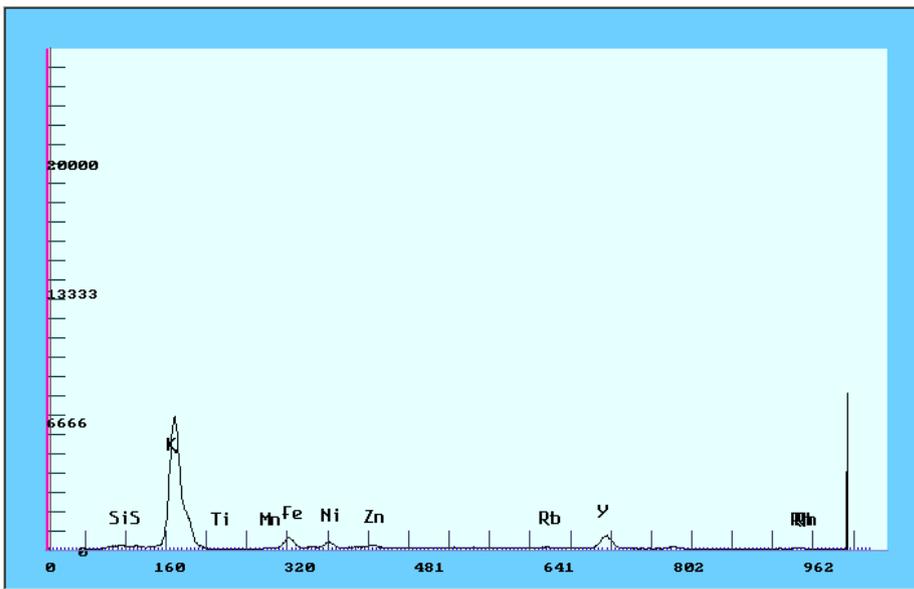
17.2 Espectro Espinaca



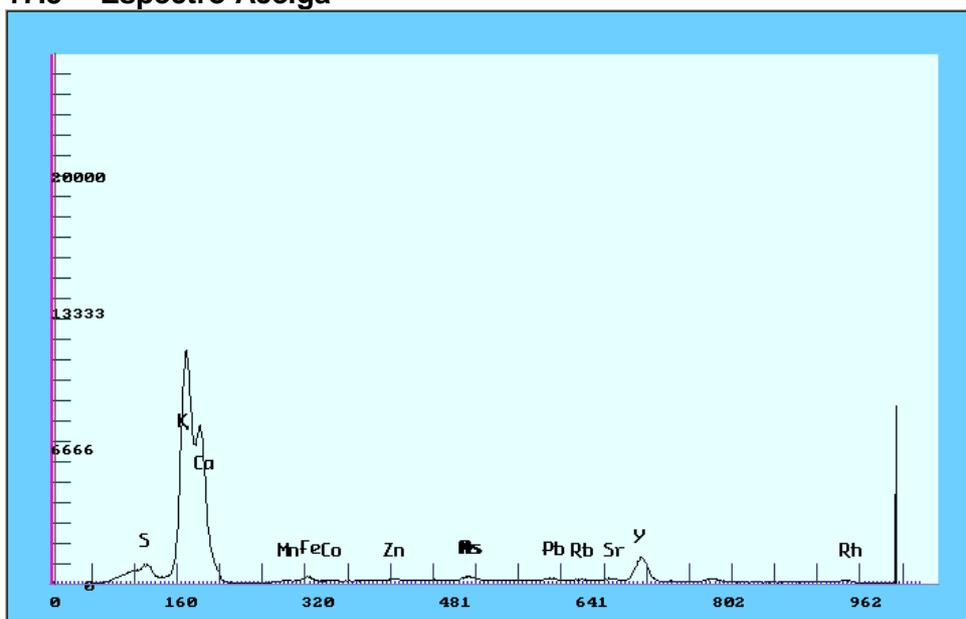
17.3 Espectro Brocoli



17.4 Espectro Quilete



17.5 Espectro Acelga



18. Tabla de Composición de Alimentos según RDA

Recomendaciones RDA										
Categoría	Edad.(años)	Peso	Altura	Calcio	Fósforo	Magnesio	Hierro	Zinc	Yodo	Selenio
	o condición	(kg)	(cm)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(µg)	(µg)
Lactantes	0,0 - 0,5	6	60	400	300	40	6	5	40	10
	0,5 - 1,0	9	71	600	500	60	10	5	50	15
Niños	1 - 3	13	90	800	800	80	10	10	70	20
	4 - 6	20	112	800	800	120	10	10	90	20
	7 - 10	28	132	800	800	170	10	10	120	30
Varones	11 - 14	45	157	1200	1200	270	12	15	150	40
	15 - 18	66	176	1200	1200	400	12	15	150	50
	19 - 24	72	177	1200	1200	350	10	15	150	70
	25 - 50	79	176	800	800	350	10	15	150	70
	51 +	77	173	800	800	350	10	15	150	70
Mujeres	11 - 14	46	157	1200	1200	280	15	12	150	45
	15 - 18	55	163	1200	1200	300	15	12	150	50
	19 - 24	58	164	1200	1200	280	15	12	150	55
	25 - 50	63	163	800	800	280	15	12	150	55
	51 +	65	160	800	800	280	10	12	150	55
Embarazo	1 ^{er} trimestre			1200	1200	320	30	15	175	65
Lactantes	1 ^{er} semestre			1200	1200	355	15	19	200	75
	2 ^o semestre			1200	1200	340	15	16	200	75

