

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
ÁREA INTEGRADA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or religious figure, seated on a throne. Above the figure is a golden crown. The seal is surrounded by a Latin inscription: "CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA" at the top and "CZETTERAS ORBIS COACTEMALENSIS INTER" at the bottom. The background of the seal is blue and green, with a white figure in the center.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE COBRE, ZINC Y MANGANESO**  
**EN LOS SUELOS HORTÍCOLAS DEL VALLE DE SAN PEDRO**  
**ALMOLONGA, QUETZALTENANGO, SOMETIDOS A UNA AGRICULTURA**  
**INTENSIVA**

**JUSTO RUFINO PÉREZ REYNOSO**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

**ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE COBRE, ZINC Y MANGANESO EN LOS  
SUELOS HORTÍCOLAS DEL VALLE DE SAN PEDRO ALMOLONGA,  
QUETZALTENANGO, SOMETIDOS A UNA AGRICULTURA INTENSIVA**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**JUSTO RUFINO PÉREZ REYNOSO**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR MAGNÍFICO**

**LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

DECANO	Msc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL I	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL II	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL III	Msc. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL IV	Br. Rigoberto Morales Ventura
VOCAL V	Br. Miguel Armando Salazar Donis
SECRETARIO	Msc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, noviembre del 2008

Guatemala, noviembre de 2008.

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el Trabajo de Graduación ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE COBRE, ZINC Y MANGANESO EN LOS SUELOS HORTÍCOLAS DEL VALLE DE SAN PEDRO ALMOLONGA, QUETZALTENANGO, SOMETIDOS A UNA AGRICULTURA INTENSIVA;

como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**JUSTO RUFINO PÉREZ REYNOSO**

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS**

Supremo creador de todo lo que existe, fuente de luz divina, por darme la sabiduría e iluminarme el camino para alcanzar esta meta.

**MIS PADRES**

Salvador Pérez Medrano y Marcelina Reynoso de Pérez, Madre y padre gracias por el ejemplo de vida que me han brindado, y por apoyarme en todo para lograr este y otros triunfos. Que Dios los bendiga.

**MIS HERMANOS**

Any, Juan, Carlos Salvador, Miguel Ángel, Manuel de Jesús, José Luís y Angélica, gracias por el apoyo incondicional que me han brindado. Infinito agradecimiento.

**MIS SOBRINOS**

Víctor Cruz y Ángela Ana Lucia, porque siempre seamos como hermanos, y porque este triunfo sea un ejemplo para su futuro.

**MI CUÑADO**

Cruz Chávez Poncio, por su apoyo.

**MI FAMILIA**

Con todo respeto y cariño.

## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

**A:**

**DIOS**

Después dijo Dios: Mirad, os he dado toda planta que da semilla, que está sobre toda la tierra, así como todo árbol en que hay fruto y da semilla. De todo esto podréis comer, para que os sirvan de alimento a vosotros. Génesis 1 Ver. 29

**GUATEMALA**

Tierra bendita, de abundancia de recursos así como de grandes ejemplos a seguir para alcanzar un bienestar de todos sus habitantes, Viva Guatemala por siempre en nosotros, por siempre Guatemala inmortal.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

Glorioso centro de estudios tricentenario, cuna de hijos predilectos que han dado mas que su vida por nuestra tierra. Lugar que ilumina y guía a sus estudiantes por un océano inmenso de conocimientos para hacer crecer aun más a este país.

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

Gracias por haberme hecho despertar hacia la realidad del país y por darme las herramientas con las que puedo aportar a mi gente, a mi comunidad y a mi nación un futuro prometedor en el que no haya diferencia de ninguna clase entre hermanos, habiendo sido esta Facultad ejemplo de la convivencia que debe existir entre todos.

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

Mis amigos: Eduardo Iván Pinto, Cesar Amílcar Torres, José Cetino, Mario Bonilla, Irelida Ayala, Sori Nájera, Heberto Rodas, Víctor Hugo Gonzales, José Carlos Sanabria, Víctor Gerónimo Tahuico y Mónica Ebert.

Ing. Agr. Adalberto Rodríguez García, por el apoyo y asesoría brindados para el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado.

Ing. Agr. Aníbal Sacbajá Galindo, por la orientación profesional y asesoría brindadas en la planificación, ejecución y elaboración de la investigación.

Ing. Agr. Ana selena Carias y Ing. Agr. Norvi Ariel Ramos del Laboratorio de Análisis de suelos planta y agua Salvador Castillo Orellana de la Facultad de Agronomía, quiero patentizar mi más profundo agradecimiento por su orientación profesional y sus consejos durante el desarrollo de la presente investigación..

Ing. Agr. Tomas Padilla, por el apoyo moral brindado durante mi formación académica.

Trabajadores del Laboratorio de suelos planta y agua de la Facultad de Agronomía: Ranfery Ampudia y Romael Alfaro,



## ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
INDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	xi
<b>CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO GENERAL DE LAS FUENTES ORGÁNICAS E INORGÁNICAS QUE APORTAN METALES PESADOS (COBRE, ZINC Y MANGANESO) AL SUELO HORTÍCOLA DEL VALLE DE ALMOLONGA, QUETZALTENANGO.</b>	<b>1</b>
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1 Ubicación del proyecto de Investigación .....	3
1.2.2 Vías de acceso.....	4
1.2.3 Medios de comunicación.....	4
1.2.4 Extensión territorial.....	4
1.2.5 Población .....	4
1.2.6 Recursos hídricos.....	4
1.2.7 Clima .....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 General .....	5
1.3.2 Específicos.....	5
1.4 METODOLOGÍA .....	6
1.4.1 Fase de gabinete inicial.....	6
1.4.2 Fase de campo.....	6
1.4.3 Fase de laboratorio .....	6
1.4.4 Fase de gabinete final .....	7
1.5 RESULTADOS.....	8

1.5.1	Fase de gabinete.....	8
1.5.1.1	Fuentes inorgánicas .....	8
1.5.2	Fase de campo.....	12
1.5.2.1	Fuentes orgánicas .....	12
1.5.2.2	Principales cultivos .....	12
1.5.2.3	Dosificación utilizada de productos inorgánicos para el control de enfermedades.....	12
1.5.3	Etapa de Laboratorio.....	13
1.5.3.1	Resultados de Laboratorio de fuentes orgánicas.....	13
1.5.3.2	Resultados de laboratorio de análisis de aguas .....	14
1.5.4	Discusión de resultados .....	15
1.6	CONCLUSIONES .....	17
1.7	RECOMENDACIONES.....	18
1.8	BIBLIOGRAFÍA.....	19
1.9	ANEXOS .....	20

<b>CAPITULO II INVESTIGACIÓN. ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (COBRE, ZINC Y MANGANESO) EN LOS SUELOS DEL VALLE DE ALMOLONGA, SOMETIDOS A UNA AGRICULTURA INTENSIVA.</b> .....		22
2.1	PRESENTACIÓN.....	23
2.2	MARCO TEÓRICO .....	25
2.2.1	Contaminación ambiental.....	25
2.2.2	Principales fuentes de contaminación en el suelo.....	25
2.2.2.1	Contaminantes orgánicos .....	25
2.2.2.2	Contaminantes inorgánicos .....	26
2.2.3	Contaminación del suelo por la agricultura .....	26
2.2.4	Metales pesados .....	27
2.2.4.1	Características fisicoquímicas que afectan la disponibilidad de los metales en el suelo.....	28
2.2.4.2	Fuentes de metales pesados (cobre, zinc, manganeso) .....	29
2.2.4.3	Contaminación del suelo por metales pesados .....	31

2.2.4.4	Diversas vías que pueden seguir los elementos en el suelo .....	34
2.2.4.5	Efectos de los metales pesados (cobre, zinc y manganeso) en la salud humana .....	35
2.2.5	Antecedentes de investigaciones realizadas sobre los metales cobre, zinc y manganeso .....	36
2.3	OBJETIVOS .....	38
2.3.1	General .....	38
2.3.2	Específicos .....	38
2.4	HIPÓTESIS .....	39
2.5	METODOLOGÍA .....	40
2.5.1	Fase de Gabinete .....	40
2.5.2	Prueba piloto .....	40
2.5.3	Fase de Campo .....	42
2.5.4	Unidad de muestreo .....	42
2.5.5	Muestreo de Suelos .....	42
2.5.6	Muestreo de Tejido Vegetal .....	42
2.5.7	Fase de laboratorio .....	43
2.5.8	Para el análisis de suelo .....	43
2.5.8.1	Preparación de la muestra de suelo .....	43
2.5.8.2	Análisis químicos realizados .....	43
2.5.8.3	Extracción de cobre, zinc y manganeso .....	43
2.5.9	Para el análisis de tejido Vegetal .....	44
2.5.9.1	Preparación de la muestra de tejido vegetal .....	44
2.5.9.2	Análisis químico de tejido vegetal .....	44
2.5.10	Análisis estadístico exploratorio .....	44
2.5.10.1	Medidas de tendencia central .....	44
2.5.10.2	Medidas de dispersión .....	44
2.5.10.3	Análisis de componentes principales .....	45
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
2.6.1	Análisis de suelos profundidad 0- 0.15 m .....	46
2.6.2	Análisis de suelo a profundidad 0.15 – 0.30 m .....	52

2.6.3	Resultado de análisis de tejido vegetal .....	57
2.7	CONCLUSIONES .....	60
2.8	RECOMENDACIONES .....	61
2.6	BIBLIOGRAFÍA .....	62
2.9	ANEXOS .....	64

**CAPÍTULO III INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO ALMOLONGA, QUETZALTENANGO Y EN EL LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO, PLANTA Y AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA", DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.....67**

3.1	PRESENTACIÓN.....	68
3.2	SERVICIO 1: APOYO AL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTA Y AGUA EN EL PROYECTO DE CARACTERIZACIÓN DE DIFERENTES FINCAS DE GUATEMALA A CARGO DE LA SECRETARIA DE ASUNTOS AGRARIOS.....	69
3.2.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	69
3.2.2	OBJETIVO .....	69
3.2.3	METODOLOGÍA.....	69
3.2.3.1	Ingreso de las muestras al libro de recibimiento.....	69
3.2.3.2	Extendido y secado de la muestra .....	70
3.2.3.3	Tamizado de la muestra .....	70
3.2.3.4	Análisis físicos .....	70
3.2.3.5	Análisis químicos .....	70
3.2.4	RESULTADOS .....	70
3.2.4.1	Número de muestras recibidas .....	70
3.2.4.2	Extendido y secado de las muestras .....	70
3.2.4.3	Análisis físicos y químicos .....	71
3.2.5	EVALUACIÓN.....	71
3.3	SERVICIO 2: DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DEL VALLE DE ALMOLONGA, QUETZALTENANGO.....	72
3.3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	72

3.3.2	OBJETIVO .....	72
3.3.3	METODOLOGÍA.....	72
3.3.3.1	Puntos de muestreo.....	73
3.3.3.2	Muestreo de suelos .....	73
3.3.3.3	Traslado de muestras .....	73
3.3.4	RESULTADOS .....	74
3.3.4.1	Propuesta de manejo.....	75
3.3.5	EVALUACIÓN .....	76
3.4	BIBLIOGRAFÍA.....	77

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA</b>		<b>PÀGINA</b>
1	Ubicación del municipio de San Pedro Almolonga, en el Departamento de Quetzaltenango.	4
2	Porcentaje de utilización de los fungicidas que aportan metales pesados zinc y manganeso en el valle de Almolonga.	10
3A	Cuadrulado y georeferenciación del valle de Almolonga, Quetzaltenango para la ubicación de los puntos de muestreo de suelo.	21
4	Fuentes principales de contaminación de metales pesados	35
5	Diversas vías que pueden seguir los elementos en el suelo.	36
6A	Croquis de campo del valle de Almolonga.	67
7A	Delimitación y cuadrulado del Valle de Almolonga, Quetzaltenango.	68
8A	Puntos de realización de los muestreos de suelo en al valle de San Pedro Almolonga Quetzaltenango.	68
9A	Barreno tipo Californiano, utilizado para la realización de los muestreos de suelo.	69
10A	Molino de acero inoxidable, utilizado en la trituración de la muestra de tejido vegetal.	69

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Historial de uso de los principales fungicidas que contienen zinc y manganeso en su formulación.	9
2	Peso molecular propineb (Antracol) $C_5H_8N_2S_4Zn$ .	11
3	Peso molecular Mancozeb $C_4H_6N_2S_4Mn + C_4H_6N_2S_4Zn$ .	11
4	Peso molecular Ziram $C_6H_{12}N_2S_4Zn$ .	12
5	Peso molecular Mancozeb (Dithane) $C_4H_6Mn_1N_2S_4$ .	12
6	Resultados químicos de las fuentes orgánicas más utilizadas en el valle de Almolonga, Quetzaltenango	14
7	Resultados químicos de agua, de la parte alta y baja del valle de Almolonga, Quetzaltenango	15
8	Rangos normales y anormales de metales pesados expresados en $mg.kg^{-1}$ en el suelo según (Bowie y Thornton)	34
9	Origen y contribución de fuentes externas de contaminación por metales pesados al suelo.	34
10	Determinación del número de muestras a tomar en el área de estudio.	43
11	Análisis químicos y metodologías utilizadas en los análisis de suelos procedentes del valle de Almolonga, Quetzaltenango.	45
12	Resultados del análisis químico de suelos a la profundidad de 0 – 0.15m.	48
13	Resultado del análisis químico de suelos del área de bosque del valle de Almolonga tomados como testigo, profundidad de 0 – 0.15m.	49
14	Intervalos al 90% de confianza para el contenido promedio de cobre, zinc y manganeso profundidad de 0 – 0.15m.	51
15	Coeficiente de correlaciones binarias entre las propiedades del suelo y los elementos analizados a profundidad de 0 – 0.15m.	52

16	Factores obtenidos mediante el análisis de componentes principales de las propiedades edáficas y las fracciones extraídas con Mehlich I, profundidad de 0 – 0.15m.	53
17	Resultado del análisis químico de suelo del valle de Almolonga, Quetzaltenango profundidad de 0.15 – 0.30m.	54
18	Resultados del análisis químico de suelo del área de bosque del valle de Almolonga tomados como testigo, profundidad de 0.15 – 0.30m.	55
19	Intervalos al 90% de confianza para el contenido promedio de cobre, zinc y manganeso profundidad de 0.15 – 0.30m.	56
20	Coeficiente de correlaciones binarias entre las propiedades del suelo y los elementos analizados a profundidad de 0.15 – 0.30m.	57
21	Factores obtenidos mediante el análisis de componentes principales de las propiedades edáficas y las fracciones extraídas con Mehlich 1, profundidad 0.15 – 0.30m.	58
22	Resultados de los análisis químicos de cuatro hortalizas de mayor relevancia en el valle de Almolonga, Quetzaltenango.	59
23	Resultados de los análisis químicos de suelo profundidad de 0 – 0.15m, tomados para la realización del diagnóstico de la fertilidad de los mismos.	79
24	Promedios de los elementos de los análisis químicos de suelo profundidad de 0 – 0.15m, tomados para la realización del diagnóstico de la fertilidad de los mismos.	79

# **TRABAJO DE GRADUACION: ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE COBRE, ZINC Y MANGANESO EN LOS SUELOS HORTÍCOLAS DEL VALLE DE SAN PEDRO ALMOLONGA, QUETZALTENANGO, SOMETIDOS A UNA AGRICULTURA INTENSIVA**

## **RESUMEN**

El presente trabajo es el resultado del ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA), etapa final de la formación como profesional en la carrera de Sistemas de Producción Agrícola por parte de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En él se presenta un informe sobre las actividades realizadas en el diagnóstico, investigación y servicios.

En el diagnóstico realizado en el valle de San Pedro Almolonga, Quetzaltenango, se determinó que la agricultura intensiva ha demandado el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en dosis altas, así como de plaguicidas a base de zinc, arsénico, cadmio, plomo, cobre, manganeso y abonos de origen animal y vegetal que en su composición contienen cobre, zinc y manganeso. Por lo que se cree que el uso intensivo de la actividad agrícola ha contaminado el suelo.

El objetivo principal de la investigación fue cuantificar la concentración de los metales cobre, zinc y manganeso en los suelos hortícolas, así como la biodisponibilidad de los mismos en las principales hortalizas cultivadas. La concentración de los metales mencionados, se estudiaron a dos profundidades del suelo siendo estas de 0 – 0.15m y de 0.15 – 0.30m respectivamente. Mediante los resultados obtenidos y de los elementos estudiados el zinc y el manganeso son los elementos que se encuentran en concentraciones muy por encima de los rangos de suficiencia, reportados para la solución extractora de Mehlich I. No así para el cobre donde la concentración se encuentra dentro del rango de suficiencia.

La concentración de cobre, zinc y manganeso (biodisponible) encontrados en los cultivos evaluados se encuentran dentro del rango de suficiencia al ser comparados con los rangos establecidos por (Benton Jones). Se concluye que existe una acumulación de zinc y de

manganeso en el suelo como consecuencia de la agricultura intensiva del valle de Almolonga, sin embargo, las concentraciones reportadas en esta investigación, no han incidido en el descenso de los rendimientos.

Se realizaron dos servicios, uno de ellos consistió en el diagnóstico de la fertilidad de los suelos del valle de Almolonga, servicio con el cual se contribuyó a mejorar las prácticas de cultivo de hortalizas. El segundo servicio realizado fue el apoyo al laboratorio de análisis de suelo, planta y agua "Salvador Castillo Orellana" de la Facultad de Agronomía, consistiendo en el desarrollo de actividades enfocadas principalmente al proyecto de caracterización física y química de suelos de diferentes fincas de Guatemala a cargo de la Secretaría de Asuntos Agrarios (SAAS).



**CAPÍTULO I**  
**DIAGNÓSTICO GENERAL DE LAS FUENTES ORGÁNICAS E**  
**INORGÁNICAS QUE APORTAN METALES PESADOS (COBRE, ZINC Y**  
**MANGANESO) AL SUELO HORTÍCOLA DEL VALLE DE ALMOLONGA,**  
**QUETZALTENANGO.**

## 1.1 PRESENTACIÓN

San Pedro Almolonga se encuentra ubicado en el departamento de Quetzaltenango, en el occidente del país. Posee una extensión territorial de 20 km<sup>2</sup>, de los cuales 1.04 km<sup>2</sup> lo constituye el valle, el cual es utilizado para el cultivo de hortalizas. Esta situado en un valle plano rodeado de montañas que lo protegen de las inclemencias del tiempo, especialmente en épocas que la temperatura disminuye, dispone de agua para riego provenientes de las montañas vecinas y las abundantes fuentes subterráneas del lugar. Existen dos nacimientos de agua (Valle Paraíso y Villa Alicia) que alimentan el complejo sistema de canales construidos por los agricultores en el valle, permitiendo la disponibilidad de agua durante todo el año, condición que favorece la producción intensiva de hortalizas.

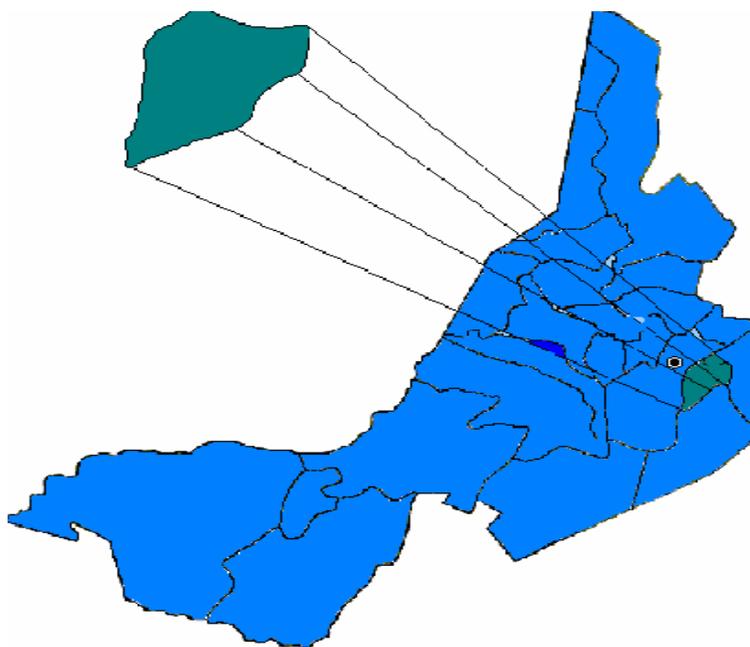
La metodología implementada para ejecutar el diagnóstico fue principalmente hacer una revisión bibliográfica de trabajos de investigación realizados sobre el área. También se realizaron actividades que proporcionaron datos o referencias muy importantes, las cuales fueron caminamiento, entrevistas a líderes comunitarios, visitas a organizaciones civiles y de desarrollo rural. Luego se analizó la información para poder definir los posibles problemas.

Durante la ejecución del presente diagnóstico, se lograron identificar las principales prácticas agronómicas realizadas por los agricultores, así como las principales sustancias orgánicas e inorgánicas utilizadas para el cultivo de hortalizas, que en la medida de lo posible puedan estar aportando metales pesados tales como cobre, zinc y manganeso al suelo.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

### 1.2.1 Ubicación del proyecto de Investigación

El proyecto de investigación se realizó en el valle del Municipio de San Pedro Almolonga Quetzaltenango, que se localiza a una latitud de  $14^{\circ}48'44''$  y una longitud de  $91^{\circ}29'40''$ . Se encuentra a una altura de 2,251.21 msnm, limita al norte con los municipios de Cantel y Quetzaltenango, al oeste con el municipio de Quetzaltenango, al este con los municipios de Zunil y Quetzaltenango y al sur con el municipio de Zunil (2).



**Figura 1.** Ubicación del municipio de San Pedro Almolonga, en el departamento de Quetzaltenango

Fuente: Mapas Digitales Temáticos, MAGA 2,002

### **1.2.2 Vías de acceso**

El municipio de San Pedro Almolonga, cuenta con una carretera principal, asfaltada de dos vías de acceso, entrada por el municipio de Zunil a Quetzaltenango pasando por Almolonga. El ingreso al valle puede hacerse por medio de calles adoquinadas y pavimentadas, que lo llevan hasta el área de los cultivos (1).

### **1.2.3 Medios de comunicación**

San Pedro Almolonga cuenta con los servicios de correos, telefonía residencial y comunitaria, sistema de radio local y también con los servicios de cafés internet.

### **1.2.4 Extensión territorial**

Tiene una extensión de 20 km<sup>2</sup>, de los cuales 18.96 km<sup>2</sup> lo constituyen laderas y montañas, que es donde se encuentran ubicadas las viviendas, y 1.04 km<sup>2</sup> son tierras planas regables, que constituyen el valle donde se producen hortalizas (1, 2,4).

### **1.2.5 Población**

Según la revista “Muni – K’at la gente es primero” que promocionó la alcaldía municipal por el paso de la tormenta Stan, para el año 2005 el municipio contaba con una población total de 13,880 personas.

### **1.2.6 Recursos hídricos**

Almolonga cuenta con riachuelos como; “Chinimà o el Cañal”, nacimientos de agua en lugares como; Villa Alicia, Valle Paraíso, Chipila, Los Chorros y nacimientos de Aguas Calientes en la zona 7, Aldea los Baños (1, 4,5).

### **1.2.7 Clima**

Almolonga posee un clima frío, cuya precipitación anual es de 2,000 mm, lo que tipifica un clima característico, frío, húmedo y seco, con heladas en los meses más fríos comprendidos de noviembre a mediados de marzo (1,2).

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 General**

Identificar las principales fuentes orgánicas e inorgánicas que pueden estar contaminando los suelos del valle de Almolonga, sometidos a un uso intensivo.

### **1.3.2 Específicos**

- Identificar los principales agroquímicos utilizados en el cultivo de hortalizas que pueden estar contaminando el suelo con elementos pesados como cobre, zinc y manganeso.
- Determinar cuáles son las principales fuentes orgánicas utilizadas en la producción de hortalizas que pueden estar aportando elementos cobre, zinc y manganeso al suelo.
- Analizar químicamente el agua que es utilizada para riego en el valle de Almolonga.

## **1.4 METODOLOGÍA**

El presente diagnóstico se ejecutó implementando la metodología de revisión bibliográfica y visita a las principales fuentes de información del área en estudio, las cuales fueron básicamente la municipalidad de San Pedro Almolonga, organizaciones civiles que actúan en el municipio. Se realizó un reconocimiento del área de forma detallada, entrevistas dirigidas con dirigentes comunitarios y agricultores del valle. Por último, se analizó la información recolectada y se plantearon propuestas que contribuyeran en lo posible a su solución. La metodología utilizada para alcanzar los objetivos planteados, se dividió en las siguientes fases:

### **1.4.1 Fase de gabinete inicial**

Esta fase consistió en recabar información secundaria de trabajos de investigación realizados en el área de estudio por diferentes instituciones, así como entrevistas a líderes comunitarios del valle. El trabajo inicial de gabinete consistió en la recopilación de toda la información posible tal como revisión de literatura y visita a organizaciones vinculadas, tanto al sector agrícola, social como el educativo.

### **1.4.2 Fase de campo**

Esta etapa consistió en la realización de una serie de caminamientos y observaciones en el área de estudio, presentación con las autoridades, ante el señor alcalde municipal en funciones Br. Catarino Eligio Cacatzun Machic, y líderes de la comunidad, entrevistas individuales visitando a los agricultores en sus parcelas, evaluándose los aspectos como cultivos, prácticas agronómicas, principales fuentes orgánicas e inorgánicas utilizadas para el cultivo de las hortalizas, así como agua utilizada para la irrigación.

### **1.4.3 Fase de laboratorio**

Esta fase consistió básicamente en analizar los principales materiales orgánicos utilizados por los agricultores del valle de Almolonga para el cultivo de hortalizas, así como el agua utilizada para la irrigación.

#### **1.4.4 Fase de gabinete final**

Se realizó un análisis completo de los datos obtenidos de las fases en que estaba dividida la metodología, y se procedió a analizar los resultados a fin de proponer la ejecución de una investigación e implementación de servicios.

Como parte del compromiso del EPS se apoyaron actividades del laboratorio de análisis de suelos planta agua, Salvador Castillo Orellana, las cuales consistieron básicamente en análisis de suelos, ya que la investigación fue financiada por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Fase de gabinete

#### 1.5.1.1 Fuentes inorgánicas

De acuerdo a antecedentes de investigaciones realizadas en el valle de Almolonga, relacionadas con el uso de agroquímicos, los fungicidas que se han venido utilizado son: Propineb (Antracol), Carbendazimo (Derosal), Azoxistrobina (Amistar), Permetrina (Ambush), Tebuconazol, Triadimenol (Silvacur Combi), Nereitoxina (Evisect), Tambo, Ziram, Feuomitos (Nemacur), Mancozeb (Dithane), Flint, Endosulfan (Thiodan), Metamídfophos (Tamaron). Utilizándose estos productos desde el año de 1977 según lo demuestran las investigaciones realizadas (4, 5, 6, 7). En la actualidad la mayoría de productos con estos ingredientes activos se siguen utilizando, según las boletas de campo y las entrevistas realizadas a los agricultores (ver anexo 1 Pág. 20), siendo el Propineb (Antracol), Ziram (Ziram), Mancozeb (Dithane) y Mancozeb (Mancozeb) los agroquímicos que aportan metales pesados, zinc y manganeso en su formulación, como se puede observar en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Historial de uso de los principales fungicidas que contienen zinc y manganeso en su formulación.

<b>Año</b>	<b>ingrediente</b>	<b>Elemento que aporta</b>	<b>Control</b>	<b>Dosis</b>
<b>1,977</b>	Propineb	Zinc	Tizón tardío y temprano	8 a 10 copas
	Ziram	Zinc	Plagas y enfermedades	6 a 7 copas
	Mancozeb	Manganeso	Plagas y enfermedades	6 a 7 copas
	Mancozeb	Zinc y Manganeso	Plagas y enfermedades	5 a 8 copas
<b>1,981</b>	Propineb	Zinc	Phytophthora	8 a 10 copas
	Ziram	Zinc	Plagas y enfermedades	8 a 10 copas
	Mancozeb	Zinc y Manganeso	Plagas y enfermedades	8 a 10 copas
<b>1,988</b>	Propineb	Zinc	Tizón tardío y temprano	10 a 12 copas
	Mancozeb	Manganeso	Plagas y enfermedades	10 copas
<b>1,994</b>	Propineb	Zinc	Plagas y enfermedades	10 a 15 copas
	Mancozeb	Zinc y Manganeso	Plagas y enfermedades	8 a 10 copas
	Ziram	Zinc	Plagas y enfermedades	10 a 12 copas
<b>2005</b>	Propineb	Zinc	Phytophthora	12 a 18 copas
	Mancozeb	Zinc y Manganeso	Plagas y enfermedades	10 a 12 copas
	Ziram	Zinc	Plagas y enfermedades	10 a 12 copas
<b>2007</b>	Propineb	Zinc	Tizón tardío y temprano	12 a 20 copas
	Mancozeb	Manganeso	Plagas y enfermedades	12 a 15 copas
	Mancozeb	Zinc y Manganeso	Plagas y enfermedades	12 a 15 copas
	Ziram	Zinc	Plagas y enfermedades	12 a 15 copas

\*Copa Bayer 25mg.

De acuerdo a la figura 2, se observa que el propineb (Antracol) es el agroquímico de mayor uso con un 50%, siendo en menor grado el mancozeb (Dithane). Siendo estos productos los que aportan zinc y manganeso es su formulación química.



**Figura 2.** Porcentaje de la población que utiliza los fungicidas Antracol, Mancozeb, Derosal y Dithane que aportan zinc y manganeso en su formulación.

A continuación se presentan los cuadros de los fungicidas Propineb, Mancozeb, Ziram y sus estructuras moleculares, así como el porcentaje de formulación de los elementos zinc y manganeso.

En el cuadro 2 puede observarse el peso molecular del Propineb el cual en su estructura molecular muestra que está presente el elemento zinc, Se puede destacar el peso molecular de este elemento el cual equivale a 65.39 siendo este valor superior a 40, peso que supera el nivel que define a un elemento pesado.

**Cuadro 2.** Peso molecular propineb (Antracol)  $C_5H_8N_2S_4Zn$ 

Símbolo		Peso atómico	Peso molecular
C5	x	12.01	60.05
H8	x	1.01	8.08
N2	x	14.01	28.02
S4	X	32.07	128.28
Zn1	X	65.39	65.39
			<b>289.82</b>

$$65.39/289.82 * 100 = \mathbf{22.56\% \text{ de zinc}}$$

En el cuadro 3 puede observarse el peso molecular del Mancozeb, el cual en su estructura molecular muestra que están presentes los elementos manganeso, con 54.94, y zinc, con 65.39 de peso molecular, siendo estos valores superiores a 40, pesos que superan el nivel que define a un elemento pesado.

**Cuadro 3.** Peso molecular Mancozeb (Mancozeb)  $C_4H_6N_2S_4Mn + C_4H_6N_2S_4Zn$ 

Símbolo		Peso Atómico	Peso molecular
C4	x	12.01	48.04
H6	x	1.01	6.06
N2	x	14.01	28.02
S4	X	32.07	128.28
Mn	X	54.94	54.94
C4	x	12.01	48.04
H6	x	1.01	6.06
N2	x	14.01	28.02
Zn	x	65.39	65.39
			<b>412.85</b>

$$54.94/412.85 * 100 = \mathbf{13.30\% \text{ de manganeso}}$$

$$65.39/412.85 * 100 = \mathbf{15.83\% \text{ de zinc}}$$

En el cuadro 4 puede observarse el peso molecular del Ziram, el cual en su estructura molecular, muestra que esta presente el elemento zinc. Se puede destacar el peso molecular de este elemento, el cual equivale a 65.39, siendo este valor superior al 40, lo que supera el nivel que define a un elemento pesado.

**Cuadro 4.** Peso molecular Ziram (Ziram)  $C_6H_{12}N_2S_4Zn_1$

Símbolo		Peso Atómico	Peso molecular
C6	x	12.01	72.06
H12	x	1.01	12.12
N2	x	14.01	28.02
S4	X	32.07	128.28
Zn1	X	65.39	65.39
			<b>305.87</b>

$$65.39/305.87 * 100 = 21.37\% \text{ de zinc}$$

En el cuadro 5 puede observarse el peso molecular del mancozeb (Dithane) el cual en su estructura molecular, muestra que está presente el elemento manganeso. Se puede destacar el peso molecular de este elemento el cual equivale a 54.94 siendo este valor superior al 40 peso que supera el nivel que define a un elemento pesado.

**Cuadro 5.** Peso molecular Mancozeb (Dithane)  $C_4H_6Mn_1N_2S_4$

Símbolo		Peso Atómico	Peso molecular
C4	x	12.01	48.04
H6	x	1.01	6.06
Mn1	x	54.94	54.94
N2	X	14.01	28.02
S4	X	32.07	128.28
			<b>265.34</b>

$$54.94/265.34 * 100 = 20.70\% \text{ de manganeso}$$

## **1.5.2 Fase de campo**

### **1.5.2.1 Fuentes orgánicas**

Los agricultores utilizan para la preparación del terreno de 10 a 15 sacos de broza como aporte en la preparación de las parcelas, y de 25 a 30 redes de materia orgánica proveniente de follaje de árboles latifoliados (principalmente *Quercus* y *Alnus*), llevando a cabo esta práctica como mínimo una vez al año, intercalando estas dos prácticas. La broza proviene de lugares como San Marcos, Sololá y municipios de Quetzaltenango como San Juan Ostuncalco. De preferencia se incorpora la broza al suelo en verano y estiércol en invierno. El estiércol se obtiene en lecherías de Quetzaltenango, así como también con una fuente de gallinaza en el valle de Almolonga que se encuentra a la orilla de la carretera dentro del valle. También se realiza la incorporación de residuos de cosecha.

### **1.5.2.2 Principales cultivos**

En Almolonga se cultivan las principales hortalizas y algunas plantas herbáceas. Entre las primeras encontramos principalmente lechuga (*Lactuca sativa*), papa (*Solanum tuberosum*), cebolla (*Allium cepa*), zanahoria (*Daucus carota*), remolacha (*Beta vulgaris*), repollo (*Brassica oleracea*, variedad capitata), apio (*Apium graveolens*), rábano (*Raphanus sativus*) y puerro (*Allium porrum*); entre las segundas encontramos perejil, culantro, ruda (*Ruta graveolens*) y hierbabuena. Desde la perspectiva de un agricultor del lugar, entre los cultivos que más cuidado requieren, y por tanto más inversión demandan, están el apio, la cebolla y la papa. Entre los cultivos que menos atención demandan están el repollo y la zanahoria.

### **1.5.2.3 Dosificación utilizada de productos inorgánicos para el control de enfermedades**

En el cultivo de zanahoria para el control de mosca blanca y chicharritas se mezcla Metasistox y Thiodan a razón de 5 medidas bayer de cada uno por bomba de 4 galones. En la papa para el control de tizón tardío y temprano se utiliza Antracol a razón de 10 a 15

copas de 25cc, por bomba de 4 galones, así como para el gusano de la palomilla se utiliza Volaton a razón de 80 lb/mz.

En el cultivo de apio, lechuga, rábano y cebolla utilizan Thiodan, 100 – 125cc medidas Bayer de 25cc, por bomba, así como Antracol a razón de 200 – 300cc medidas Bayer por bomba de 4 galones.

Para los fungicidas, los técnicos sugieren el uso de 75cc a 150cc medidas Bayer (de 25cc) en una bomba de 4 galones. Los agricultores del lugar utilizan de 300cc a 500cc. La frecuencia de aplicación recomendada es de 4 y 10 días por lo que los agricultores del lugar lo hacen cada tres días y diariamente en caso de lluvia.

Para el caso de los fertilizantes, los agricultores del lugar utilizan urea, 20 – 20 -0 y 15 – 15 – 15. A razón de 400 a 480 lb/mz, fertilizando 2 veces por ciclo de cultivo.

### 1.5.3 Etapa de Laboratorio

#### 1.5.3.1 Resultados de Laboratorio de fuentes orgánicas

A continuación se presentan los resultados de los análisis químicos de las fuentes orgánicas y del agua utilizada para la irrigación en el valle de San Pedro Almolonga, Quetzaltenango.

**Cuadro 6.** Resultados químicos de las fuentes orgánicas más utilizadas en el valle de Almolonga, Quetzaltenango.

Identificación	%					mg.kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
Ferticonsa	3.43	0.93	1.93	2.81	0.46	6,875	30	250	800	275
Gallinaza	3.86	1	2.56	3.56	0.61	10,000	70	400	1,000	512
Bovinaza	1.04	0.42	0.93	0.81	0.27	6,00	5	170	1,200	125
Broza de aliso	2.14	0.17	0.45	1.56	0.31	150	15	45	1,200	100
Hojarasca	0.96	0.09	0.19	1.25	0.23	90	5	20	325	225

### 1.5.3.2 Resultados de laboratorio de análisis de aguas

A continuación se presentan los resultados de laboratorio de los análisis químicos del agua utilizados para el riego, en el Valle de San Pedro Almolonga, Quetzaltenango.

**Cuadro 7.** Resultados químicos de agua, de la parte alta y baja del valle de Almolonga Quetzaltenango.

Ident.	pH	uS/m C.E	Meq/ litros				mg.kg <sup>-1</sup>				RAS	CLASE
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn		
P. Alta	6.8	301	1.25	0.99	1.20	0.13	0	0	0.1	0.0	1.14	C2S1
P. Baja	7.0	281	0.90	1.00	1.00	0.14	0	0	0.1	0.1	1.03	C2S1

#### 1.5.4 Discusión de resultados

De acuerdo a la fase de gabinete, y los resultados obtenidos, de todos los fungicidas utilizados en el valle de Almolonga los que aportan metales pesados, zinc y manganeso son: Propineb (Antracol), Mancozeb y Ziram (Dithane), y que se vienen utilizando sistemáticamente desde el año 1977(7) con aplicaciones de sobredosis, como se puede observar en el cuadro 1, lo cual podría estar ocasionando su acumulación en el suelo, debido al tiempo de utilización ya que estos fungicidas aportan dentro de su molécula de formulación porcentajes considerables de los elementos mencionados. Caso especial es el del propineb, ya que en la molécula de formulación de este producto aporta un porcentaje de 22.56% del elemento zinc como se puede observar en el cuadro 2, siendo este producto el más utilizado en la producción de hortalizas por los agricultores del lugar. Otro producto que aporta en su molécula zinc es el Ziram, como se observa en el cuadro 4, con un porcentaje de 21.37% del elemento. En el cuadro 5 se puede observar que el Mancozeb (Dithane) aporta dentro de su molécula un 20.70% del elemento manganeso. El agroquímico que aporta dentro de su molécula dos elementos en estudio es el Mancozeb, con un 15.83% del elemento zinc y un 13.30% de manganeso, como se observa en el cuadro 3, respectivamente.

Como se puede observar en la figura No. 2, según los datos obtenidos de las boletas de campo, el Antracol es el fungicida que es más utilizado por los agricultores del lugar con un 50%, seguido del Mancozeb con un 19%, el Dithane con un 16% y el Derosal con un 15%, utilizando también altas dosis de estos fungicidas y aplicando con frecuencias de hasta dos o tres días por semana, notándose el intenso uso de estos productos inorgánicos.

En cuanto a los 5 materiales orgánicos que se analizaron, como lo muestra el cuadro 6, el material orgánico que más aporta elementos pesados como el cobre, zinc y manganeso es la gallinaza con  $70 \text{ mg.kg}^{-1}$  de cobre,  $400 \text{ mg.kg}^{-1}$  de zinc y  $515 \text{ mg.kg}^{-1}$  de manganeso, seguido del abono orgánico que es muy utilizado en el valle, el cual es Ferticonsa, abono 100% orgánico, aportando  $30 \text{ mg.kg}^{-1}$  de cobre,  $250 \text{ mg.kg}^{-1}$  de zinc y  $275 \text{ mg.kg}^{-1}$  de manganeso. Luego encontramos a la bovinaza, aportando  $5 \text{ mg.kg}^{-1}$  de cobre,  $170 \text{ mg.kg}^{-1}$

de zinc y  $125 \text{ mg.kg}^{-1}$  manganeso. La broza de aliso aporta  $15 \text{ mg.kg}^{-1}$  de cobre,  $45 \text{ mg.kg}^{-1}$  de zinc y  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$  de manganeso. Por último encontramos a la hojarasca aportando  $5 \text{ mg.kg}^{-1}$  de cobre,  $20 \text{ mg.kg}^{-1}$  de Zinc y  $225 \text{ mg.kg}^{-1}$  de manganeso. En general se observa que todos los materiales orgánicos utilizados por los agricultores en esta región aportan cantidades considerables de los tres elementos en diagnostico, aportando también grandes cantidades de hierro, sodio y nitrógeno a los suelos del valle de Almolonga.

Como puede observar en el cuadro 7, de los dos análisis de agua realizados en el Valle de Almolonga, pertenecen a la clase C2S1, donde C2 indica ser equivalente a agua de salinidad media, por lo tanto puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos, y sin necesidades de prácticas especiales de control de la salinidad se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales. S1 significa que puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

En cuanto al aporte de los elementos cobre, zinc y manganeso, el agua que utilizan para la irrigación no está aportando estos, elementos como se puede observar en los resultados de análisis de agua de laboratorio

Con el aporte de los elementos cobre, zinc y manganeso en las fuentes orgánicas y zinc, manganeso en las fuentes inorgánicas utilizadas para el cultivo de hortalizas en el valle de Almolonga, se hace necesario que se realice una investigación del sistema suelo – planta del valle de Almolonga que nos permita verificar cómo se encuentran estos elementos, a través de análisis químicos de suelo y planta que nos indiquen el grado de acumulación de estos elementos pesados, ya que si estos elementos se encuentran por arriba de los niveles permisibles, pueden causar daños al ser humano que consume estos productos y pudiendo también afectar la adecuada fertilidad del suelo por toxicidad de los mismos y afectar así el ingreso familiar.

## 1.6 CONCLUSIONES

1. De los productos inorgánicos utilizados por los agricultores para el control de plagas y enfermedades en la producción de hortalizas, el Propineb aporta zinc, el Mancozeb aporta zinc y manganeso, el Ziram aporta Zinc, en sus moléculas de formulación.
2. De todos los productos inorgánicos utilizados por los agricultores para el control de plagas y enfermedades, en sus formulaciones no se encuentra presente el cobre.
3. De los 5 materiales orgánicos analizados, tres son los que aportan grandes cantidades de zinc y manganeso, siendo ellos la gallinaza  $400 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $512 \text{ mg.kg}^{-1}$ , el ferticonsas  $250 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $275 \text{ mg.kg}^{-1}$ , la bovinaza  $170 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $125 \text{ mg.kg}^{-1}$ , respectivamente.
4. En el agua utilizada para la irrigación por los agricultores del valle, no se encuentran presentes los elementos cobre, zinc y manganeso.

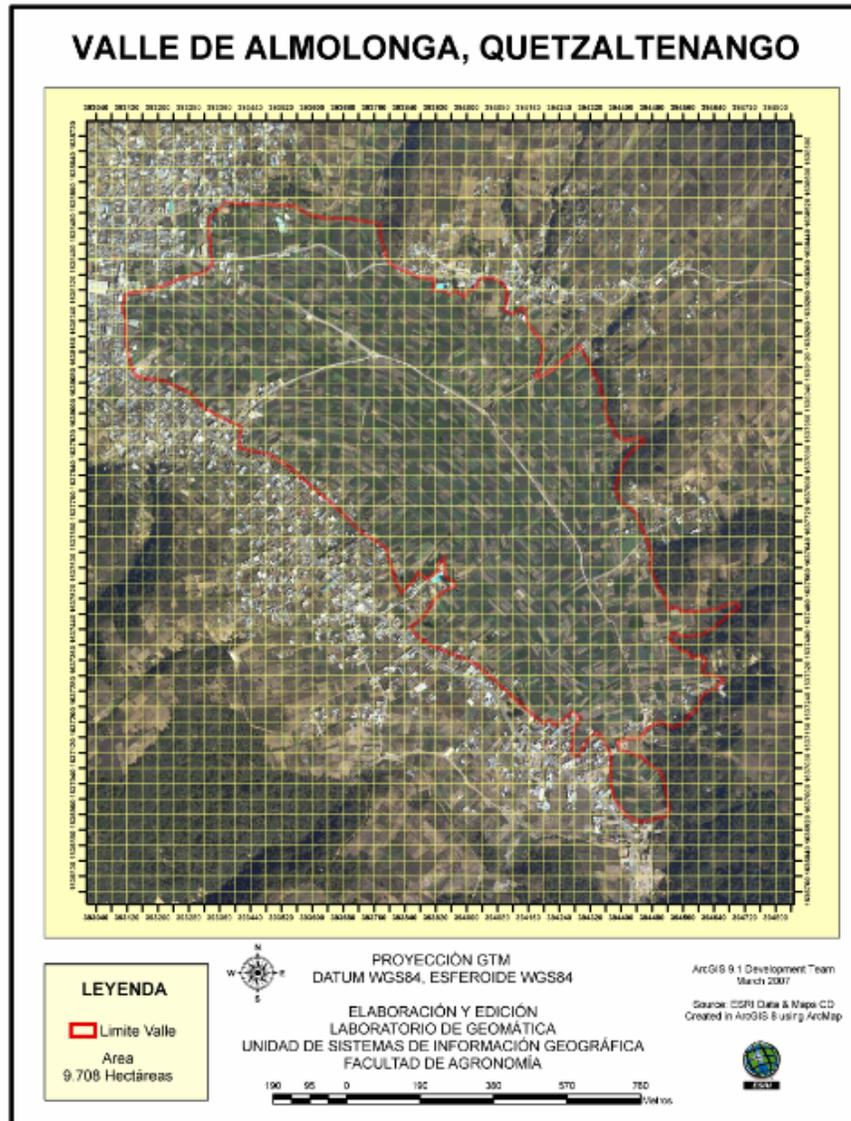
## 1.7 RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones que determinan la posible contaminación del complejo suelo – planta del Valle de Almolonga, debido a la agricultura tan intensiva que se realiza y el abuso de aplicaciones en altas dosis de productos químicos para el control de plagas y enfermedades.
2. Considerando la falta de capacitación por parte de los agricultores, se recomienda que se realicen programas de capacitaciones para usuarios de plaguicidas en el Valle de Almolonga, donde el uso de estos insumos se realiza diariamente.
3. Es necesario que se implementen leyes y reglamentos para la importación, manufactura, formulación, distribución, empleo y desecho de los plaguicidas y, que estas sean cumplidas.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. AVANCSO (Asociación para el Avance de las Ciencias Sociales en Guatemala, GT). 1994. Agricultura intensiva y cambios en la comunidad de Almolonga, Quetzaltenango. Guatemala. 36 p.
2. Corporación Municipal de Almolonga, Quetzaltenango, GT. 2007. El paso de la tormenta Stan en Almolonga. Revista Muni – K`at La gente es primero 1:1-32.
3. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1970. Mapa geológico de la república de Guatemala, Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
4. Gutiérrez Loarca, CE. 2005. Plaguicidas químicos y su efecto en la salud humana. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 61 p.
5. Guzmán Balcorcel, AD. 1988. Estudio del impacto ambiental del valle de Almolonga, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, Centro Universitario de Occidente. 51 p.
6. Suasnavar Bolaños, MR. 1981. Diagnostico sobre el uso y manejo de pesticida en Almolonga, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, Centro Universitario de Occidente. 45 p.
7. Zúñiga Armas, JA. 1977. Problemas relativos al uso y manejo de plaguicidas en el valle de Almolonga, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 62 p.

## 1.9 ANEXOS



**Figura 3 A.** cuadrículado, georeferenciación y delimitación del valle de Almolonga, Quetzaltenango, para la ubicación de los puntos de muestreo de suelo. Este valle Limita al norte con los municipios de Cantel y Quetzaltenango, al oeste con el municipio de Quetzaltenango, al este con los municipios de Zunil y Quetzaltenango y al sur con el municipio de Zunil (2).

**Anexo 1. Boleta de entrevista**

**Nombre del Agricultor** Juan Siquina (A1P1)

**Estado en que se encuentra la parcela muestreada** Se encuentra

Con apio

**Aplicaron enmiendas a la parcela (cal o M.O)** En esta parcela aplicaron

2 sacos de cal y 20 redes de materia orgánica

**Que tipos de fertilizantes utilizan** 15 - 15 - 15 y 20 - 20 - 0

**Cuanto utilizan por parcela** De 25 - 30 libras por ciclo de cada cultivo

**Qué tipo de plaguicidas utilizan en los cultivos** lo que más utilizan es

Antracol, Derosal, Mancozeb.

**Cuanto de plaguicidas utilizan en el ciclo del cultivo** utilizan 2 MB\*B de

16 litros de Mancozeb, mezclado con 10 MB\*B de Antracol, rotando con

Derosal. Aplicando una vez por semana y dos veces en la época de

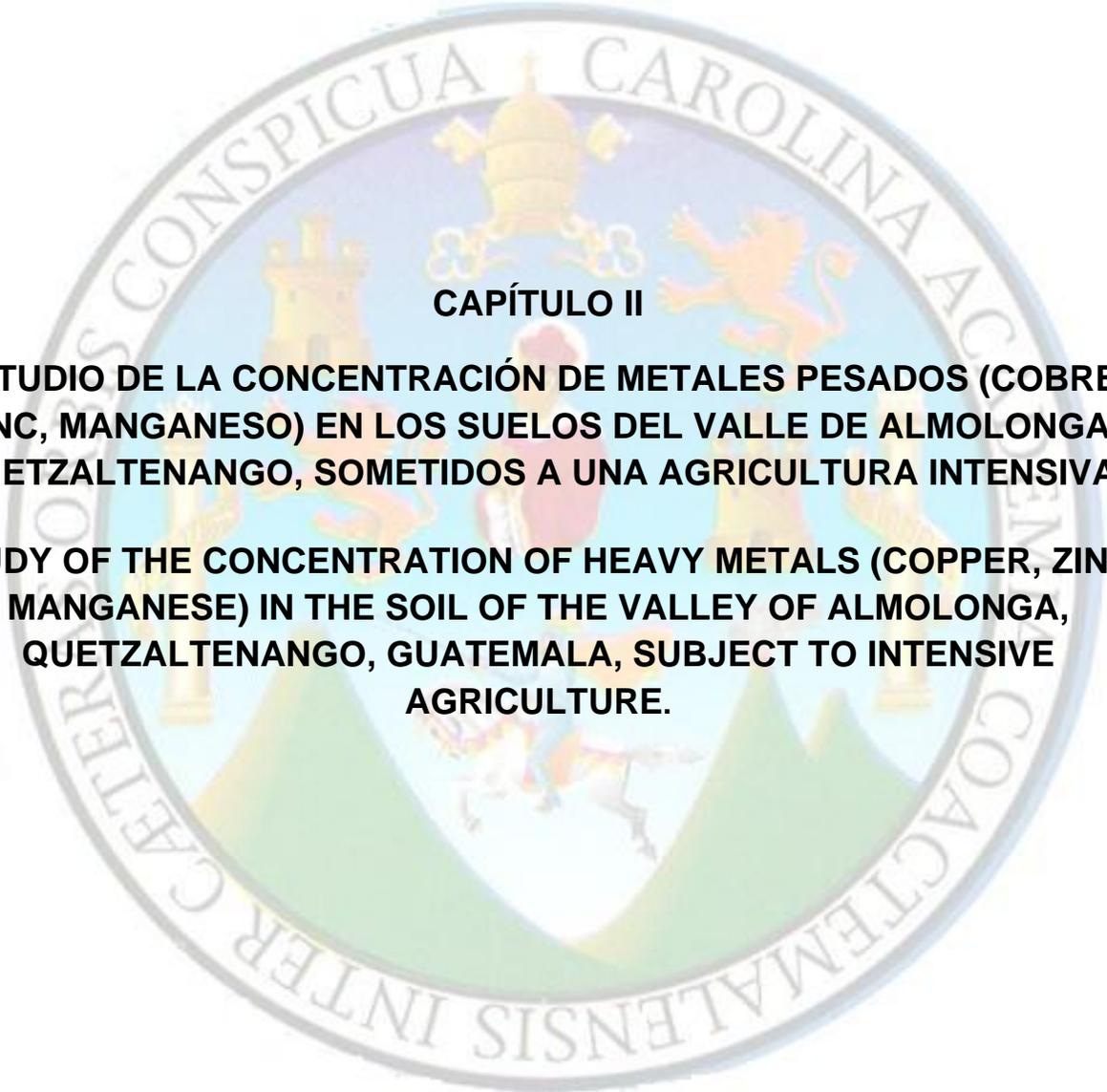
Lluvia

**Que tipos de abonos foliares utilizan** 20 - 20 - 0

**De donde proviene el agua que utilizan para el riego** De canales

**Afecto la tormenta STAN en su parcela** No afecto la tormenta.

\*MB\*B: Medidas Bayer por bomba



## **CAPÍTULO II**

**ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (COBRE, ZINC, MANGANESO) EN LOS SUELOS DEL VALLE DE ALMOLONGA, QUETZALTENANGO, SOMETIDOS A UNA AGRICULTURA INTENSIVA.**

**STUDY OF THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS (COPPER, ZINC, MANGANESE) IN THE SOIL OF THE VALLEY OF ALMOLONGA, QUETZALTENANGO, GUATEMALA, SUBJECT TO INTENSIVE AGRICULTURE.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

San Pedro Almolonga se encuentra ubicado en el departamento de Quetzaltenango, en el occidente del país, posee una extensión de 20 km<sup>2</sup>, de los cuales 1.04 km<sup>2</sup> lo constituye el valle de Almolonga, el cual es utilizado para el cultivo de hortalizas, las cuales son comercializadas para diferentes departamentos de Guatemala y países como El Salvador, Honduras y parte fronteriza con México (3,19). Este valle se caracteriza por poseer áreas de cultivo que van desde 0.5 cuerdas (0.0218 ha) hasta 2 cuerdas (0.087 ha) como máximo y varias fuentes de agua, las que son utilizadas para la irrigación en la época seca, lo que ha permitido el uso de las áreas de cultivo del valle durante todo el año, desarrollando una agricultura intensiva; obteniéndose de tres a cuatro ciclos de cultivo por año.

La agricultura intensiva ha demandado el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en dosis altas así como de plaguicidas a base de zinc, arsénico, cadmio, plomo, cobre, manganeso y abonos de origen animal y vegetal que en su composición contienen cobre, zinc y manganeso. Por lo que se cree que el uso intensivo de la actividad agrícola ha contaminado el suelo, situación que motivó a realizar la presente investigación con el objetivo de cuantificar la concentración de los metales en estudio, así como la biodisponibilidad de los mismos en las principales hortalizas cultivadas.

Para la realización de la investigación fue necesario realizar un muestreo simple aleatorio de los suelos del valle, tomando como unidad básica el tamaño promedio de una parcela de 1 cuerda de 25 vr<sup>2</sup> equivalente a 0.042ha. El número de puntos de muestreo fue de 36. El muestreo de suelos se realizó a dos profundidades de 0 a 0.15m y de 0.15m a 0.30m, para lo cual se utilizó un barreno tipo californiano. Se obtuvieron 5 submuestras de cada unidad de muestreo formando así una muestra compuesta de cada unidad y de cada profundidad.

A las muestras de suelo se les realizaron los análisis químicos, (pH, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc, hierro, manganeso y Materia Orgánica). Para los elementos

de interés cobre, zinc y manganeso la solución extractora utilizada fue Mehlich I y la cuantificación se realizó por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Para el muestreo de tejido vegetal, se seleccionaron dos parcelas por hortaliza (Apio, Cebolla, Cilantro y Rábano) de las cuales el producto de valor económico es bulbo y hojas. Se muestreó un número determinado de plantas como lo determina las normas de muestreo para cada cultivo. El método utilizado en el análisis fue Combustión Seca y las determinaciones se realizaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Los niveles de concentración de los elementos de interés en las dos profundidades de suelo estudiadas fueron, para la profundidad de 0 – 0.15 m. cobre  $0.83 \text{ mg.kg}^{-1}$ , zinc  $119 \text{ mg.kg}^{-1}$  y manganeso  $46 \text{ mg.kg}^{-1}$ , para la profundidad de 0.15m - 0.30m, cobre  $0.81 \text{ mg.kg}^{-1}$ , zinc  $115 \text{ mg.kg}^{-1}$  y manganeso  $49 \text{ mg.kg}^{-1}$ . De los elementos estudiados el zinc es el elemento que se encuentra en concentraciones muy por encima de los rangos de suficiencia reportados para la solución extractora de Mehlich1 que es de  $2 - 4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , luego se encuentra el manganeso  $10 - 15 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Estos resultados indican que existe acumulación de zinc y manganeso en los suelos como consecuencia del uso intensivo.

Los niveles de concentración en los cultivos muestreados fueron: para las parcelas 2.2.3 y 2.7 cultivadas con apio, fueron: cobre 5 ppm, zinc 155 ppm y manganeso 175 ppm y Cobre 5 ppm, zinc 90 ppm y manganeso 110 ppm. Para las parcelas 2.2.2 y 7.1 cultivadas con cebolla, fueron: cobre 5 ppm, zinc 100 ppm y manganeso 90 ppm y cobre 5 ppm, zinc 100 ppm y manganeso 20 ppm. En las parcelas cultivadas con cilantro, 5.2 y 6.1 fueron: Cobre 5 ppm, zinc 90 ppm y manganeso 5 ppm y cobre 5 ppm, zinc 125 y manganeso 45 ppm. Para el cultivo de rábano en la única parcela muestreada el Cobre 5 ppm, el zinc 70 ppm y manganeso 20 ppm.

La concentración del cobre, zinc y manganeso (biodisponible) en los cultivos evaluados se encuentran dentro del rango de suficiencia al ser comparados con los rangos establecidos por (Benton Jones) siendo los siguientes: para el cobre (5ppm-35ppm), zinc (25ppm-250ppm), manganeso (10ppm-250ppm). Se concluye que existe una acumulación de zinc y de manganeso en el suelo como consecuencia de la agricultura intensiva del valle de Almolonga.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Contaminación ambiental.**

La sociedad humana está generando infinidad de actividades y productos que alteran el estado del suelo. El uso de abonos, pesticidas, las sedimentaciones de contaminantes atmosféricos de origen industrial, los vertidos y depósitos industriales, los residuos urbanos, el uso masivo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, el nitrato cálcico, el cloruro de potasio y otros producen modificaciones en las características de los suelos agrícolas. Las técnicas de enmienda y corrección de suelo, como el encalado, originan alteraciones en la composición y características de los suelos en los que han sido aplicados. El vertido de aguas residuales ácidas o alcalinas procedentes de industrias, pueden modificar el estado de un suelo, por ataques a la microflora o a la macrofauna, o alteraciones de su constitución debida a reacciones físico-químicas. (18).

### **2.2.2 Principales fuentes de contaminación en el suelo**

#### **2.2.2.1 Contaminantes orgánicos**

Los contaminantes orgánicos del suelo son de naturaleza muy variable (fitosanitarios, aceites, petróleo, gasolinas, etc.) y su presencia en los suelos se debe a diversas actividades humanas (agricultura, industria, transporte, etc.). De todos los contaminantes orgánicos son los fitosanitarios la causa más frecuente de contaminación.

Se trata de productos de uso universal en agricultura para combatir los parásitos y enfermedades de las plantas, proteger a los cultivos de los agentes dañinos (malas hierbas, algas) y mejorar cualitativa y cuantitativamente la producción. Dentro de los fitosanitarios están los plaguicidas, herbicidas y fertilizantes.

Los tipos de plaguicidas utilizados son muy numerosos y presentan composiciones muy variables. Dentro de los orgánicos se encuentran: los derivados halogenados, compuestos organofosforados, carbamatos, derivados de la urea y tío-urea, y compuestos heterocíclicos, principalmente. Los mecanismos que rigen la evolución de los contaminantes orgánicos en el suelo son: procesos de acumulación (mecanismos físicos y

de adsorción), procesos de degradación (descomposición química, fotoquímica y degradación biológica) y procesos de transporte (difusión, lixiviación, volatilización y erosión) (8, 18).

### **2.2.2.2 Contaminantes inorgánicos**

Los contaminantes inorgánicos están presentes en el suelo de forma natural pero en concentraciones reguladas por los ciclos biológicos asociadas a cada suelo. Pueden ser aportados al suelo a través de la actividad agrícola, ya que existen múltiples fuentes de materiales que pueden adecuar la reestructuración del suelo, como los abonos animales, los residuos forestales, los residuos domésticos, la turba y el mulch. La sobresaturación de alguno de ellos hace que se alcancen concentraciones considerables como contaminantes alterando así los ciclos de regulación (8, 18).

### **2.2.3 Contaminación del suelo por la agricultura**

La aplicación intensiva de productos sintéticos a los cultivos, tales como fertilizantes, plaguicidas y otros, son la principal causa de contaminación del recurso suelo, provocando en ellos un deterioro muy marcado y significativo que repercute en sus propiedades que lo hacen fértil, generando así un elevado riesgo para los consumidores de los alimentos, por las sustancias residuales que pudieran contener debido a una contaminación por el uso inadecuado y excesivo de sustancias químicas. Los plaguicidas pueden quedar retenidos en el complejo de cambio, esto es en las arcillas y en la materia orgánica, lo que puede provocar la pérdida de fertilidad del suelo. Esta pérdida es más atribuida a suelos con poca materia orgánica, con poca arcilla o arcillas de tipo caolinítico (18).

Al aplicar plaguicidas a una zona agrícola, gran parte del producto se pierde y se vierte al suelo. Asimismo, parte de lo aplicado sobre las hojas es arrastrado por el viento o por las precipitaciones, apareciendo finalmente en el suelo. El resultado es una acumulación de estos productos sobre el suelo en cantidades elevadas, lo que hace que provoquen alteraciones sobre la microfauna del suelo y toxicidades sobre ciertos vegetales, sobre todo aquellos que son más persistentes.

Los plaguicidas no se presentan de una forma homogénea en el suelo, si no que aparecen más concentrados en la superficie, pero sin un reparto uniforme. En general, la zona de acción se ejerce hasta una profundidad de 30 o 40 cm., aunque cerca del 50% del plaguicida vertido permanece en 2.5cm. Frecuentemente, al añadir un plaguicida, se produce un aumento en el contenido de nutrientes, debido a la intensificación de las descomposiciones de la materia orgánica y a los microorganismos que mueren. Ciertos productos convierten elementos del suelo como el cobre y el manganeso en asimilables, produciendo intoxicaciones en algunas especies. Los elementos como el cobre y el arsénico suelen formar compuestos insolubles, pero si el suelo es ácido, pueden llegar a ser asimilables, produciendo cierta fitotoxicidad (18).

#### **2.2.4 Metales pesados**

Un metal es un elemento químico, el cual tiene apariencia lustrosa, es un buen conductor de electricidad y generalmente entra en reacciones químicas en la forma de iones positivos o cationes. Los metales pesados son aquellos elementos metálicos con peso atómico mayor a 40 g/mol. Han sido caracterizados por su similar distribución electrónica de su capa externa. Esto excluye a los metales alcalinos (sodio y potasio), a los alcalinotérreos (calcio y magnesio), a los lantánidos y actínidos (uranio) (17).

Los metales pesados son un conjunto de elementos que presentan como característica común su elevada densidad, esta denominación tiene en común una contaminación o toxicidad, la esencialidad de algunos metales pesados para las plantas superiores (Cobre, hierro, manganeso, zinc) es bien conocida, también para animales (cobalto, cromo, níquel) y seres humanos (hierro, manganeso, níquel, zinc, cobre, cobalto y cromo), la presencia de otros metales pesados (cadmio o plomo), no esenciales, puede llegar a limitar el crecimiento vegetal o ser tóxico para las plantas, animales y seres humanos, y en elevadas concentraciones de elementos esenciales pueden causar factores negativos sobre los seres vivos (16).

El estrés en las plantas, derivado de un excesivo contenido de metales pesados en el suelo, es mayor que el provocado por la deficiencia de metales pesados. La fitotoxicidad

producida por la elevada concentración de metales pesados, que afecta el crecimiento y desarrollo vegetal, es debido tanto a la toxicidad de los metales, como el acumulativo de cada elemento, los efectos negativos en las plantas son diversos. Algunos de los más destacables son la alteración de las relaciones planta-agua; el incremento de la permeabilidad de las raíces, que las hace menos selectivas para la absorción de elementos desde el medio; la inhibición de la fotosíntesis y respiración; y la modificación de las actividades de algunas enzimas metabólicas (17).

#### **2.2.4.1 Características fisicoquímicas que afectan la disponibilidad de los metales en el suelo**

La toxicidad de un agente contaminante no depende de sí mismo sino que de las características del suelo donde se encuentre, siendo esto decisivo. La sensibilidad de los suelos a la agresión de los agentes contaminantes va a ser muy distinto dependiendo de una serie de características edáficas. Como las siguientes:

##### **A. Mineralogía de las arcillas:**

Cada especie mineral tiene determinados valores de superficie específica y descompensación eléctrica. Ambas características son las responsables del poder de adsorción de estos minerales. La capacidad de cambio de cationes es mínima para los minerales del grupo de la colinita, baja para las micas, alta para las esmectitas y máxima para las vermiculitas (7).

##### **B. Materia Orgánica:**

Reacciona con los metales formando complejos de cambio y quelatos. Los metales una vez que forman quelatos o complejos pueden migrar con mayor facilidad a lo largo del perfil. La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales, como es el cobre, que pueden quedar en posición no disponible por las plantas. Por eso algunas plantas, que crecen en suelos orgánicos, presentan carencia de ciertos elementos como el cobre, plomo y el zinc al formar quelatos solubles muy estables con la materia orgánica (11).

La complejación por la materia orgánica del suelo es una de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bioasimilación de metales pesados. La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión. La estabilidad de muchos de estos complejos frente a la degradación por los organismos del suelo es una causa muy importante de la persistencia de la toxicidad. Pero también la presencia de abundantes quelatos puede reducir la concentración de otros iones tóxicos en la solución del suelo (7,11).

### **C. pH**

Es un factor esencial en la disponibilidad de los metales. La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto arsénico, molibdeno, selenio y cromo, los cuales tienden a estar más disponibles a pH alcalino. El pH, es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos. En medios muy alcalinos, pueden nuevamente pasar a la solución como hidróxidos complejos. Por otra parte, algunos metales pueden estar en la disolución del suelo como aniones solubles. Tal es el caso de los siguientes metales: selenio, vanadio, arsénico, cromo. La adsorción de los metales pesados está fuertemente condicionada por el pH del suelo y por tanto, también sus solubilidad (7,11).

#### **2.2.4.2 Fuentes de metales pesados (cobre, zinc, manganeso)**

Las principales vías de entrada de estos metales pesados a las plantas son el aire, el agua y el suelo, siendo las plantas un punto de conexión importante entre la parte abiótica y biótica del ecosistema en la transferencia de metales. En suelos agrícolas, la entrada se produce mayoritariamente, de los fertilizantes, plaguicidas, estiércoles y de la atmósfera. Los fertilizantes fosforados aportan metales como cadmio, para el control de plagas se utilizan sales de zinc, cobre, manganeso y plomo. El agua de riego y el uso de enmiendas agrícolas o biosólidos, entre los que destacan los lodos depuradores y compost realizados a partir de residuos sólidos urbanos o de residuos industriales, son importantes fuentes de

metales en los suelos agrícolas. La utilización de residuos orgánicos como enmiendas a suelos hortícolas, produce un incremento de metales. (1).

### **A. Cobre**

La cantidad total de cobre nativo en los suelos depende, como es lógico de la cantidad de cobre de los materiales originarios. Está normalmente en los suelos a causa de la acción de los agentes atmosféricos y de la concentración de este elemento en las capas superiores del perfil del suelo por las plantas en crecimiento. La proporción del contenido de cobre de la litósfera es aproximadamente de  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ , mientras que en los suelos está descrito un orden de entre 2 y  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$ . En los suelos este elemento se presenta en su estado divalente adsorbido a los minerales arcillosos y ligada a la materia orgánica. La disponibilidad del cobre para las plantas está condicionada por varios factores: nivel de materia orgánica del suelo, pH, y la presencia de otros iones metálicos como el hierro, manganeso y aluminio. La retención de cobre en el suelo aumenta con un incremento en el contenido de materia orgánica, siendo mayor en turbas y estiércoles (1,20).

### **B. Zinc**

El contenido de zinc de la litósfera ha sido estimado en aproximadamente  $80 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Su contenido total en los suelos oscila entre 10 a  $300 \text{ mg.kg}^{-1}$  pero su presencia en el suelo no es un criterio de disponibilidad para las plantas más de lo que sea la presencia de muchos otros nutrientes para las plantas. La cantidad total del zinc en el suelo está relacionada con el material parental. Los suelos que se derivan de las rocas ígneas básicas pueden estar bien provistos en zinc. Los suelos derivados de rocas sedimentarias suelen ser más pobres en zinc. En las rocas, el zinc se encuentra principalmente en forma de sulfuro  $\text{ZnS}$  (escalerita), carbonato  $\text{ZnCO}_3$  (smithasonita) y diversos silicatos. La disponibilidad para las plantas está condicionada por diversos factores del suelo: pH, niveles de fósforo, contenidos de materia orgánica y adsorción por los minerales arcillosos. Números estudios han demostrado que el zinc es generalmente más disponible para las plantas en los suelos ácidos que en los alcalinos. La intensidad de adsorción de zinc tiende a aumentar con el crecimiento del pH, la movilidad del zinc se encuentra disminuida por encima de pH 7.0. La materia orgánica del suelo forma complejos muy

estables con el zinc, y los ácidos húmicos y fúlvicos son muy importantes en la adsorción del zinc (1,20).

### **C. Manganeseo**

El contenido medio de manganeseo en la corteza terrestre es del orden de 950 mg/kg. Los minerales de Manganeseo son sobre todo óxidos como la Pirolusita  $MnO_2$ , Manganita  $Mn(OH)$ , y en forma de carbonatos  $MnCO_3$ , y silicatos  $MnSiO_3$ . En las rocas ígneas el Manganeseo es más rico en los basaltos que en los granitos. En las rocas sedimentarias, el Manganeseo difiere de los otros metales pesados, es más abundante en las calizas y dolomitas que en los esquistos. En sus compuestos naturales el manganeseo puede presentar tres valencias ( $2^+$ ,  $3^+$ ,  $4^+$ ). En condiciones reductoras, los compuestos más estables de manganeseo son el  $Mn^{+2}$ ; en condiciones muy oxidadas el compuesto más estable es el óxido de  $MnO_2$ . En el suelo, el contenido de manganeseo total presenta variaciones considerables entre (200 a 6000  $mg.kg^{-1}$ ), aunque los contenidos comprendidos entre 200 y 3000  $mg.kg^{-1}$  son los más frecuentes con una media situada alrededor de 600  $mg.kg^{-1}$ . El manganeseo total no constituye un buen criterio de asimilabilidad (20).

El manganeseo se presenta en el suelo bajo diferentes formas: las formas oxidadas son las principales formas de manganeseo en el suelo. El manganeseo se puede encontrar en formas trivalentes y tetravalentes. Las formas más oxidadas son las menos asimilables por las plantas. La forma  $Mn^{+2}$  divalente es adsorbida por los minerales arcillosos y por la materia orgánica (manganeseo cambiante) se encuentra también en la solución del suelo (1).

#### **2.2.4.3 Contaminación del suelo por metales pesados**

El suelo está contaminado por metales pesados cuando el contenido excede considerablemente de los valores habituales en el tipo de suelo. Estas anomalías geoquímicas pueden alcanzar valores que son un peligro para las plantas y animales que habitan el suelo, y para los consumidores de la vegetación. Bowie y Thornton establecen

una serie de valores para suelos considerados "normales" y los afectados por anomalías geoquímicas. Como se pueden observar en el cuadro 1 (11).

**Cuadro 8.** Rangos normales y anormales de metales pesados expresados en  $\text{mg.kg}^{-1}$  en el suelo según (Bowie y Thornton)

Elemento	Rango "normal" $\text{mg.kg}^{-1}$	Valores anormalmente elevados $\text{mg.kg}^{-1}$
As	<5 – 40	>2500
Cd	<1 – 2	>30
Cu	2 – 60	>2000
Mo	<1 – 5	10 – 100
Ni	2 – 100	>8000
Pb	10 – 150	10000
Se	<1 – 2	>500
Zn	25 – 200	10000

Fuente: Holdin

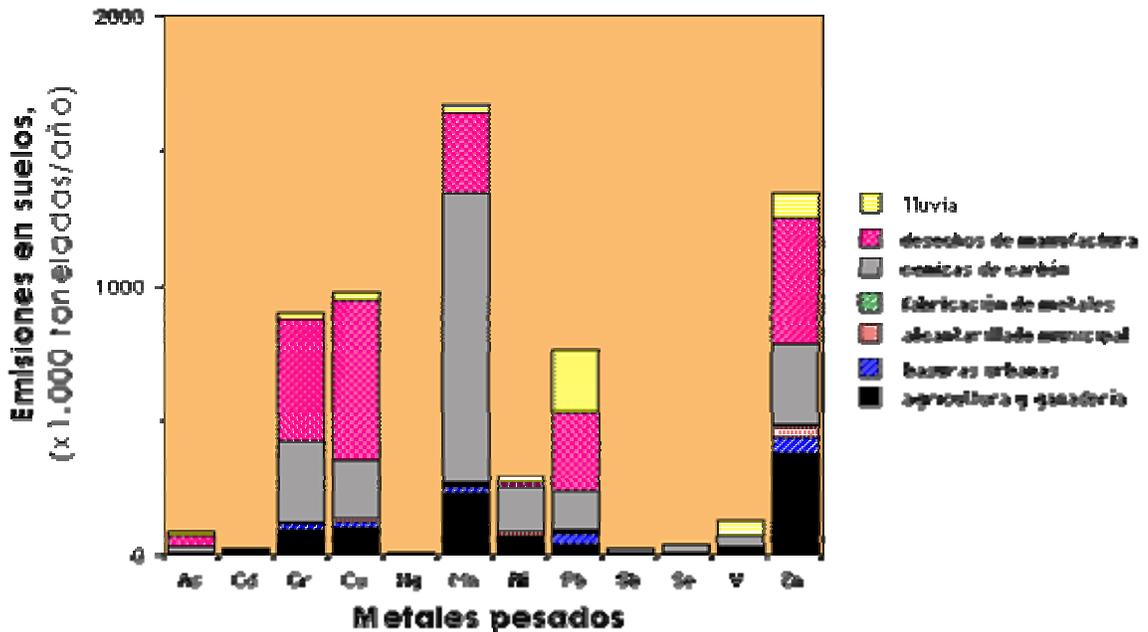
Una concentración de zinc en el suelo de  $1000 \text{ mg.kg}^{-1}$  puede ser de una contaminación externa o de un nivel geoquímico muy alto. Cuando la cantidad presente en el suelo de un elemento no puede justificarse por un origen geoquímico, se atribuye a una contaminación procedente de fuentes externas. Los orígenes son muy diversos aunque los más importantes se pueden observar en el cuadro 2 (11, 12).

**Cuadro 9.** Origen y contribución de fuentes externas de contaminación por metales pesados al suelo

Fuente	Contribución %
Cenizas de combustión	74
Desechos urbanos	9
Turba	6
Residuos metalurgia	6
Residuos materia orgánica	3
Fertilizantes	2

Fuente: Silva

Los fertilizantes y las enmiendas adicionadas directamente al suelo contribuyen en menor medida pero no hay que dejar de ponerles importancia, porque abarca a una superficie mayor. En los medios rurales pueden llegar a constituir la principal fuente de contaminación por metales pesados. Los residuos ganaderos, utilizados como enmiendas, pueden contener arsénico y cobre utilizados como complementos nutritivos. Los fertilizantes inorgánicos pueden aportar cadmio proveniente de la manufactura; las rocas fosfatadas llevan una notable cantidad de diversos metales y sobre todo cadmio, que junto al plomo y arsénico son bastante frecuentes en diversos tipos de abonos. La contaminación por metales pesados no es algo estática sino muy dinámica, el tratamiento para un determinado elemento es diferente según el mismo por lo que las soluciones ha de ir cambiando con el tiempo. De cualquier forma, la fuente principal de contaminación cambia con el elemento como se observa en la figura 4 (7,8).



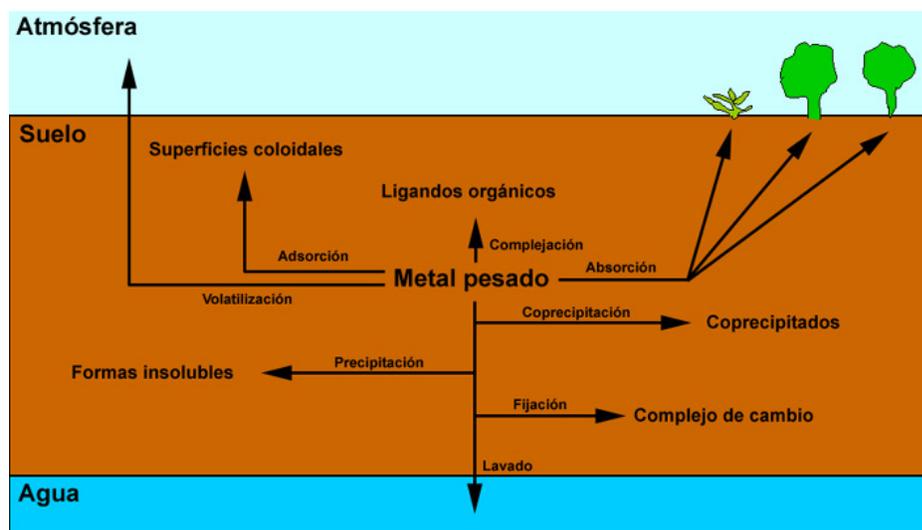
**Figura 4.** Fuentes principales de contaminación de metales pesados.

La industria es la principal responsable de la contaminación por arsénico, cromo, cobre, plomo y zinc; seguido por la agricultura y la ganadería adquiriendo una importancia semejante. Las combustiones son las principales responsables de la emisión de arsénico, manganeso, níquel, Sb, selenio y vanadio. Se puede constatar que la metalurgia tiene un

papel bastante secundario. Los residuos urbanos, tanto líquidos como sólidos, adquieren una relativa importancia en elementos tales como cromo, cobre, plomo y zinc. Destacando el papel de la lluvia en el caso del plomo lo que tiene que ver con la emisión por lo motores de gasolina de los vehículos, pero también es destacable en el caso del zinc y el vanadio. En menor cantidad los elementos cromo, cobre, manganeso y níquel, en este caso el origen es similar al del plomo por las razones que se basan en las emisiones gaseosas de las combustiones (7, 12).

#### 2.2.4.4 Diversas vías que pueden seguir los elementos en el suelo

Cuando el elemento llega al suelo puede seguir diversas vías. Las principales son aquellas que afectan a su difusión a diversos medios por ser las que afectan a la salud humana. El ingreso en las cadenas tróficas puede hacerse mediante la absorción por las plantas o el lavado hacia las aguas freáticas en las que tiene mucho que ver su solubilidad, como puede observarse en el diagrama de la figura 5.



**Figura 5.** Diversas vías que pueden seguir los elementos en el suelo

Para poder ser transferidos a otros medios es necesario que se encuentren en la solución del suelo, salvo en el caso de la volatilización que afecta primordialmente al arsénico y al mercurio; más su presencia en la solución puede estar impedida por la retención por el suelo. La principal forma de retención en el suelo es su fijación en el complejo de cambio, ya que la mayor parte tienen un carácter catiónico; esta vía es de doble dirección y está

regulada por la concentración relativa en la solución, el tamaño del ión, la hidratación del mismo y la carga. Una forma de inmovilización más activa es la precipitación del metal en forma de hidróxido o de sal poco soluble, esto puede dar lugar a la formación de minerales secundarios de menor solubilidad que las formas libres previas; en suelos no contaminados esta formación de minerales secundarios es muy pequeña o nula pero en suelos contaminados puede ser importante (7).

La materia orgánica puede formar complejos con metales y con oxianiones derivados de elementos tóxicos como es el caso del cobre. En otras ocasiones tiene un efecto contrario como la metilación del mercurio que incrementa su toxicidad y su movilidad, este efecto se produce con mayor intensidad en medios reducidos y marinos, razón por la cual se produce una gran acumulación en peces que provocan la contaminación humana por su consumo. Siempre la eliminación de los elementos que llegan al suelo se produce por lavado, así la escorrentía y la erosión laminar puede eliminar una buena parte de los mismos. Cuando el suelo está cubierto de vegetación se atenúan las pérdidas por erosión y la acumulación de metales es mayor, pero cuando alcanza los límites de toxicidad de las plantas y estas mueren se reanuda la eliminación, se puede considerar este hecho como un mecanismo regulador de los fitotóxicos (7, 12).

#### **2.2.4.5 Efectos de los metales pesados (cobre, zinc y manganeso) en la salud humana**

##### **A. Cobre**

El cobre es un requisito nutricional, la falta de cobre suficiente conduce a la anemia, defecto del esqueleto, degeneración del sistema nervioso y anormalidades reproductivas. La ingesta segura y adecuada de cobre es de 1.5 a 1.3 mg/día. Las dosis excesivas de cobre (en exceso de las necesidades nutricionales) son excretadas, sin embargo en dosis elevadas el cobre puede causar efectos agudos, como perturbaciones gastrointestinales, daños en el hígado, sistema renal y anemia. La dosis más baja en la que se detectó irritación en el tracto intestinal fue de 5.3 mg/día. La exposición vía inyección subcutánea de ratones condujo al desarrollo de tumores, sin embargo, la exposición oral en varios estudios fue negativa. Las pruebas o tests de mutagenidad han sido negativas (2,13).

## **B. Zinc**

Este elemento es esencial y benéfico para el metabolismo humano, las deficiencias de zinc retardan el crecimiento en los niños. El límite se fija por el sabor desagradable y actúa como limitante gastrointestinal. La limitación del zinc es por aspecto estético no por salud y se permite como máximo 5 mg/L. (Álvarez, 2,004). El equivalente de 40 mg/L de zinc a lo largo de un gran período podría causar debilidad muscular, doble inestabilidad y náuseas. El exceso de zinc también interfiere con la absorción de otras trazas metálicas, como las de cobre y hierro (16).

## **C. Manganeseo**

El manganeseo es uno de los tres elementos trazas tóxicos esenciales, lo cual significa que no es sólo necesario para la supervivencia de los humanos, pero que es también tóxico cuando está presente en elevadas concentraciones en los humanos. Los efectos del manganeseo mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por envenenamiento con manganeseo son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. La ingestión excesiva de manganeseo por tomar agua de pozos contaminados produce letargo edema y síntomas de lesión extrapiramidal. El manganeseo puede causar Parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis. Un síndrome que es causado por el manganeseo tiene los siguientes síntomas: esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio (2, 16).

### **2.2.5 Antecedentes de investigaciones realizadas sobre los metales cobre, zinc y manganeseo**

En los últimos tiempos ha cobrado gran importancia la protección del suelo especialmente por los países desarrollados tal como lo demuestra un comunicado de la comisión del consejo al Parlamento Europeo, al Comité Económico Social y al Comité de la Región denominada "Hacia una estrategia Temática para la protección del Suelo (CCE 2002) en donde se analizan las principales amenazas para el suelo en la Unión Europea, en las que destacan la erosión, contaminación y pérdida de materia orgánica. Además, se analizan las medidas que se estén llevando a cabo para la protección del suelo de modo que, en el futuro, se pueda desarrollar una estrategia comunitaria global.

Van Camp, 2004. Desarrolló un informe donde analiza los tipos de contaminación, local o difusa, su extensión en Europa y de qué manera se puede abordar tanto su estudio como la protección de los suelos y la descontaminación de aquellos ya contaminados.

Peris Mendoza 2006. Realizó un estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas en la Provincia de Castello, España. Determinó la concentración pseudo-total de metales pesados y la concentración utilizando la solución extractora EDTA 0.5 M a pH7, en 77 puntos de la provincia. La concentración de los metales pseudos-totales reportados fueron: cadmio  $0.328 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Cobalto.  $7.7 \text{ mg.kg}^{-1}$  cromo  $33.3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , cobre  $36.6 \text{ mg.kg}^{-1}$ , hierro  $16.91 \text{ mg.kg}^{-1}$ , manganeso  $385 \text{ mg.kg}^{-1}$ , níquel  $19.3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , plomo  $55.8 \text{ mg.kg}^{-1}$ , zinc  $78.5 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Y para los extraídos con EDTA son los siguientes: cadmio  $0.11 \text{ mg.kg}^{-1}$ , cobalto.  $0.23 \text{ mg.kg}^{-1}$  cromo  $0.082 \text{ mg.kg}^{-1}$ , cobre  $5.9 \text{ mg.kg}^{-1}$ , hierro  $30.6 \text{ mg.kg}^{-1}$ , manganeso  $38.6 \text{ mg.kg}^{-1}$ , níquel  $0.51 \text{ mg.kg}^{-1}$ , plomo  $12.6 \text{ mg.kg}^{-1}$ , zinc  $13.2 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Concluye que la actividad agrícola ha influido muy poco en la concentración de los metales en los suelos, solo en puntos individuales existe contaminación de ciertos metales como el cromo, cobre, plomo y zinc cuando se analizan los pseudos-totales. Cuando la extracción se realizó con EDTA el metal que se encontró en mayor cantidad fue el manganeso (15).

Estudios realizados en Gran Bretaña específicamente la agencia de protección del ambiente de Escocia, plantean un interés real sobre la contaminación de tierras y los métodos para remediar dicha contaminación lo cual está compilado en el libro. Contaminated Land and its reclamation desarrollado por The Royal Society of Chemistry en el año de 1977.

Siendo Guatemala un país tercermundista netamente agrícola, es de vital importancia el analisis de trazas de minerales procedentes de una agricultura intensiva no solo por salud si no también por su trascendencia en el comercio exterior.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 General**

Evaluar la concentración de metales pesados en los suelos como consecuencia de la agricultura intensiva que se realiza en el valle de Almolonga, Quetzaltenango.

### **2.3.2 Específicos**

- 1) Determinar los niveles de concentración de cobre, zinc y manganeso extraídos con la solución extractora Mehlich I, en los suelos del valle hortícola de Almolonga como consecuencia del uso intensivo.
- 2) Determinar la biodisponibilidad de los elementos cobre, zinc y manganeso en cuatro hortalizas de mayor importancia cultivadas en el valle de Almolonga.

## **2.4 HIPÓTESIS**

Las concentraciones de cobre, zinc y manganeso en los suelos del valle de Almolonga están arriba de los rangos permisibles para el desarrollo normal de las plantas por el uso intensivo del recurso suelo.

## 2.5 METODOLOGÍA

La metodología se dividió en tres fases, siendo las siguientes:

### 2.5.1 Fase de Gabinete

Esta fase consistió en recabar información de trabajos de investigaciones realizados en el área de estudio por diferentes instituciones educativas así como estatales (CUNOC, FAUSAC, MAGA, ICTA, Municipalidad de San Pedro Almolonga). Además, la adquisición de fotografías satelitales, en las cuales se ubicaron los puntos de muestreos del área. En esta fase; las fotografías donde se ubica el valle de Almolonga fueron divididas en cuadrantes a escala equivalente a una cuerda ( $25 \text{ v}^2$ ). A las cuadrículas se le asignó un número correlativo el cual sirvió para identificar las parcelas seleccionadas para el muestreo las cuales fueron obtenidas a través de realizar un muestreo simple al azar. (Ver figura 7A página 65).

### 2.5.2 Prueba piloto

Se realizó una prueba preliminar para determinar el número total de muestras a tomar en el área de estudio, para la prueba se tomaron 10 puntos de muestreo completamente al azar, los cuales fueron seleccionados mediante la aleatorización de las parcelas. En cada punto de muestreo se tomaran cinco sub-muestras de suelo, estas fueron mezcladas en un recipiente plástico y luego se obtuvo una muestra compuesta, equivalente a 500 gramos de suelo. El muestreo se realizó con un barreno tipo californiano (ver figura 9A página 66) a la profundidad de 0 a 0.15m.

### Determinación número muestras a tomar en el rea de estudio

Con las medias y varianzas obtenidas de la prueba piloto, a través de la siguiente ecuación para poblaciones finitas se logró determinar el número de muestra a tomar en el área de estudio.

$$n = \frac{N \times S^2 \times Z (\alpha/2)^2}{N \times d^2 + (S^2 \times Z (\alpha/2)^2)}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra definitiva.

$N$  = tamaño de la población

$S^2$  = Varianza obtenida de la muestra piloto

$d$  = Precisión del estimador de interés (en este caso la media)

$\alpha$  = nivel de significancia.

$Z(\alpha/2)$  = Valor tal que  $P(|Z| < Z(\alpha/2)) = 1 - \alpha$ , y  $Z$  es una variable con distribución normal estandarizada (14).

**Cuadro 10.** Determinación del número de muestras a tomar en el área de estudio

Manganeso (Mn)	<b>N</b>	2,450	<b>6.6</b>	Elemento y No. Muestra	(Mn)	(Zn)	(Cu)
	Varianza	40.839		1	33	165	0.5
	Media	41.125		2	38	190	0.5
	Precisión	<b>0.10</b>		3	48.5	70	0.1
	Z	<b>1.65</b>		4	34.5	133	0.5
Zinc (Zn)	<b>N</b>	2,450	<b>35.8</b>	5	42	55	0.5
	Varianza	2113.55		6	39.5	108	0.5
	Media	125.38		7	42	148	0.5
	Precisión	0.10		8	51.5	138	0.5
	Z	1.65		9	58	76	0.5
Cobre (Cu)	<b>N</b>	2,450	<b>20.4</b>	10	46.5	150	0.5
	Varianza	0.02		varianza	40.839	2113.55	0.02
	Media	0.46		media	41.125	125.88	0.46
	Precisión	0.10					
	Z	1.65					

Nivel de confianza		valor z
90		1.65
95		1.96
99		2.58

El número total de muestras que se tomó para realizar el presente estudio fue de 36 y corresponde al número de muestras requerido para el Zinc ya que los otros elementos requieren menor número de muestras. Se tomó un nivel de precisión del 5% y un nivel de confianza de 90%. Como lo muestra el cuadro 1.

### **2.5.3 Fase de Campo**

Definidas las 36 unidades de muestreo en la fase de gabinete se procedió a realizar un caminamiento en las parcelas de los agricultores con el objetivo de verificar los puntos seleccionados, se solicitó permiso para realizar el muestreo de suelos y además, se recabó información de los cultivos existentes así como de su manejo con la ayuda de una boleta de campo (ver anexo 1 página 21).

### **2.5.4 Unidad de muestreo**

Se tomó como unidad básica el tamaño promedio de una parcela de los agricultores, la cual abarca un área de 1 cuerda de  $25 \text{ vr}^2$  equivalente a (0.042 Ha). El valle cuenta con un total de 2,450 parcelas.

### **2.5.5 Muestreo de Suelos**

Se realizó el muestreo de suelos a dos profundidades de 0 a 0.15 m y de 0.15 a 0.30 m utilizando un barreno tipo californiano. Se obtuvieron 5 submuestras de cada unidad de muestreo, las cuales fueron unidas y homogeneizadas, luego se obtuvo una muestra compuesta de cada unidad de cada profundidad.

### **2.5.6 Muestreo de Tejido Vegetal**

Para el muestreo de tejido vegetal, se seleccionaron dos parcelas por cada hortaliza (Apio, Cebolla, Cilantro y Rábano) en donde se encontraban las hortalizas con edad fenológica adecuada para ser muestreada. De las hortalizas Apio y Cilantro el producto de valor económico son las hojas y para la Cebolla y el Rábano el bulbo. El muestreo se realizó en un determinado número de plantas por parcela, tal como lo establecen las normas de muestreo foliar para los cultivos (4).

## 2.5.7 Fase de laboratorio

### 2.5.8 Para el análisis de suelo

#### 2.5.8.1 Preparación de la muestra de suelo

La muestra de suelo fue secada a la sombra a temperatura ambiente, seguidamente fue tamizada, haciendo pasar toda la muestra de suelo por un tamiz de 2mm de diámetro. Luego fue homogeneizada dentro de una bolsa de nylon.

#### 2.5.8.2 Análisis químicos realizados

Las determinaciones químicas así como las metodologías utilizadas se presentan en el cuadro 4.

**Cuadro 11.** Análisis químicos y metodologías utilizadas en los análisis de suelos procedentes del valle de Almolonga, Quetzaltenango.

<b>Análisis</b>	<b>Metodología</b>
P	Extracción Mehlich 1 y cuantificación por colorimetría.
pH	Potenciométrico, relación agua suelo 2.5:1
M.O	Walkley & Black
<b>Cu, Zn, Mn</b>	Extracción Mehlich 1 y cuantificación por Absorción Atómica.

#### 2.5.8.3 Extracción de cobre, zinc y manganeso

Se pesaron 5 gramos de suelo en un tubo de centrifuga y se le adicionaron 25 mL de solución extractora Mehlich 1 (HCL de 0.025N y HCL 0.5N), luego fueron puestos en un agitador horizontal a 400 rpm. Seguidamente se filtró utilizando papel Whatman # 2 y del extracto se determinaron los metales pesados por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

## **2.5.9 Para el análisis de tejido Vegetal**

### **2.5.9.1 Preparación de la muestra de tejido vegetal**

La muestra fue secada en un horno de convección forzada a temperatura de 65° C durante 24 horas hasta alcanzar peso constante, luego fue triturada la muestra en un molino de acero inoxidable el cual posee un tamiz de 40 mesh (ver figura 7A página 45).

### **2.5.9.2 Análisis químico de tejido vegetal**

Para el análisis de tejido vegetal se utilizó el método de combustión seca ( $O_2$  + calor), el cual consistió en someter la muestra en un horno a 450° C de temperatura durante 4 horas, luego se recuperó con HCl (ácido clorhídrico) 1N y se filtró. Las determinaciones se realizaron utilizando Espectrofotometría de Absorción Atómica.

## **2.5.10 Análisis estadístico exploratorio**

Para el análisis de la información se estimaron los siguientes parámetros estadísticos:

### **2.5.10.1 Medidas de tendencia central**

Estas fueron estimadas para la variable concentración de Cobre, Zinc y Manganeso en el suelo a ambas profundidades.

- **Media**

Es el dato promedio de todos los resultados obtenidos de los valores que se evaluaron.

### **2.5.10.2 Medidas de dispersión**

- **Varianza ( $s^2$ )**

La desviación promedio, en unidades al cuadrado con respecto a la media de la variable medida.

- **Desviación estándar (s)**

Indica que tan dispersos están los valores con respecto a la media.

- **Intervalos de confianza (I.C.)**

Es el rango dentro del cual se espera encontrar la media poblacional.

### 2.5.10.3 Análisis de componentes principales

Para realizar el análisis de los componentes principales se utilizó el programa XLSTATISTIC para realizar los siguientes análisis:

- **Correlación de variables**

Para los coeficientes de correlación binarias entre las propiedades del suelo y los elementos se analizaron con un nivel de significancia del 0.05%. Para la determinación de correlación entre variables se estimó una ecuación para cada grupo binario de variables relacionadas. Como se puede observar para la relación M.O vrs. pH:

$$Y = 6.438 X - 0.037$$

Donde:

Y = % Materia Orgánica

X = pH

Estimándose de igual manera una ecuación para cada grupo de variables.

- **Grupo de variables**

Del análisis realizado con el programa, se determinaron grupos con mayor relación entre las variables con respecto a los análisis de las propiedades edáficas y las fracciones extraídas con Mehlich I.

## 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.6.1 Análisis de suelos profundidad 0- 0.15 m

A continuación se presentan los resultados de las concentraciones de cobre, zinc y manganeso de las muestras de suelo tomadas a profundidad de 0 – 0.15 m.

**Cuadro 12.** Resultados del análisis químico de suelos a la profundidad 0 – 0.15m.

ÁREA	IDENT.	%		mg.kg <sup>-1</sup>							
		**M.O.	PH	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
1	1.1	10.87	5.4	586.00	318.00	31.80	6.01	29.00	1.00	165.00	33.00
	1.2	10.43	6.00	482.00	228.00	22.45	5.19	24.50	0.50	190.00	38.00
	1.3	8.91	7.00	526.00	515.00	26.19	5.96	22.00	0.50	70.00	48.50
	1.4	10.43	6.70	614.00	148.00	26.82	5.39	21.50	0.50	133.00	34.50
	1.5	2.82	7.30	311.00	380.00	10.28	2.82	68.00	2.50	35.00	42.00
2	2.1	14.14	6.60	367.00	120.00	26.83	8.69	9.00	0.50	35.00	38.00
	2.2	12.35	6.20	587.00	230.00	26.20	9.25	12.50	0.10	155.00	31.00
	2.2.1	16.41	5.90	528.00	440.00	24.33	6.48	20.50	0.50	118.00	52.50
	2.2.2	3.91	6.60	290.00	370.00	9.98	2.72	72.50	2.00	60.00	59.50
	2.2.3	12.78	6.40	517.00	975.00	21.53	6.07	18.00	0.10	140.00	35.00
	2.2.4	13.41	5.90	511.00	413.00	24.02	4.78	18.50	0.50	110.00	42.00
	2.3	16.10	6.20	320.00	270.00	25.58	6.68	4.50	0.50	82.00	24.50
	2.4	21.28	5.50	471.00	325.00	24.32	7.28	19.00	0.50	160.00	41.50
	2.5	10.00	6.00	547.00	195.00	23.71	6.63	24.00	0.50	135.00	72.00
	2.6	13.97	6.00	493.00	133.00	23.71	6.63	14.00	0.50	158.00	45.00
	2.7	11.46	6.20	513.00	193.00	24.96	8.17	11.50	0.50	90.00	38.50
	2.8	12.09	6.30	400.00	150.00	23.40	9.98	10.00	0.50	165.00	42.00
	2.8.1	15.38	5.60	422.00	370.00	23.40	5.29	17.00	0.50	205.00	46.00
	2.9	7.47	5.00	551.00	320.00	11.23	2.16	75.00	1.50	145.00	66.00
	2.1°	8.57	5.10	406.00	150.00	18.20	5.55	24.50	0.50	160.00	39.50
3	3.1	10.00	6.50	650.00	343.00	26.82	5.19	23.50	0.10	108.00	39.50
	3.2	17.17	5.50	489.00	465.00	26.19	5.49	9.00	0.10	148.00	42.00
	3.3	10.43	5.60	345.00	133.00	19.33	4.05	33.00	0.50	138.00	51.50
	3.4	3.04	6.70	315.00	158.00	14.96	4.00	68.50	2.50	38.00	58.00
	3.5	11.74	5.60	493.00	490.00	22.13	5.60	23.00	0.10	180.00	46.50
4	4.1	7.61	5.60	369.00	268.00	13.09	2.56	46.00	1.00	90.00	47.00
5	5.1	9.88	6.40	248.00	293.00	15.60	2.78	35.00	1.50	108.00	61.00
	5.2	7.69	6.90	321.00	125.00	18.09	4.06	45.00	1.00	88.00	62.50
	5.3	7.47	6.20	564.00	515.00	20.28	3.80	30.00	1.00	125.00	59.50
	5.4	9.10	5.50	458.00	313.00	15.91	3.86	40.50	0.50	77.50	42.50
6	6.1	7.03	5.10	560.00	360.00	18.72	3.90	35.50	1.00	195.00	62.50
	6.2	4.61	5.20	315.00	315.00	8.42	1.95	64.00	2.50	52.00	39.50
7	7.1	7.03	5.50	416.00	283.00	10.30	2.62	35.00	1.50	88.00	45.00
	7.2	4.39	7.00	442.00	335.00	18.09	2.78	20.50	0.50	80.00	37.00
8	8.1	7.25	5.00	492.00	168.00	13.73	2.67	53.00	1.50	180.00	50.00
	8.2	8.92	5.40	529.00	450.00	19.97	5.08	37.00	0.50	110.00	45.50

\*Rangos permisibles: cobre 1 – 2 mg.kg<sup>-1</sup>, zinc 2 – 4 mg.kg<sup>-1</sup>, manganeso 10 – 15 mg.kg<sup>-1</sup>. \*\*Materia Orgánica

En el cuadro 2 se puede observar que los índices de cobre varían entre 0.5 y 2.5 mg.kg<sup>-1</sup> con una media de 0.83. El valor de la media se encuentra abajo del rango de suficiencia determinado para cobre cuando se utiliza la solución extractora Mehlich I que es de 1- 2 mg.kg<sup>-1</sup>, por lo que los resultados indican que el 8.33% de las muestras se salen del rango especificado.

Para el zinc los índices varían entre 35 y 205 mg.kg<sup>-1</sup> con una media de 120 mg.kg<sup>-1</sup>. El valor de la media está muy por encima de los rangos de suficiencia para zinc cuando se utiliza la solución extractora de Mehlich I que es de 2 - 4 mg.kg<sup>-1</sup>. El 100% de las muestras de suelo analizadas no cumple con los estándares evaluados.

Se encuentran varios puntos de muestreo (1.5, 2.1, 3.4, 6.2 y 2.2.2) en donde los valores de zinc se encuentran bajos y se asocian a la pérdida de suelo ocasionado por el desbordamiento del río Chinimá como consecuencia de las lluvias que ocasionó la tormenta STAN (5). Estos puntos de muestreo también presentan los valores más bajos de materia orgánica, a excepción del punto 2.1 donde el agricultor posiblemente aplicó una mayor cantidad de materia orgánica que lo usual. Para el caso del manganeso los índices varían entre 31 y 72 mg.kg<sup>-1</sup> con una media de 46 mg.kg<sup>-1</sup>, el valor de la media se encuentra arriba del rango de suficiencia que es de 10 – 15 mg.kg<sup>-1</sup> cuando se utiliza la solución extractora Mehlich 1. Siendo el porcentaje de incumplimiento del 100%.

A continuación se presentan los resultados de las muestras de suelo que se obtuvieron en un área de bosque aledaña al valle; estas muestras se tomaron como puntos de referencia, es decir, sin ningún manejo agronómico.

**Cuadro 13.** Resultados de análisis químico de suelos del área de bosque del valle de Almolonga tomados como testigo, profundidad de 0 a 0.15m

		%		mg.kg <sup>-1</sup>							
ÁREA	IDENT.	**M.O.	PH	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
BOSQUE	1	13.37	5.70	32.02	283.00	11.23	3.39	21.50	2.50	12.00	28.50
	2	6.65	6.90	17.40	330.00	10.61	2.36	24.00	2.00	2.50	25.50
	3	5.41	5.90	5.21	348.00	5.93	2.21	37.50	1.50	2.00	28.50
	4	3.53	5.50	14.33	100.00	4.06	1.39	20.00	1.50	1.50	13.50

\*\*Materia Orgánica

Al comparar las medias de los datos obtenidos a la profundidad de 0-0.15m, de las áreas de cultivo con la media de los datos de las parcelas utilizadas como testigo (área de bosque) se puede observar que para el caso del cobre, la media es de  $1.8 \text{ mg.kg}^{-1}$  y se encuentra arriba de la media de las áreas de cultivos, con una diferencia de  $1.2 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Lo que indica que no existe acumulación del cobre aplicado en el manejo agronómico por el uso agrícola intensivo. Sin embargo se encuentran los datos limitando los valores máximos por lo que es el momento propicio para darle tratamiento a estos suelos para que no lleguen a niveles tóxicos.

En el caso del zinc el valor medio de la concentración de las parcelas testigo se encuentra en  $4.5 \text{ mg.kg}^{-1}$  y al compararla con la media de la concentración de zinc de las áreas de cultivos se encuentra muy por debajo de la misma con una diferencia de  $115.5 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Este valor evidencia una acumulación del zinc en los suelos como consecuencia de las aplicaciones de agroquímicos que contienen este metal en su composición en ciertas prácticas agronómicas (control fitosanitario) que realizan a los cultivos. Es bien conocido que los agricultores aplican dosis altas de fungicidas a base de zinc como (propineb al 70% de zinc), (mancozeb 16% de zinc), (ziram 21.5% de zinc) para el control de enfermedades especialmente en la época de lluvia, como lo reportan los diferentes trabajos de investigación realizados por varios autores como Zúñiga (1977) (21), quien evaluó Problemas Relativos al uso y Manejo de Plaguicidas, Bolaños (1,988) (19) realizó un Diagnóstico sobre el Uso y Manejo de Pesticidas, Guzmán (1,988) (10) realizó el Estudio del Impacto Ambiental, AVANCSO (1,994) (3) realizó el estudio de Agricultura Intensiva y Cambios en la Comunidad de Almolonga Quetzaltenango. Todos los estudios concluyen en el uso de sobredosis y altas frecuencias de aplicación de los agroquímicos.

Para el caso del manganeso la media del área testigo es de  $24 \text{ mg.kg}^{-1}$  y la media de las áreas de cultivo es de  $46 \text{ mg.kg}^{-1}$  con una diferencia de  $22 \text{ mg.kg}^{-1}$ , esto indica que este elemento también se está acumulando en el suelo como consecuencia de la aplicación de productos que contienen este metal en su composición (Dithane 20% de manganeso, Mancozeb 13% de manganeso) al igual como sucede con el zinc pero en menor escala.

El cuadro 4 presenta los intervalos de confianza, medias y desviación estándar de los metales cobre, zinc y manganeso de los suelos, a una profundidad de 0 a 0.15m, al igual que los valores permisibles para lograr así una mejor visualización de los resultados.

**Cuadro 14.** Intervalos al 90% de confianza para el contenido promedio de cobre, zinc y manganeso profundidad 0 – 0.15m.

<b>Zinc</b>	Media	Desviación est. de la muestra	tamaño de la muestra	IC para la media de la muestra
* 2 – 4 mg.kg <sup>-1</sup>	119.9	47.36	36	<b>+ - 15.47114</b>
<b>cobre</b>	Media	Desviación est. De la muestra	tamaño de la muestra	IC para la media de la muestra
* 1 – 2 mg.kg <sup>-1</sup>	0.83	0.70	36	<b>+ - 0.22866</b>
<b>manganeso</b>	Media	Desviación est. de la muestra	tamaño de la muestra	IC para la media de la muestra
* 10 – 15 mg.kg <sup>-1</sup>	46.07	11.44	36	<b>+ - 3.73700</b>

\* Valores permisibles utilizando la solución extractora Mehlich I.

El zinc presentó una media de 119.9 mg.kg<sup>-1</sup> por lo que el intervalo de confianza se encuentra para una distribución normal de los datos entre 104.43 mg.kg<sup>-1</sup> y 135.37 mg.kg<sup>-1</sup>, lo cual indica que dentro de este rango se podrán ubicar todos los datos con un 90% de confianza, asumiendo un 5% de significancia o de error de muestreo, dicho de una forma más precisa: Con un nivel de confianza del 90% se puede decir que la media poblacional está en el intervalo 104.43 mg.kg<sup>-1</sup> y 135.37 mg.kg<sup>-1</sup>.

Asimismo para el elemento cobre el intervalo de confianza se encuentra entre 0.6 mg.kg<sup>-1</sup> y 1.06 mg.kg<sup>-1</sup> con una media de 0.83 mg.kg<sup>-1</sup> y para el manganeso de 42.33 mg.kg<sup>-1</sup> y 49.81 mg.kg<sup>-1</sup> con una media de 46.07 mg.kg<sup>-1</sup> ubicada al centro de este intervalo.

**Cuadro 15.** Coeficientes de correlaciones binarias entre las propiedades del suelo y los elementos analizados a profundidad 0 – 0.15m.

	**M.O.	PH	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
M.O.	1	-0.190	0.266	0.105	<b>0.709</b>	<b>0.672</b>	<b>-0.758</b>	<b>-0.694</b>	<b>0.430</b>	<b>-0.349</b>
PH	-0.190	1	-0.208	0.031	0.137	0.154	-0.078	0.057	<b>-0.544</b>	-0.078
P	0.266	-0.208	1	0.255	<b>0.557</b>	0.312	<b>-0.364</b>	<b>-0.549</b>	<b>0.491</b>	-0.114
K	0.105	0.031	0.255	1	0.035	-0.106	-0.056	-0.162	0.047	-0.067
Ca	<b>0.709</b>	0.137	<b>0.557</b>	0.035	1	<b>0.788</b>	<b>-0.831</b>	<b>-0.768</b>	<b>0.358</b>	<b>-0.408</b>
Mg	<b>0.672</b>	0.154	0.312	-0.106	<b>0.788</b>	1	<b>-0.761</b>	<b>-0.640</b>	0.249	<b>-0.404</b>
Fe	<b>-0.758</b>	-0.078	<b>-0.364</b>	-0.056	<b>-0.831</b>	<b>-0.761</b>	1	<b>0.856</b>	<b>-0.357</b>	<b>0.503</b>
Cu	<b>-0.694</b>	0.057	<b>-0.549</b>	-0.162	<b>-0.768</b>	<b>-0.640</b>	<b>0.856</b>	1	<b>-0.476</b>	<b>0.358</b>
Zn	<b>0.430</b>	<b>-0.544</b>	<b>0.491</b>	0.047	<b>0.358</b>	0.249	<b>-0.357</b>	<b>-0.476</b>	1	0.014
Mn	<b>-0.349</b>	-0.078	-0.114	-0.067	<b>-0.408</b>	<b>-0.404</b>	<b>0.503</b>	<b>0.358</b>	0.014	1

\*\*Materia Orgánica

Los coeficientes de correlación indican relaciones positivas entre la Materia Orgánica y el calcio y magnesio y relación negativa con el cobre y hierro. El pH tiene una relación negativa con el zinc. El fósforo tiene una relación negativa con el cobre y una relación positiva con el zinc y el calcio. El calcio tiene una relación positiva con el manganeso y relación negativa con el hierro y cobre. El manganeso tiene una relación negativas con el hierro y cobre. El hierro tiene una relación positiva con el cobre y positiva con el manganeso. Y el cobre una relación negativa con el zinc.

#### **Análisis de componentes principales:**

Este análisis corrobora las relaciones entre las variables analizadas a través de las correlaciones binarias. Explica que el 75% de la variación se debe a tres componentes, de los cuales el primer grupo explica el 47% de la varianza, el segundo grupo el 17% y el tercer grupo el 11%, como se puede observar en el cuadro 6.

**Cuadro 16.** Factores obtenidos mediante el análisis de componentes principales de las propiedades edáficas y las fracciones extraídas con Mehlich1, profundidad de 0 – 0.15m.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
<b>M.O.</b>	<b>-0.831</b>	-0.034	-0.135	-0.207	-0.380	-0.192	-0.022	-0.207	-0.146	-0.042
<b>PH</b>	0.068	<b>0.833</b>	0.274	0.381	-0.039	0.201	0.135	-0.101	-0.103	-0.028
<b>P</b>	<b>-0.583</b>	-0.420	0.343	0.345	0.449	-0.168	-0.054	-0.038	-0.076	-0.088
<b>K</b>	-0.117	-0.162	<b>0.912</b>	-0.210	-0.258	-0.038	0.097	0.063	0.047	0.014
<b>Ca</b>	<b>-0.912</b>	0.165	0.009	0.207	0.058	-0.089	0.036	-0.185	0.182	0.138
<b>Mg</b>	<b>-0.817</b>	0.305	-0.204	0.127	-0.054	-0.217	0.231	0.280	-0.026	0.007
<b>Fe</b>	<b>0.920</b>	-0.197	0.044	0.044	0.094	-0.164	0.131	-0.042	-0.147	0.185
<b>Cu</b>	<b>0.901</b>	0.053	-0.087	-0.063	0.049	-0.212	0.288	-0.129	0.107	-0.124
<b>Zn</b>	-0.528	<b>-0.711</b>	-0.157	0.044	-0.027	0.303	0.309	-0.038	-0.021	0.001
<b>Mn</b>	<b>0.494</b>	-0.386	-0.057	0.628	-0.442	-0.064	-0.087	0.032	0.039	-0.016
<b>% Var.</b>	<b>47</b>	17	11							

Para el componente F1 las variables (en amarillo) que más influyen son: Materia Orgánica, fósforo, calcio, magnesio, hierro, cobre y manganeso, de las variables anteriores, el hierro, cobre y manganeso correlacionan positivamente y la Materia Orgánica, fósforo, calcio y magnesio correlacionan negativamente.

Este componente se puede explicar por las prácticas agronómicas que realizan los agricultores como son, el aporte de materiales orgánicos (gallinaza, estiércol bovino, broza de Quercus sp.) como fuentes de nutrientes, el encalado del suelo (aplicaciones de CaCO<sub>3</sub> y Mg CO<sub>3</sub>) que aportan calcio y magnesio al suelo, la interrelación de los elementos entre sí como el calcio y magnesio sobre los metales hierro, cobre y manganeso y la afinidad de la materia orgánica con los metales pesados en la formación de complejos estables.

Para el componente F2 las variables (en naranja) que más influyen son el pH y el zinc. La relación es clara debida a que con valores más bajos de pH existe una disponibilidad mayor del zinc. Caso contrario sucede cuando el pH es básico la disponibilidad es menor ya que se forma hidróxidos de zinc con baja solubilidad.

Para el componente F3 la variable (en verde) que más influye es el potasio y posiblemente se deba a que los suelos derivados de cenizas volcánicas por su naturaleza son ricos en potasio.

## 2.6.2 Análisis de suelo a profundidad 0.15 – 0.30 m

A continuación se presentan los resultados de las concentraciones de cobre, zinc y manganeso de las muestras de suelo tomadas a profundidad de 0.15 – 0.30 m.

**Cuadro 17.** Resultados de análisis Químico de suelo profundidad de 0.15 a 0.30m.

ÁREA	IDENT.	%		mg.kg <sup>-1</sup>							
		**M.O.	PH	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
1	1.1	7.70	6.00	547.00	215.00	24.32	5.29	28.50	0.50	150.00	30.50
	1.2	10.09	5.90	485.00	188.00	24.00	5.08	23.00	0.50	195.00	36.50
	1.3	10.31	7.20	565.00	150.00	28.69	6.93	12.50	0.10	63.00	31.50
	1.4	9.40	7.00	525.00	220.00	25.57	5.08	22.00	0.50	125.00	56.50
	1.5	5.35	6.90	401.00	270.00	14.03	3.28	65.50	2.50	70.00	45.50
2	2.1	14.54	6.90	376.00	103.00	24.96	9.46	9.50	0.10	30.00	35.00
	2.2	11.26	6.60	569.00	128.00	24.96	9.00	10.50	0.10	140.00	30.50
	2.2.1	12.35	6.00	498.00	363.00	22.46	5.76	24.50	0.50	112.00	67.50
	2.2.2	3.06	6.80	183.00	303.00	7.48	2.31	107.50	2.50	35.00	57.00
	2.2.3	9.48	6.60	510.00	725.00	20.90	5.65	28.50	0.50	185.00	44.00
	2.2.4	13.84	6.00	482.00	188.00	21.84	4.27	23.50	0.50	97.50	45.50
	2.3	15.45	6.00	391.00	218.00	12.48	6.84	8.50	0.50	118.00	31.50
	2.4	10.84	5.60	511.00	325.00	23.09	4.27	24.50	1.00	160.00	47.00
	2.5	8.49	6.60	478.00	140.00	22.46	7.14	20.50	0.50	112.00	53.50
	2.6	13.13	6.40	479.00	120.00	23.71	5.81	10.50	0.50	150.00	51.50
	2.7	11.26	6.50	482.00	140.00	24.34	8.74	8.50	0.50	75.00	35.50
	2.8	8.28	6.80	318.00	128.00	22.15	9.15	10.00	0.10	145.00	43.50
	2.8.1	11.99	5.30	446.00	205.00	18.72	3.80	32.00	0.50	205.00	64.00
	2.9	6.33	5.00	523.00	233.00	9.67	1.85	73.00	1.50	115.00	44.00
2.1	8.57	5.10	362.00	120.00	16.54	4.78	24.50	0.50	160.00	39.50	
3	3.1	8.49	6.80	661.00	343.00	28.06	5.60	20.50	0.10	103.00	33.00
	3.2	15.66	5.90	459.00	358.00	29.31	6.32	6.50	0.10	148.00	34.00
	3.3	9.66	5.90	284.00	95.00	19.01	4.00	28.00	0.50	138.00	46.50
	3.4	2.87	6.90	254.00	153.00	12.78	3.08	87.50	2.50	27.00	52.00
	3.5	10.57	5.70	483.00	360.00	22.13	5.19	22.00	0.50	150.00	47.50
4	4.1	6.79	5.80	345.00	208.00	14.03	3.03	43.00	1.00	83.00	43.50
5	5.1	9.49	6.30	179.00	235.00	18.09	3.19	28.50	1.50	118.00	165.00
	5.2	8.83	6.90	328.00	130.00	21.84	4.93	25.50	0.50	108.00	112.50
	5.3	6.19	6.30	528.00	305.00	19.03	3.86	36.00	1.00	108.00	50.50
	5.4	6.88	5.90	394.00	250.00	15.91	4.11	40.50	0.50	72.50	43.50
6	6.1	7.51	5.30	303.00	303.00	16.84	4.57	39.00	1.50	180.00	51.00
	6.2	3.69	5.30	350.00	350.00	7.18	2.42	60.50	2.00	38.00	33.00
7	7.1	5.54	5.30	381.00	148.00	9.05	2.21	36.50	1.00	73.00	35.00
	7.2	4.22	6.70	407.00	283.00	14.35	2.16	23.50	0.50	63.00	33.00
8	8.1	8.04	5.00	536.00	333.00	14.04	3.29	54.00	1.50	190.00	74.00
	8.2	8.61	5.30	537.00	400.00	19.03	5.19	45.50	0.50	90.00	43.00

\*Rangos permisibles: cobre 1 – 2 mg.kg<sup>-1</sup>, zinc 2 – 4 mg.kg<sup>-1</sup>, manganeso 10 – 15 mg.kg<sup>-1</sup>. \*\*Materia Orgánica

En el cuadro 7 se puede observar que los índices de cobre varían entre 0.5 y 2.5 mg.kg<sup>-1</sup> con una media de 0.81 mg.kg<sup>-1</sup>, a una profundidad de 0.15 – 0.30m. Este valor de la media se encuentra abajo del rango de suficiencia determinado para cobre cuando se utiliza la solución extractora Mehlich I que es de 1- 2 mg.kg<sup>-1</sup>. Por lo que los resultados indican también para esta profundidad que el 8.33% de las muestras se encuentran arriba del rango de suficiencia.

Para el zinc los índices varían entre 27 y 205 mg.kg<sup>-1</sup> con una media de 115 mg.kg<sup>-1</sup> el valor de la media está muy por encima de los rangos de suficiencia para zinc cuando se utiliza la solución extractora de Mehlich I que es de 2 - 4 mg.kg<sup>-1</sup>. Estando el 100% de las muestras de suelo analizadas arriba del rango de suficiencia.

Para el caso del manganeso los índices varían entre 30.5 y 112.5 mg.kg<sup>-1</sup> con una media de 49.63 mg.kg<sup>-1</sup>, el valor de la media se encuentra arriba del rango de suficiencia que es de 10 - 15 mg.kg<sup>-1</sup> cuando se utiliza la solución extractora Mehlich I. Siendo el porcentaje de incumplimiento del 100%.

**Cuadro 18.** Resultados de análisis químico de suelos del área de bosque del valle de Almolonga tomados como testigo profundidad 0.15 a 0.30m

ÁREA	IDENT.	%	PH	mg.kg <sup>-1</sup>							
		**M.O.		P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
BOSQUE	1	12.13	5.70	27.81	300.00	10.92	3.29	22.00	2.00	6.50	22.00
	2	4.89	6.20	12.40	355.00	7.94	1.59	39.00	2.50	2.00	15.00
	3	2.28	5.80	4.42	475.00	4.99	2.62	23.00	3.50	1.00	11.00
	4	3.59	5.60	14.33	78.00	3.74	1.39	5.50	2.00	2.00	11.50

\*\*Materia Orgánica

Si se compara la media de los datos obtenidos con la media de los datos de las parcelas utilizadas como testigo (área de bosque) se puede observar que para el caso del cobre con una media 2.5 mg.kg<sup>-1</sup> esta se encuentra arriba de la media del área de cultivos que es de 0.88 mg.kg<sup>-1</sup>, con una diferencia de 1.62 mg.kg<sup>-1</sup>.

En el caso del zinc la media de las parcelas testigo se encuentra en 2.87 y si se relaciona con la media de las áreas de cultivos que es de 115 mg.kg<sup>-1</sup> se encuentra muy por debajo de la misma con una diferencia de 112 mg.kg<sup>-1</sup>.

Para el del manganeso la media del área testigo es de 14.7 mg.kg<sup>-1</sup> y la media de las áreas de cultivo es de 49.63 mg.kg<sup>-1</sup> con una diferencia de 34.9 mg.kg<sup>-1</sup>.

En general se puede decir, que las medias de los índices de los elementos analizados a esta profundidad se encuentran ligeramente más bajos que las medias de los índices de los mismos elementos de la profundidad 0- 0.15m., siendo siempre el zinc el que se encuentra en cantidades mayores seguido del manganeso. Esto indica que los metales proceden de la superficie y que son producto de aportes externos. Es bien sabido que la movilidad de los metales en el suelo es mínima y se debe en gran medida a la afinidad de la materia orgánica del suelo con los metales cobre, zinc, manganeso. El contenido de materia orgánica en los suelos es alto, arriba del 10% en las dos profundidades como consecuencia del aporte que hacen los agricultores al suelo, año con año, (12 ton/año/Ha). También, las concentraciones altas a esta profundidad se puede deber a la preparación del suelo, el cual la realizan en forma manual con instrumentos de labranza que voltean el suelo a una profundidad de 0.25m a 0.30m. La práctica de preparación la realizan de tres a cuatro veces por año, al inicio de cada ciclo.

**Cuadro 19.** Intervalos al 90% de confianza para el contenido promedio de cobre, zinc y manganeso profundidad 0.15 – 0.30m.

<b>Zinc</b>	Media	Desviación est. de la muestra	tamaño de la muestra	IC para la media de la muestra
* 2 – 4 mg.kg <sup>-1</sup>	114.78	48.52	36	<b>+ - 15.84958</b>
<b>cobre</b>	Media	Desviación est. de la muestra	tamaño de la muestra	IC para la media de la muestra
* 1 – 2 mg.kg <sup>-1</sup>	0.81	0.72	36	<b>+ - 0.23520</b>
<b>manganeso</b>	Media	Desviación est. de la muestra	tamaño de la muestra	IC para la media de la muestra
* 10 – 15 mg.kg <sup>-1</sup>	49.64	26.25	36	<b>+ - 8.57484</b>

\* Valores permisibles utilizando la solución extractora Mehlich I.

En el cuadro 9 se pueden observar los intervalos de confianza obtenidos para los metales pesados zinc, cobre y manganeso en los muestreos realizados a una profundidad de 0.15 a 0.30 m. El zinc presentó una media de  $114.78 \text{ mg.kg}^{-1}$  por lo que el intervalo de confianza se encuentra para una distribución normal de los datos entre  $98.94 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $130.62 \text{ mg.kg}^{-1}$ , lo cual indica que dentro de este rango se podrán ubicar todos los datos con un 90% de confianza, asumiendo entonces un 5% de significancia o de error de muestreo. O dicho de forma más precisa: Con un nivel de confianza del 90% se puede decir, que la media poblacional está en el intervalo  $98.94 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $130.62 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Asimismo para el elemento cobre los intervalos de confianza se encuentran entre  $0.58 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $1.04 \text{ mg.kg}^{-1}$  y para el manganeso de  $41.07 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $58.21 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

**Cuadro 20.** Coeficientes de correlaciones binarias entre las propiedades del suelo y los elementos analizados a profundidad 0.15 - 0.30m.

	<b>**M.O.</b>	<b>PH</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>
<b>M.O.</b>	1	0.003	0.321	-0.096	<b>0.648</b>	<b>0.635</b>	<b>-0.752</b>	<b>-0.671</b>	<b>0.393</b>	-0.020
<b>PH</b>	0.003	1	-0.041	-0.158	<b>0.399</b>	<b>0.409</b>	-0.158	-0.115	<b>-0.405</b>	0.055
<b>P</b>	0.321	-0.041	1	0.246	<b>0.539</b>	0.300	<b>-0.390</b>	<b>-0.502</b>	0.298	<b>-0.424</b>
<b>K</b>	-0.096	-0.158	0.246	1	-0.072	-0.223	0.192	0.135	0.197	-0.014
<b>Ca</b>	<b>0.648</b>	<b>0.399</b>	<b>0.539</b>	-0.072	1	<b>0.708</b>	<b>-0.748</b>	<b>-0.739</b>	0.326	-0.063
<b>Mg</b>	<b>0.635</b>	<b>0.409</b>	0.300	-0.223	<b>0.708</b>	1	<b>-0.704</b>	<b>-0.665</b>	0.125	-0.235
<b>Fe</b>	<b>-0.752</b>	-0.158	<b>-0.390</b>	0.192	<b>-0.748</b>	<b>-0.704</b>	1	<b>0.882</b>	<b>-0.367</b>	0.105
<b>Cu</b>	<b>-0.671</b>	-0.115	<b>-0.502</b>	0.135	<b>-0.739</b>	<b>-0.665</b>	<b>0.882</b>	1	<b>-0.331</b>	0.240
<b>Zn</b>	<b>0.393</b>	<b>-0.405</b>	0.298	0.197	0.326	0.125	<b>-0.367</b>	<b>-0.331</b>	1	0.115
<b>Mn</b>	-0.020	0.055	<b>-0.424</b>	-0.014	-0.063	-0.235	0.105	0.240	0.115	1

\*\*Materia Orgánica

Los coeficientes de correlación indican relaciones positivas entre la Materia Orgánica, el calcio y magnesio y relación negativa con el cobre y hierro. El fósforo tiene una relación negativa con el cobre y una relación positiva con el calcio. El calcio tiene una relación positiva con el magnesio y relación negativa con el hierro y cobre. El magnesio tiene una relación negativas con el hierro y cobre, el hierro tiene una relación positiva con el cobre.

#### **Análisis de componentes principales:**

Este análisis corrobora las relaciones entre las variables analizadas a través de las correlaciones binarias. Explica que el 75% de la variación se debe a tres componentes, de

los cuales el primer grupo explica el 43% de la varianza, el segundo grupo el 17% y el tercer grupo el 13%, como se puede observar en el cuadro 10.

**Cuadro 21.** Factores obtenidos mediante el análisis de componentes principales de las propiedades edáficas y las fracciones extraídas con Mehlich1, profundidad 0.15 – 0.30m.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
<b>M.O.</b>	-0.811	-0.090	0.278	-0.080	-0.303	-0.149	0.310	-0.186	-0.051	0.055
<b>PH</b>	-0.224	0.778	-0.162	0.496	0.081	0.139	-0.054	-0.153	-0.137	0.048
<b>P</b>	-0.581	-0.410	-0.508	0.138	0.359	-0.175	0.189	0.089	-0.121	0.003
<b>K</b>	0.127	-0.593	-0.252	0.656	-0.356	-0.030	-0.100	0.019	0.020	-0.012
<b>Ca</b>	-0.888	0.104	0.015	0.271	0.192	0.032	0.066	-0.074	0.273	-0.062
<b>Mg</b>	-0.821	0.325	-0.058	-0.008	-0.222	0.251	0.125	0.298	-0.011	0.007
<b>Fe</b>	0.915	-0.035	-0.162	0.094	0.057	0.117	0.230	0.015	0.109	0.210
<b>Cu</b>	0.906	0.032	0.017	0.118	-0.003	0.165	0.313	-0.036	-0.035	-0.193
<b>Zn</b>	-0.406	-0.686	0.399	0.017	0.165	0.406	-0.050	-0.070	-0.068	0.033
<b>Mn</b>	0.225	0.095	0.829	0.410	0.142	-0.198	0.041	0.153	-0.028	0.020
<b>%Var.</b>	43	17	13							

Para el componente F1 las variables (color amarillo) que más influyen son: Materia Orgánica, fósforo, calcio, magnesio, hierro y cobre. De las variables anteriores el hierro y el cobre correlacionan positivamente y la M.O., fósforo, calcio y magnesio correlacionan negativamente. Este componente se puede explicar por las prácticas que realizan los agricultores como son, el aporte de materiales orgánicos (gallinaza, estiércol bovino, broza de *Quercus sp.*) como fuentes de nutrientes, el encalado del suelo (aplicaciones de  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{Mg CO}_3$ ) que aportan calcio y magnesio al suelo. Y la interrelación de los elementos entre sí como el calcio y magnesio sobre los metales hierro, cobre y la afinidad de la materia orgánica con los metales pesados en la formación de complejos estables. Para el componente F2 las variables (en color naranja) que más influyen son el pH, potasio y el zinc. La relación es clara debida a que con valores más bajos de pH existe una disponibilidad mayor del zinc. Caso contrario sucede cuando el pH es básico la disponibilidad es menor ya que se forma hidróxidos de zinc con baja solubilidad. Para el caso del potasio la solubilidad no es tan marcada a pH ácidos, pero en pH alcalinos cuando existe mayor concentración de calcio y magnesio la relación con el potasio puede aumentarse disminuyendo la solubilidad del mismo.

Para el componente F3 la variable (en color verde) que más influye es el manganeso.

### 2.6.3 Resultado de análisis de tejido vegetal

A continuación se presentan los resultados del análisis químico de cuatro hortalizas cultivadas en el valle de Almolonga, Quetzaltenango.

**Cuadro 22.** Resultados de los análisis químicos de cuatro hortalizas de mayor relevancia en el valle de Almolonga, Quetzaltenango.

<b>Cultivo de Apio (<i>Apium graveolens</i>)</b>										
	%					ppm				
IDENT.	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
2.2.3	3.12	0.67	6.75	1.25	0.33	8750	5	155	175	175
2.7	5.73	0.56	4.38	1.19	0.25	14700	5	90	105	110
<b>Cultivo de Cebolla (<i>Allum cepa</i>)</b>										
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
2.2.4	1.51	0.79	5.94	1.56	0.43	23750	5	100	90	90
7.1	2.31	0.37	2.06	0.56	0.15	1375	5	100	100	20
<b>Cultivo de Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)</b>										
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
5.2	2.81	0.29	2.81	0.81	0.44	6500	5	90	175	5
6.1	2.49	0.35	5.81	0.56	0.24	2000	5	125	170	45
<b>Cultivo de Rábano (<i>Raphanus sativus</i>)</b>										
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
3.2	3.03	0.42	3.38	0.88	0.21	11500	5	70	120	20

Los resultados indican que las concentraciones obtenidas en las diferentes hortalizas son: para el cultivo de apio en las parcelas 2.2.3 y 2.7 son: cobre 5ppm, zinc 155ppm, manganeso 175ppm y cobre 5ppm, zinc 90ppm, manganeso 110ppm respectivamente. Para las parcelas 2.2.4 y 7.1 con cebolla son: cobre 5ppm, zinc 100ppm, manganeso 90ppm y cobre 5ppm, zinc 100ppm, manganeso 20ppm respectivamente. Para las parcelas 5.2 y 6.1 con cilantro son: cobre 5ppm, zinc 90ppm, manganeso 5ppm y cobre 5ppm, zinc 125ppm, manganeso 45ppm respectivamente. Para la única parcela 3.2 de rábano las concentraciones son: cobre 5ppm, zinc 70ppm y manganeso 20ppm,

Si se comparan las concentraciones de cobre, zinc y manganeso en las hortalizas analizadas con los rangos medios reportados por (Benton Jones) para los mismos cultivos: para el cobre (5 – 15ppm), zinc (25 -100ppm) y manganeso (10 -100ppm), se concluye que las concentraciones de cobre para las cuatro hortalizas se encuentran dentro del rango de suficiencia, para el caso del zinc solo las parcelas 2.2.3 con cultivo de apio con una concentración de zinc de 155ppm y la parcela 6.1 con cultivo de cilantro con una concentración de zinc de 125ppm se encontraron arriba del rango de suficiencia.

Para el caso del manganeso solo las parcelas 2.2.3 y 2.7 con cultivo de apio presentaron concentraciones de manganeso de 175ppm y 110ppm respectivamente, arriba de los rangos de suficiencia.

Al relacionar las medias de los índices disponibles de cobre, zinc y manganeso para las dos profundidades se tienen los valores de  $0.82 \text{ mg.kg}^{-1}$ ,  $117 \text{ mg.kg}^{-1}$  y  $47.5 \text{ mg.kg}^{-1}$  respectivamente con los rangos de suficiencia de los mismos elementos en el suelo extraídos con Mehlich I que son cobre 1 – 2  $\text{mg.kg}^{-1}$ , zinc 2 – 4  $\text{mg.kg}^{-1}$  y manganeso 5 – 15  $\text{mg.kg}^{-1}$  se observa que los valores de zinc se encuentran muy por encima de los rangos de suficiencia y en menor grado se encuentra el manganeso. Con los valores reportados se esperaría que las concentraciones de zinc y manganeso en las plantas estuvieran muy por encima de los rangos de suficiencia en todas las hortalizas, situación que no se da por lo que se infiere que los índices extraídos con la solución extractora no son en su totalidad biodisponibles.

Esa baja biodisponibilidad se podría deber a ciertos factores, como es la aplicación de altas cantidades de materia orgánica a los suelos, práctica obligatoria para los agricultores del valle, esto es respaldado por los índices de materia orgánica reportado en los análisis de suelo en donde se encuentran arriba 10%. Otro factor que puede estar influyendo es la aplicación de altas dosis de fuentes fosfatadas como lo indican los análisis de suelo ( $200 - 500 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) índices muy por encima de los rangos de suficiencia. Los fosfatos al reaccionar con el zinc específicamente forman fosfatos de zinc que son insolubles haciéndolos no disponibles. Además, realizan la práctica de encalado, modificando los valores de pH y a la vez formando óxidos de zinc y de manganeso los cuales son

insolubles y a la vez inocuos. Estas prácticas que realizan los agricultores en el manejo de las parcelas posiblemente sean las causas del porque las plantas no han sido afectas en su desarrollo causándoles toxicidad y como consecuencia la muerte.

La presente investigación evidencia la acumulación de zinc y de manganeso en el suelo y de no cambiar el uso de ciertos agroquímicos con el tiempo podría colapsar el sistema hortícola del valle de Almolonga.

## 2.7 CONCLUSIONES

1. Los niveles medios de concentración de cobre, zinc y manganeso en los suelos del valle de Almolonga para las dos profundidades estudiadas son: 0 a 0.15m son: cobre 0.83 mg.kg-1, zinc 119 mg.kg-1 y manganeso 46mg.kg-1. De 0.15- 0.30 m. son: cobre 0.81 mg.kg-1, zinc 115mg.kg-1 y manganeso 49 mg.kg-1.
2. De los elementos estudiados el zinc y el manganeso son los elementos que se encuentran en concentraciones muy por encima de los rangos de suficiencia, reportados para la solución extractora de Mehlich I. No así para el cobre donde la concentración se encuentra dentro del rango de suficiencia.
3. La biodisponibilidad del elemento cobre, en las hortalizas apio, cebolla, cilantro y rábano se encuentra dentro del rango de suficiencia en todas las parcelas analizadas.
4. La biodisponibilidad del elemento zinc en la parcela 2.2.3 con apio y la parcela 6.1 con cilantro se encuentra por encima del rango de suficiencia (25-100 ppm), encontrándose el 28.57% del total de las parcelas analizadas arriba de dicho rango. (valores encontrados: 155 y 125 ppm respectivamente).
5. La biodisponibilidad del elemento manganeso en las parcelas 2.2.3 y 2.7 con cultivo de apio se encuentran por encima del rango de suficiencia (10-100 ppm). Encontrándose el 28.57% del total de las parcelas analizadas arriba de este rango, (valores encontrados: 175 y 110 ppm respectivamente).

## 2.8 RECOMENDACIONES

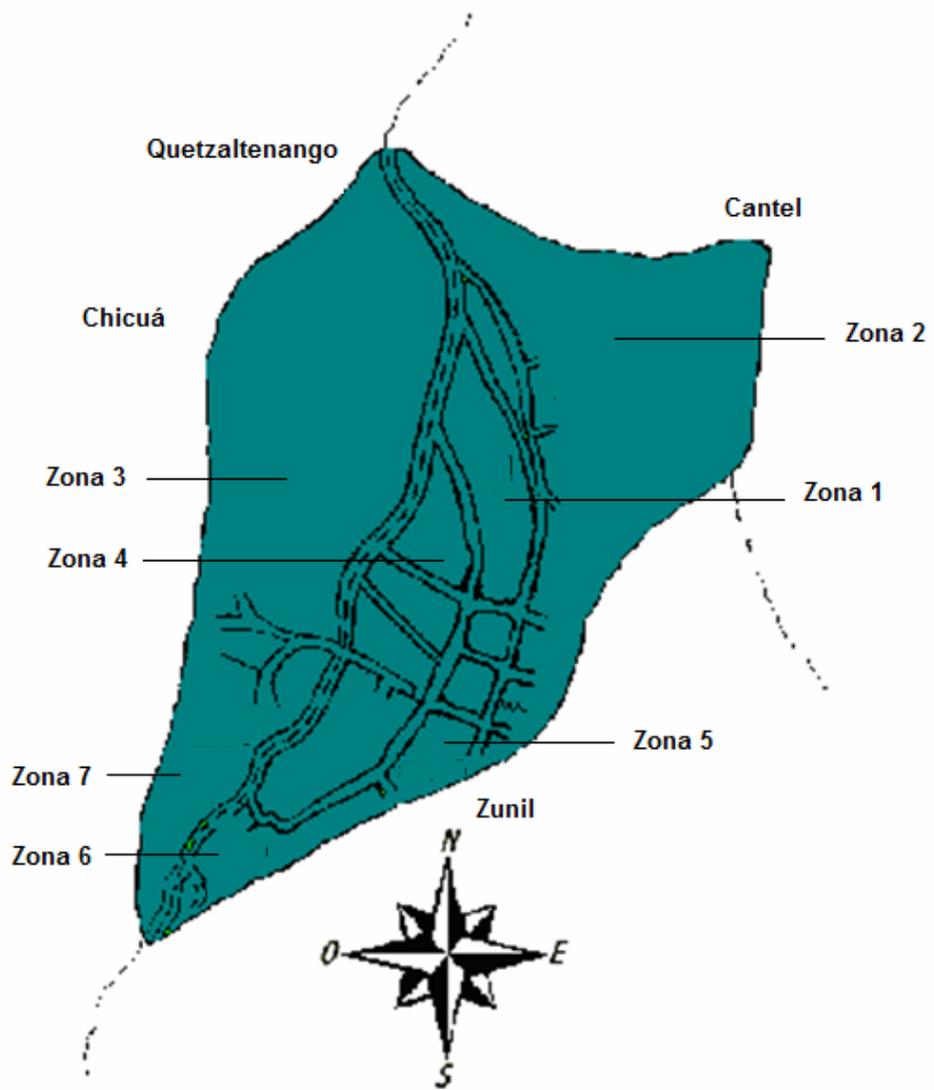
1. Realizar nuevos estudios utilizando otras soluciones extractoras para determinar la capacidad extractora de las mismas.
2. Evaluar la capacidad máxima de adsorción de los suelos y la biodisponibilidad con una hortaliza que se cultive en el valle de Almolonga.
3. Tomar medidas correctivas a corto y mediano plazo para evitar que en el futuro siga aumentando la concentración de zinc en los suelos y tenga efectos negativos en el desarrollo de los cultivos y en la biota del suelo como consecuencia de una toxicidad.

## 2.6 BIBLIOGRAFÍA

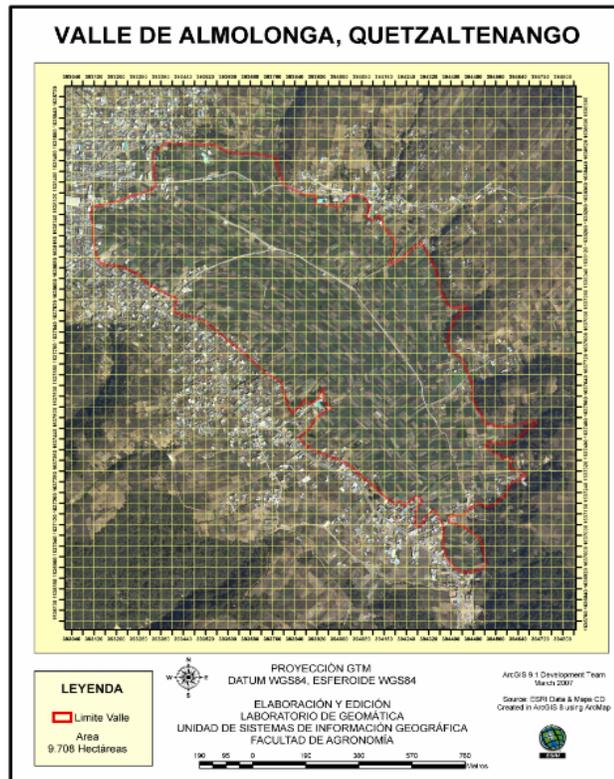
1. Alonso Domínguez, V. 1998. Los microelementos en la agricultura. España, Mundi-Prensa. 333 p.
2. Álvarez, S. 2,004. Ingeniería de aguas. Tesis MSc. Ciencias del agua. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 1 CD.
3. AVANCSO (Asociación para el Avance de las Ciencias Sociales en Guatemala, GT). 1994. Agricultura intensiva y cambios en la comunidad de Almolonga, Quetzaltenango. Guatemala. 36 p.
4. Benton Jones, JR; Mills HA. 1984. Tables of interpretative plant analysis date. USDA. 414 p.
5. Corporación Municipal de Almolonga, Quetzaltenango, GT. 2007. El paso de la tormenta Stan en Almolonga. Revista Muni – K`at La gente es primero 1.1-32.
6. Fassbender, HW; Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 420 p.
7. Silva Gómez, SE; Muños Orozco, A. 2007. Manual de contaminación de suelos. México, Universidad Autónoma de Chapingo. Consultado 30 mar 2007. Disponible en: [//redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf).
8. García Navarro A, 2007. Gestión y conservación de suelo: lección 4, contaminación de suelos (en línea). España, UNEX, Facultad de Ciencias, Área de Edafología y Química Agrícola. Consultado 5 abr 2007. Disponible en <http://www.unex.es/edafo/GCSP/GCSL4.htm>
9. Gutiérrez Loarca, CE. 2005. Plaguicidas químicos y su efecto en la salud humana. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad Rafael Landivar. 61 p.
10. Guzmán Balcorcel, AD. 1988. Estudio del impacto ambiental del valle de Almolonga. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, Centro Universitario de Occidente. 51 p.
11. Holding, BV. 1998. Características químicas de los metales pesados. España, Universidad de Granada. Consultado 9 oct 2007. Disponible en <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/fact.htm>
12. García, I; Dorronsoro, C. 2007. Estudio de contaminación de metales pesados (en línea). España, Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Departamento de Edafología y Química Agrícola, Unidad Docente e Investigadora. Consultado 30 mar 2007. Disponible en <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/fact.htm>

13. Letterman, R. 2002. Calidad y tratamiento del agua, manual de suministros de agua comunitaria. Madrid, España, American Water Works Association / McGraw-Hill/Interamericana. 1,231 p.
14. López Bautista, EA. 2004. Estadística aplicada a la producción agrícola: notas para acompañar el curso. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 126 p.
15. Peris Mendoza, M. 2006. Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon. Tesis PhD. Castellón, España, Universidad de Valencia. 247 p.
16. Picado Pavón, F. 2003. Fundamentos de ecotoxicología. Tesis MSc. Ciencias del agua. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 1 CD.
17. Pitty, J. 2003. Ecotoxicología. Tesis MSc. Ciencias del agua. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 1 CD.
18. Seoanez Calvo, M. 1999. Contaminación del suelo: estudios, tratamiento y gestión: ingeniería del medio ambiente. Madrid, España, Mundi-Prensa. 352 p.
19. Suasnavar Bolaños, MR. 1981. Diagnostico sobre el uso y manejo de pesticida en Almolonga, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, Centro Universitario de Occidente. 45 p.
20. Tisdale, L; Nelson, L. 1998. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México, UTHEA. 759 p.
21. Zúñiga Armas, JA. 1977. Problemas relativo al uso y manejo de plaguicidas en el valle de Almolonga, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 62 p.

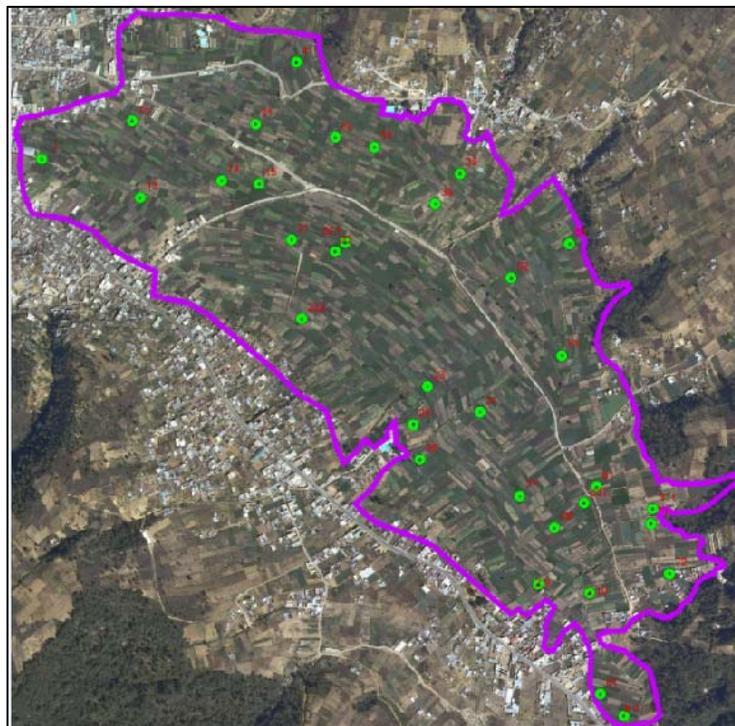
## 2.9 ANEXOS



**Figura 6A.** Croquis de campo del valle de Almolonga.



**Figura 7A.** Delimitación y cuadrículado del Valle de Almolonga, Quetzaltenango



**Figura 8A.** Puntos de realización de los muestreos de suelo en al Valle de San Pedro Almolonga Quetzaltenango.



**Figura 9A.** Barreno tipo Californiano, utilizado para la realización de los muestreos de suelo.



**Figura 10A.** Molino de acero inoxidable, utilizado en la trituración de la muestra de tejido vegetal.

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, depicting a knight on a white horse holding a lance. Above the shield is a golden crown. The shield is flanked by two golden pillars. The entire emblem is set against a light blue background with a green base. The Latin motto "CETERAS OMNIBUS CONSPICUA" is written along the top arc, and "CAROLINA ACCADEMIA COACATEMATELSENSIS INTER" along the bottom arc.

**CAPÍTULO III**

**INFORME DE SERVICIOS**

**REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO ALMOLONGA, QUETZALTENANGO  
Y EN EL LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO, PLANTAS Y AGUA "SALVADOR  
CASTILLO ORELLANA", DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA.**

### 3.1 PRESENTACIÓN

Dentro de las actividades desarrolladas por parte del Ejercicio Profesional Supervisado, EPS, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el mes de febrero del año 2007, se realizó un diagnóstico de la comunidad, en donde se pudo detectar una serie de problemas que afectan el desarrollo productivo, tomando en cuenta el análisis del diagnóstico realizado, tanto para la comunidad así como para el laboratorio de análisis de suelos planta y agua, de lo cual surgieron dos servicios. El presente trabajo se realizó en el Municipio de San Pedro Almolonga, Quetzaltenango y en el Laboratorio de análisis de suelos, planta y agua Salvador Castillo Orellana de la facultad de Agronomía. Dicho trabajo tuvo como objetivo principal participar en el análisis de suelos en el desarrollo de un servicio, el cual consistió en el apoyo al proyecto a cargo de la Secretaría de Asuntos Agrarios y al municipio de San Pedro Almolonga con la contribución de un diagnóstico de la fertilidad del suelo.

El servicio con el que se contribuyó a la comunidad y que se planificó fue la realización de un diagnóstico de la fertilidad de los suelos para el cultivo de las hortalizas, con la ayuda de análisis de suelos de laboratorio, ya que todo agricultor debe conocer en qué estado se encuentran las características del suelo donde se siembran sus cultivos, para que en base a los resultados que reporte el laboratorio, se haga un diagnóstico de fertilidad de los suelos que conlleve a la utilización del fertilizante adecuado y la dosis que sea la que el cultivo requiera para el normal desarrollo fenológico de los mismos.

Otro de los servicios fue el apoyo brindado al laboratorio de análisis de suelos, plantas y agua de la Facultad de Agronomía, consistiendo en varias actividades, siendo el principal el apoyo al proyecto de caracterización de diferentes fincas de Guatemala, a cargo de la Secretaria de asuntos Agrarios, consistiendo en diferentes análisis químicos y físicos.

## **3.2 SERVICIO 1: APOYO AL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTA Y AGUA EN EL PROYECTO DE CARACTERIZACIÓN DE DIFERENTES FINCAS DE GUATEMALA A CARGO DE LA SECRETARIA DE ASUNTOS AGRARIOS.**

### **3.2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El Laboratorio de análisis de suelo, plantas y agua "Salvador Castillo Orellana" de la Universidad de San Carlos de Guatemala ubicado en la facultad de Agronomía, cuenta con los aparatos de mayor tecnología para los respectivos análisis de suelo, planta y agua para el servicio de la comunidad Guatemalteca. Gracias a ello este laboratorio es visitado por varias empresas agrícolas requiriendo análisis, dicho laboratorio no cuenta con el suficiente personal para realizar las diferentes actividades, ya que este laboratorio recibe semanalmente una fuerte cantidad de muestras, no dándose abasto el personal para realizar los diferentes análisis requeridos, es por ello que se procedió al apoyo al proyecto mencionado, con los respectivos análisis químicos y físicos requeridos por la Secretaría de Asuntos Agrarios.

### **3.2.2 OBJETIVO**

Apoyar con los respectivos análisis físicos y químicos requeridos por el proyecto de la Secretaría de Asuntos Agrarios, de las muestras provenientes de diferentes fincas de Guatemala que ingresaban al laboratorio de suelos, durante la duración del proyecto.

### **3.2.3 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del presente proyecto se siguió la siguiente metodología:

#### **3.2.3.1 Ingreso de las muestras al libro de recibimiento**

Se recibían las muestras del encargado de la Secretaria de Asuntos Agrarios, verificando que coincidieran con la hoja de ingreso. Realizándose cada vez que ingresaban muestras al laboratorio.

### **3.2.3.2 Extendido y secado de la muestra**

Se procedía al secado de la muestra a temperatura ambiente, extendiéndose en hojas de papel periódico con su respectiva identificación.

### **3.2.3.3 Tamizado de la muestra**

Después del secado de la muestra a temperatura ambiente, se procedía a tamizar la muestra haciéndose pasar por un tamiz de 2mm de diámetro, guardándola en una bolsa de nylon para homogeneizarla e identificarla, para los respectivos análisis requeridos.

### **3.2.3.4 Análisis físicos**

Dentro de los análisis físicos que se determinaron en el proyecto de caracterización de diferentes fincas de Guatemala a cargo de la Secretaría de Asuntos Agrarios, fueron textura, densidad aparente, pH y conductividad eléctrica.

### **3.2.3.5 Análisis químicos**

Esta actividad consistió en la determinación de materia orgánica, Bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico y acidez.

## **3.2.4 RESULTADOS**

### **3.2.4.1 Número de muestras recibidas**

Durante la duración del proyecto de la Secretaría de Asuntos Agrarios se recibieron la cantidad de 450 muestras provenientes de diferentes fincas de Departamentos de Guatemala.

### **3.2.4.2 Extendido y secado de las muestras**

Las muestras que ingresaban mensualmente se ingresaban los viernes y se dejaban secando el fin de semana, para tamizarlas los primeros días de la semana siguiente, y luego empezar a trabajarlas, con los respectivos análisis requeridos.

### **3.2.4.3 Análisis físicos y químicos**

Ya con las muestras tamizadas y embolsadas se procedía al ordenamiento de las muestras, provenientes de las diferentes fincas, para someterlas a los diferentes análisis químicos y físicos que requerían como: M.O, pH, C.E, siendo estos los análisis donde se colaboro en el proyecto.

### **3.2.5 EVALUACIÓN**

Se logró cubrir el objetivo en un 96%, siendo satisfactoria debido a que del total de muestras ingresadas en la duración del proyecto que fue de 450 muestras aproximadamente, se logró realizar todos los análisis requeridos por el proyecto, en el tiempo establecido por el encargado del laboratorio en función Ing. Agr. Aníbal Sacbajá Galindo. Y logrando obtener el total de los resultados de todas las fincas muestreadas en el tiempo establecido por el proyecto.

### **3.3 SERVICIO 2: DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DEL VALLE DE ALMOLONGA, QUETZALTENANGO.**

#### **3.3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Para la buena producción de los cultivos es necesario que el suelo posea las características físicas, químicas y biológicas necesarias para el buen desarrollo de los cultivos, pero en las zonas rurales del país es muy difícil que los agricultores conozcan cuales son las características de los suelos que cultiva. Muchas veces es debido a la falta de información, otras al gasto que representa el conocer el estado del suelo y otras veces en la despreocupación de los propios agricultores para con sus recursos. Cabe mencionar, que en el valle de Almolonga no se ha realizado un muestreo de suelos con fines de fertilidad, debido a que únicamente los agricultores del lugar aplican los mismos fertilizantes y en las mismas dosis sin considerar que cada cultivo tiene requerimientos nutricionales diferentes, por lo que es razón suficiente para que se realice en base a los resultados de los respectivos análisis de suelos realizados de la profundidad de 0 – 0.15m. Se realizo un diagnóstico de la fertilidad de suelos que permitió hacer un manejo adecuado de los productos químicos utilizados como fertilizantes, especialmente en los cultivos de hortalizas que son los cultivos de mayor relevancia en el valle.

#### **3.3.2 OBJETIVO**

Conocer en que rango se encuentran los nutrientes disponibles en el suelo para las plantas en el Municipio de San Pedro Almolonga, y en base a los resultados del laboratorio, realizar un diagnóstico de la fertilidad del suelo del valle de San Pedro Almolonga, Quetzaltenango.

#### **3.3.3 METODOLOGÍA**

Para realizar esta actividad la metodología empleada fue la siguiente, tomando en cuenta que los muestreos de suelos fueron para dos propósitos, para realizar la investigación y para la realización de este servicio en algunos puntos y tomándose el muestreo de la profundidad de 0 – 0.15m.

### **3.3.3.1 Puntos de muestreo**

Se definieron los puntos de muestreo por aleatorización, en la fotografía aérea, tomando para el diagnóstico de la fertilidad de los suelos 20 puntos de muestreo de suelos de los análisis obtenidos de los resultados de laboratorio de la investigación.

### **3.3.3.2 Muestreo de suelos**

Para esta actividad se utilizó un barreno tipo Californiano para la realización de los muestreos de suelos, se tomaron 5 submuestras de suelos en cada parcela muestreada, para si constituir una muestra compuesta equivalente a 1 Kg, de suelo.

### **3.3.3.3 Traslado de muestras**

Con las muestras bien identificadas, se trasladaron las muestras del Municipio de San Pedro Almolonga, Quetzaltenango al laboratorio de suelos planta y agua Salvador Castillo Orellana de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para los respectivos análisis.

### 3.3.4 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de laboratorio de los análisis químicos de suelos de las diferentes parcelas muestreadas en el valle de Almolonga, Quetzaltenango.

**Cuadro 23.** Resultados de los análisis químicos de suelo profundidad de 0 – 0.15m, tomados para la realización de la fertilidad de los mismos.

		%		mg.kg <sup>-1</sup>							
AREA	IDENT.	*M.O.	PH	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
1	1.1	10.87	5.4.	586	318	31.8	6.01	29	1	165	33
	1.2	10.43	6	482	228	22.45	5.19	24.5	0.5	190	38
	1.3	8.91	7	526	515	26.19	5.96	22	0.5	70	48.5
	1.4	10.43	6.7	614	148	26.82	5.39	21.5	0.5	133	34.5
	1.5	2.82	7.3	311	380	10.28	2.82	68	2.5	35	42
2	2.2.3	12.78	6.4	517	975	21.53	6.07	18	0.1	140	35
	2.2.4	13.41	5.9	511	413	24.02	4.78	18.5	0.5	110	42
	2.3	16.1	6.2	320	270	25.58	6.68	4.5	0.5	82	24.5
	2.4	21.28	5.5	471	325	24.32	7.28	19	0.5	160	41.5
	2.5	10	6	547	195	23.71	6.63	24	0.5	135	72
3	3.3	10.43	5.6	345	133	19.33	4.05	33	0.5	138	51.5
	3.4	3.04	6.7	315	158	14.96	4	68.5	2.5	38	58
5	5.2	7.69	6.9	321	125	18.09	4.06	45	1	88	62.5
	5.3	7.47	6.2	564	515	20.28	3.8	30	1	125	59.5
6	6.1	7.03	5.1	560	360	18.72	3.9	35.5	1	195	62.5
	6.2	4.61	5.2	315	315	8.42	1.95	64	2.5	52	39.5
7	7.1	7.03	5.5	416	283	10.3	2.62	35	1.5	88	45
	7.2	4.39	7	442	335	18.09	2.78	20.5	0.5	80	37
8	8.1	7.25	5	492	168	13.73	2.67	53	1.5	180	50
	8.2	8.92	5.4	529	450	19.97	5.08	37	0.5	110	45.5

\*Materia Orgánica

**Cuadro 24.** Promedio de los elementos de los análisis químicos de suelo profundidad de 0 – 0.15 m, tomados para la realización de la fertilidad de los mismos.

	%		mg.kg <sup>-1</sup>							
Elementos	M.O.	PH	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Promedios	9.25	6.05	459.2	320.4	20	4.59	33.5	0.98	115.7	46.1

### 3.3.4.1 Propuesta de manejo

Como se puede observar en los resultados químicos de laboratorio, los elementos en todos los puntos muestreados se encuentran muy altos comportándose de la misma manera también la materia orgánica, ya que ellos aplican materia orgánica cada vez que preparan el suelo para cada ciclo de cultivo, esto se puede evidenciar en el cuadro 2 ya que la materia orgánica presenta una media de 9.25% considerándose alto, ya que para suelos agrícolas el rango debe de estar dentro de 4 – 5%. Para el caso del P (fósforo) se encuentra muy alto ya que de los 20 puntos de muestreo presenta una media de 459 mg.kg<sup>-1</sup> ya que el rango adecuado utilizando la solución extractora Mhelich I es de 12 a 16 mg.kg<sup>-1</sup>, para K (potasio) también este elemento se encuentra alto presentando una media de 320.4 mg.kg<sup>-1</sup>, ya que el rango adecuado utilizando la solución extractora Mhelich1 está entre 120 a 150 mg.kg<sup>-1</sup>, los demás elementos también se encuentran altos como se observa en el cuadro 2 de las medias de los elementos.

Se propone que para el área 1 los agricultores de esta región bajen las dosis de fertilización, aplicando solo un 25% NPK por ciclo de cultivo ya que se encuentra muy alto, la relación Ca-Mg se encuentra muy bien y aplicar una vez al año materia orgánica. Para el área 2 se propone que se realice lo mismo que el área 1. Para el área 3 se propone que utilicen una aplicación 25% fósforo y un 100 de NK utilizar materia orgánica una vez al año. En el caso del área 5 en el punto 5.2 se utilice 25% de fósforo y 100 NK, en el punto 5.3 se recomienda que se utilice un 25% de NPK. En el caso de las áreas 6, 7, y 8 se propone que se utilice 25% de NPK ya que se encuentran muy altos en todos estos puntos, presentándose una buena relación de Ca-Mg, se propone que utilicen la materia orgánica una vez al año en todos los puntos muestreados bajándola a un 75% debido a que si ellos aplican la M.O en cada ciclo de cultivo solo están mejorando texturalmente al suelo, pero no están dejando que se mineralicen la M.O para que los elementos estén disponibles para las plantas. Esta propuesta se realizó para que ellos puedan minimizar costos de producción, porque ellos realizan la fertilización como una manera obligatoria sin saber que este suelo se encuentra con una alta fertilidad y con ello no se desperdicie los recursos con los que cuentan (1,3).

### **3.3.5 EVALUACIÓN**

Se logró recabar la información de las prácticas agronómicas realizadas en las parcelas muestreadas, con la ayuda de una boleta de campo que fueron pasadas durante el diagnóstico, se lograron identificar los fertilizantes más utilizados para la producción de hortalizas, ya con los resultados obtenidos de laboratorio y conociendo el manejo que le dan a las parcelas se pudo realizar una propuesta de manejo. Alcanzando en un 75% la entrega de resultados de laboratorio de los respectivos análisis de suelos a los agricultores dueños de las parcelas muestreadas, explicándoles a los agricultores de cómo se encuentran sus suelos y realizándoles la propuesta de fertilización respectivamente.

### 3.4 BIBLIOGRAFÍA

1. Sacbajá, AO. 2008. Los micro y macro nutrientes en el suelo y su movilidad (entrevista). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Laboratorio de Análisis de Suelos Planta Agua y Ambiente.
2. FAO, IT. 2007. Agricultura orgánica, hortalizas. (en línea) Roma Italia (en línea) Roma, Italia, 24 mayo 2008. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org).
3. Infoagro, com. 2006. El cultivo de hortalizas (en línea). España. Consultado 22 mayo 2008. Disponible en [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)