

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOQUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**  
**MAESTRIA EN BROMATOLOGIA**



**“DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS  
EN MUESTRAS DE TOMATES COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE LA PAZ  
POR CROMATOLOGRAFIA GASEOSA”**

**MAESTRANTE : ERIKA XIMENA MONTAÑO RIVEROS**

Tesis para optar al Título de Magíster Scientiarum

La Paz - Bolivia

**2009**

## RESUMEN

Los plaguicidas organofosforados han sido ampliamente utilizados en la agricultura desde hace más de 50 años, proporcionando de manera económica tratamientos efectivos para un gran número de cultivos. Sin embargo, algunos residuos de estos plaguicidas tienen la característica de persistir en los alimentos, constituyendo un riesgo importante para la salud humana.

En este trabajo se presenta la determinación de plaguicidas organofosforados como Etión, Malatión, Clorpirifos, Dimetoato, diazinón y Metil-paratión en muestras de tomates adquiridos en mercados y supermercados de la ciudad de La Paz, usando extracción líquido-líquido y determinación analítica mediante Cromatografía de Gases (GC) y detección con un detector de nitrógeno-fósforo (NPD). Se analizaron 40 muestras: 8 fueron obtenidas de supermercados y las 32 restantes de mercados de las cuales el 50 % presento contaminación con residuos de Clorpirifos y Dimetoato, 9 de las muestras sobrepasaron el límite máximo de residuos (LMR) de 0,5 mg/kg para clorpirifos y 1,0 mg/kg para dimetoato establecidos por el Códex Alimentarius. También se encontró que las muestras que sobrepasaron el límite máximo de residuos provienen de la zona de los Yungas.

**Palabras claves:** Tomate, plaguicidas organofosforados, alimentos, cromatografía.

## SUMMARY

Organophosphate pesticides have been widely used in agriculture for more than fifty years by providing economic and effective treatments for many types of crops. However, some residues of these pesticides have some characteristics which permit them to persist in food; therefore, this situation constitute an important risk for the human health.

This research work is concerned upon Organophosphate pesticides determination, such as Ethion, Malathión, Chlorpyrifos, Dimethoate, Diazinon, and Methyl Parathion, in tomatoes samples which were purchased at markets and supermarkets from La Paz city.

These Organophosphate pesticides were determined by using a liquid-liquid extraction and an analytic determination process through Gas Chromatography; as well as, it was used a nitrogen-phosphorus detector to make detection of these pesticides.

It was analyzed 40 samples at Food Toxicology laboratory from the National Institute Health Laboratories, 8 of these samples were purchased from supermarkets and 32 were purchased from markets. The 50% of these 32 samples presented a contamination with Chlorpyrifos and Dimethoate residues, 9 of them exceeded the Residue Maximum Limit (RML) of 0,5 mg/kg for Chlorpyrifos and 1,0 mg/kg for Dimethoate pesticides. These residues maximum limits values were obtained by the 2002 Codex Alimentarius.

Also, I could find out that the tomatoes samples, which exceeded the Residue Maximum Limit, are from the Yungas zone.

**KEY WORDS:** Tomato, Pesticides, Organophosphorous, Food, Chromatography

# INDICE

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	1
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN</b>	4
<b>1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	6
<b>1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	7
<b>1.5 OBJETIVOS</b>	8
<b>1.5.1 OBJETIVO GENERAL</b>	8
<b>1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	8
<b>1.6 HIPOTESIS</b>	9
<b>1.6.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LA HIPÓTESIS</b>	9
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	11
<b>2.1 ORIGEN DEL TOMATE</b>	11
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE</b>	12
<b>2.2.1 Descripción</b>	12
<b>2.3 FACTORES QUE AFECTAN AL DESARROLLO DE LA PLANTA</b>	14
<b>2.4 PROPIEDADES DEL TOMATE</b>	14
<b>2.5 MANEJO DEL CULTIVO</b>	14
<b>2.5.1 Preparación y Manejo de Almaciguera</b>	15
<b>2.5.2 Plantación</b>	16
<b>2.5.3 Manejo y Cuidado del Cultivo</b>	17
<b>2.5.4 Recolección</b>	18
<b>2.6 VARIEDADES DE TOMATES PRODUCIDAS EN BOLIVIA</b>	19
<b>2.7 PLAGAS ESPECÍFICAS DE LOS CULTIVOS DE TOMATES</b>	19
<b>2.8 CONTROL QUÍMICO</b>	21
<b>2.9 PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS</b>	22
<b>2.9.1 Clasificación de los Plaguicidas Según el Grado de Toxicidad</b>	23

2.9.2	Clasificación de los Plaguicidas según el Modo de Acción	24
2.9.3	Tipos de Plaguicidas Organofosforados	24
2.10	VÍAS DE INGRESO AL ORGANISMO	25
2.11	EFFECTOS ADVERSOS A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE	25
2.11.1	EFFECTOS ADVERSOS A LA SALUD	25
2.11.2	EFFECTOS ADVERSOS AL MEDIO AMBIENTE	28
2.12	UTILIZACIÓN DE PLAGUICIDAS EN BOLIVIA	30
2.13	CONTROL ANALÍTICO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS	31
2.14	LÍMITES MÁXIMOS PARA RESIDUOS DE PLAGUICIDAS (L.M.R)	32
2.15	MONITOREO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS	33
2.16	ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA DE GASES	34
III.	MÉTODO	36
3.1	CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.2	UNIVERSO Y MUESTRA	36
3.2.1	Universo	36
3.2.2	Muestra	36
3.3	PROCEDIMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRA	36
3.4	TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS	37
3.4.1	Materiales y Equipos	37
3.4.2	Reactivos	38
3.4.3	Preparación de Estándares de Plaguicidas	39
3.4.4	Curvas de Calibración	39
3.4.5	Método de Extracción de Plaguicidas	42
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN TOMATES (PRIMERA COLECTA)	51
4.2	ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN TOMATES (SEGUNDA COLECTA)	56
4.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS DOS COLECTAS DE LAS MUESTRAS DE TOMATES	62

V.	CONCLUSIONES	69
VI.	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
CUADRO 1	PLAGA: GALLINA CIEGA	20
CUADRO 2	PLAGA: MOSCA BLANCA	21
CUADRO 3	PLAGA: PULGÓN	21
CUADRO 4	PLAGA: TRIPS	21
CUADRO 5	PLAGUICIDAS SEGÚN EL GRADO DE TOXICIDAD	23
CUADRO 6	PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS	24
CUADRO 7	VALORES DE IDA Y LMR PARA LOS PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN ESTUDIO	33
CUADRO 8	TÉCNICAS DE ANÁLISIS UTILIZADAS PARA LA MONITORIZACIÓN DE PLAGUICIDAS	34
CUADRO 9	CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS	45
CUADRO 10	PORCENTAJE DE CONTENIDO DE AGUA, GRASA Y AZUCAR DE LOS ALIMENTOS	47
CUADRO 11	MUESTREO PRIMERA COLECTA DE MUESTRAS DE TOMATES REALIZADO EN FEBRERO DE 2008	51
CUADRO 12	CONCENTRACIÓN DE CLORPIRIFOS Y/O DIMETOATO ENCONTRADOS EN MUESTRAS DE TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	53
CUADRO 13	RESIDUOS DE CLORPIRIFOS ENCONTRADOS EN TOMATES SOBRE EL LÍMITE MÁXIMO RESIDUAL	54
CUADRO 14	RESIDUOS DE DIMETOATO ENCONTRADOS EN TOMATES QUE SOBREPASAN EL LÍMITE MÁXIMO RESIDUAL	55
CUADRO 15	MUESTREO SEGUNDA COLECTA JUNIO 2008	57
CUADRO 16	MUESTRAS DE TOMATES QUE CONTIENEN	

	RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO QUESE COMERCIALIZAN EN LA CIUDAD DE LA PAZ	59
CUADRO 17	MUESTRAS DETECTADAS CON CLORPIRIFOS SOBRE EL LÍMITE MÁXIMO RESIDUAL	60
CUADRO 18	MUESTRAS DE TOMATES CON RESIDUOS DE DIMETOATO SOBRE EL LMR	61
CUADRO 19	CANTIDAD DE TOMATES ADQUIRIDOS DE MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	62

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Pág.
GRÁFICO 1	CURVA DE CALIBRACIÓN CLORPIRIFOS	41
GRÁFICO 2	CURVA DE CALIBRACIÓN DIMETOATO	41
GRÁFICO 3	PORCENTAJE DE MUESTRAS POSITIVAS DONDE SE DETECTAN RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS SOBRE UN TOTAL DE 20 MUESTRAS ANALIZADAS	52
GRÁFICO 4	PORCENTAJE DE RESIDUOS DE ORGANOFOSFORADOS ANALIZADOS EN TOMATES	54
GRÁFICO 5	RESIDUOS DE CLORPIRIFOS ENCONTRADOS EN TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	55
GRÁFICO 6	RESIDUOS DE DIMETOATO ENCONTRADOS EN TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	56
GRÁFICO 7	PORCENTAJE DE MUESTRAS POSITIVAS DONDE SE DETECTAN RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS SOBRE UN TOTAL DE 20 MUESTRAS ANALIZADAS	58
GRÁFICO 8	PORCENTAJE DE RESIDUOS ORGANOFOSFORADOS ANALIZADOS EN TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	60
GRÁFICO 9	RESIDUOS DE CLORPIRIFOS SOBRE EL LÍMITE MÁXIMO RESIDUAL ENCONTRADOS EN MUESTRAS DE TOMATES	61
GRÁFICO 10	RESIDUOS DE DIMETOATO ENCONTRADOS	62

	EN TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	
GRÁFICO 11	CANTIDAD DE MUESTRAS RECOLECTADAS DE MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	63
GRÁFICO 12	DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS DETECTADOS SOBRE UN TOTAL DE 40 MUESTRAS COLECTADAS DE LOS MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	63
GRÁFICO 13	DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO EN EL TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS	64
GRÁFICO 14	MUESTRAS CONTAMINADAS CON RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO	65
GRÁFICO 15	COMPARACIÓN DE RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO ENCONTRADOS EN AMBAS COLECTAS DE TOMATES	66
GRÁFICO 16	LUGAR DE PROCEDENCIA DE TOMATES QUE CONTIENEN RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS	66
GRÁFICO 17	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL LUGAR DE PROCEDENCIA DE TOMATES DETECTADOS CON RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO QUE SOBREPASAN LOS LMR	67
GRÁFICO 18	LUGAR DE EXPENDIO DE TOMATES CONTAMINADOS Y TOMATES FUERA DE LÍMITE	68



# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

Pocas son las hortalizas que a nivel mundial presentan una demanda tan alta como el tomate. Su importancia radica en que posee cualidades para integrarse en la preparación de alimentos ya sea cocinado o crudo en la elaboración de ensaladas. La época de recolección se da de acuerdo al hemisferio, en el norte, se centra en los meses de Julio, Agosto, Septiembre y en el sur en los meses de Enero, Febrero y Marzo.

En el periodo 2003-2006, la producción mundial se ha mantenido estable, con un nivel promedio anual de 123,79 millones de toneladas. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), si bien el tomate se cultiva en 169 países tanto para consumo fresco como de la industria, los 17 principales productores en el 2006 concentran el 80,45 % del total mundial. Estos son China, Estados Unidos, Turquía, India, Egipto, Italia, Irán, España, Brasil, México, Federación Rusa, Grecia, Uzbekistán, Ucrania, Marruecos, Chile y Nigeria. A nivel continental, según los reportes de FAO, Asia participa con poco más del 50 %, seguida de América con 20 %, Europa 15 % y el resto proviene de Oceanía y África.<sup>1</sup>

Durante el periodo analizado, China ha sido el principal productor mundial de tomate en el mundo al promediar 30,57 millones de toneladas anuales (25 % del total mundial), seguida de los Estados Unidos de América con 11,37 millones de toneladas (9 % del total mundial). Turquía produce anualmente cerca de 9,70 millones de toneladas (8 % del total mundial), India 8,24 millones de toneladas (de la producción mundial), Egipto participa en promedio con 7,50 millones de toneladas anuales (6 % del total mundial), y finalmente Italia que produce en promedio 6,97 millones de toneladas anuales (6 5 del total mundial).

---

<sup>1</sup> Producción Mundial del Tomate. [www.mfic.gob.docusshared/web/tomate/Septiembre 2007](http://www.mfic.gob.docusshared/web/tomate/Septiembre%202007). (Noviembre, 2008)

En relación a las áreas cultivadas en el periodo analizado se encuentra un promedio de 4,49 millones de hectáreas dedicadas al cultivo del tomate.

El tomate en fresco se consume principalmente en ensaladas, frito o como pasta de tomate. De acuerdo a los reportes de la FAO, los mayores consumidores son: Grecia, Egipto, Turquía, Italia, Estados Unidos quien es uno de los principales importadores a nivel mundial del tomate ha incrementado su consumo per cápita de tomates frescos en un 18 % desde 1990, a 20 libras por persona anuales.

Según datos de la FAO para el 2005, en la región Centroamérica se tiene que el mayor consumidor es Costa Rica con un promedio de 70 gramos al día per cápita, en segundo y tercer lugar se encuentra El Salvador y Guatemala con 37 gr./día/persona, en cuarto lugar está Honduras con 25 gr./día/persona y por último lugar se encuentra Nicaragua con un promedio de 2 gramos al día por persona.<sup>2</sup>

En Latinoamérica, los países con mayor tasa anual de incremento en el consumo de tomates son Uruguay (14,3 %), Perú (11,5 %) y Chile (10 %).<sup>3</sup>

En Bolivia la producción estimada de tomate por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a nivel nacional es de 134,18 toneladas métricas (respecto al año 2006-2007). Siendo el departamento de Santa Cruz el de mayor producción correspondiente a 118.805 toneladas métricas, Cochabamba con 4.207, La Paz con 3.845, Tarija 3.598, Beni 328 y Potosí con 562 toneladas métricas.<sup>4</sup>

El cultivo de tomates en Bolivia está destinado para fines doméstico e industrial. El consumo como tomate fresco es significativo para el uso domestico, estimándose en 0,028 kg./día/persona. Aproximadamente el 25 % de tomates de procedencia nacional se comercializan en supermercados, mientras que el restante 75% se vende en mercados populares.

El cultivo de tomates se ve afectado especialmente por una alta incidencia de plagas

---

<sup>2</sup> [www.mific.gob.ni:81/docushare/dsweb/.../Ficha/Tomate/Noviembre](http://www.mific.gob.ni:81/docushare/dsweb/.../Ficha/Tomate/Noviembre) 2007. [Noviembre 2008]

<sup>3</sup> Consumo Mundial de Frutas, Hortalizas, Miel y Bebidas alcohólicas. [www.saber.ula.ve/bitstream/](http://www.saber.ula.ve/bitstream/) Noviembre 2001. [Noviembre 2008]

<sup>4</sup> Unidad de Información, Estudios y Políticas de Desarrollo Rural Sostenible. DGDR-VMDR-MDRA y MA.

que inciden en el rendimiento y la calidad de los frutos por lo que, se hace uso de gran cantidad de plaguicidas, muchos de ellos altamente tóxicos para lo cual se requieren medidas estrictas de control respecto de su aplicación con el fin de asegurar una adecuada protección a la salud humana, animal y al medio ambiente en general.<sup>5</sup>

Un reciente estudio efectuado por el proyecto PLAGBOL (Plaguicidas en Bolivia) indica que el 55 por ciento de los tomates que se consumen en Bolivia se encuentran contaminados por estos químicos.<sup>6</sup>

Las listas de niveles máximos permitidos de residuos de plaguicidas en los alimentos, emitidas por el Comité del Códex Alimentarius se consideran la mejor referencia en este sentido.

En general el uso de plaguicidas es una cuestión complicada y la responsabilidad del control debe estar en manos de las autoridades oficiales. Sin embargo, lo que debe preocupar a las autoridades en salud es el nivel máximo de residuos de plaguicidas en alimentos destinados al consumo humano que debe monitorearse continuamente mediante técnicas de laboratorio.

---

<sup>5</sup> Ríos, Omar. Manejo Integrado y Convencional de los Principales Insectos Plaga en el Cultivo de Tomate "*Lycopersicon esculentum Mill*" en Santa Ana de Caranavi, La Paz Bolivia. 2005

<sup>6</sup> PLAGBOL. Proyecto Plaguicidas en Bolivia . Salud Agricultura y Medio Ambiente <http://plagbol.org.bo>.Junio 2009 [Julio 2009]

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El uso indiscriminado e informal de plaguicidas en el cultivo de tomate para controlar el ataque de plagas como la Gallina Ciega (*Phyllophaga spp.*) y otras, sumado a las deficiencias operativas en las prácticas agrícolas tales como la cosecha antes del intervalo de seguridad, después de la última aplicación de plaguicidas, puede provocar la presencia de residuos de estos compuestos, a niveles que sobrepasan el límite máximo de residuos.

Esta situación es motivo de preocupación ya que nuestro país carece de mecanismos para detectar y cuantificar los efectos tóxicos resultantes a largo plazo debido al consumo cotidiano de alimentos que contienen residuos de plaguicidas, constituyendo un riesgo toxicológico para los consumidores. Asimismo, puede darse una posible pérdida de mercado y de oportunidades comerciales ya que como es de gran conocimiento, el tomate es uno de las hortalizas de mayor consumo por sus atributos nutricionales.

Ante la necesidad de tener conocimiento de los niveles de residuos de plaguicidas en el tomate para consumo con fines de precautelar la salud humana, se hace necesario contar con análisis de laboratorio por medio de una metodología analítica confiable y eficaz. Estos plaguicidas deben ser evaluados para tomar en cuenta si su concentración se adecua a los límites permisibles establecidos en las normas internacionales (*Códex Alimentarius*) que permitan garantizar la salud de los consumidores y de esta manera incentivar el consumo de esta hortaliza por sus cualidades nutritivas y oportunidades productivas.

El presente trabajo de investigación se justifica porque permitirá detectar a través de una técnica de ensayo los niveles de residuos de plaguicidas en tomates que son comercializados y consumidos por la población de la ciudad de La Paz, por medio de la cromatografía de gases a efecto de comparar con los límites máximos residuales establecidos.

En base a los datos analíticos obtenidos, los organismos involucrados en inocuidad

alimentaria como el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG) y la Unidad de Vigilancia y Control de Calidad (UVCCIA) dependiente del Ministerio de Salud y otras instituciones involucradas en el tema, podrán adoptar políticas y establecer mecanismos de control con el propósito de regular el uso de plaguicidas y garantizar su correcta manipulación en cultivos del tomate a fin de reducir los efectos toxicológicos en la salud del consumidor.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tomate es una de las hortalizas más cultivadas y un componente significativo de la dieta humana en referencia a los hábitos alimenticios de la población de la ciudad de La Paz y su demanda para su consumo aumenta continuamente.

Debido a que los cultivos de tomate presentan ataques de diferentes plagas, los mismos son fumigados con plaguicidas, especialmente por organofosforados que llegan hasta los agricultores sin ningún tipo de control en la importación, comercialización y manipulación.

Asimismo, la normativa boliviana vigente sobre plaguicidas no contempla adecuadamente aspectos técnicos (pruebas de laboratorio) y administrativos en torno a su manejo. Esto repercute sobre todo en el ingreso de pesticidas altamente tóxicos, como aquellos que no tienen cabida en otros mercados pero que forman parte del registro legal del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG). La importación ilegal también sobrepasa la capacidad del Control Operativo Aduanero (COA) dependiente de la Aduana Nacional.

Por la frecuencia de las aplicaciones del plaguicida sobre los tomates, existe un proceso que puede llevar en un tiempo variable a su transformación y/o degradación parcial o total, pudiendo de esta manera dejar que los tomates adquieran un sabor y olor característicos de la presencia residual de plaguicidas, cuya ingestión puede afectar la salud humana.

Si se considera un consumo estimado de tomates de 1,0 kg/semana para una familia compuesta por cinco personas, el consumo de cada persona y por día será de 0,028 kg/día, lo que significa que existe la probabilidad de que se produzcan efectos tóxicos a largo plazo pudiendo originar daño al sistema nervioso central, efectos mutagénicos, cáncer y su magnitud dependerá de la dosis y de las características de cada sustancia presente en la hortaliza.

Dadas las condiciones de cultivo de tomate en Bolivia, la disponibilidad de plaguicidas nocivos a la salud y los índices de consumo del producto, es potencial

que el tomate producido y consumido en Bolivia, de manera general y particularmente en la ciudad de La Paz, contenga elementos químicos nocivos para la salud del consumidor. Por tanto, existe una amenaza a la salud de la población por el consumo de tomate ya que se evidenciaría presencia de residuos de plaguicidas.

A efecto de evidenciar y cuantificar el problema anteriormente descrito, el presente trabajo de investigación contempla la realización de análisis de laboratorio para efectuar la detección y cuantificación de residuos de plaguicidas persistentes en tomates comercializados, planteando de esta manera resultados para ser tomados en cuenta por los organismos de control para asumir con la responsabilidad de garantizar que este producto cumpla con los límites establecidos por el Códex Alimentarius.

#### **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

***Los tomates comercializados en los mercados y supermercados en la ciudad de La Paz contienen residuos de plaguicidas organofosforados que sobrepasan los límites máximos residuales establecidos por el Códex Alimentarius para el consumo humano.***

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la presencia de plaguicidas organofosforados (Clorpirifos, Etión, Malatión, Diazinón, Metil paratión y Dimetoato) en tomates comercializados en la ciudad de La Paz por medio de Cromatografía Gases.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar y cuantificar residuos de plaguicidas Organofosforados en tomates comercializados en la ciudad de La Paz por medio de Cromatografía Gaseosa.
- Comparar los resultados obtenidos de residualidad de plaguicidas en tomate, con respecto a los estándares internacionales establecidos por el Códex Alimentarius.
- Generar información para permitir a los organismos involucrados en inocuidad alimentaria adoptar políticas y establecer mecanismos de control con el propósito de regular el uso de plaguicidas y garantizar su correcta manipulación en cultivos del tomate a fin de reducir los efectos toxicológicos en la salud del consumidor.



## 1.6 HIPÓTESIS

“No todos los tomates comercializados en los mercados y supermercados en la ciudad de La Paz contienen residuos de plaguicidas organofosforados que sobrepasan los límites máximos residuales establecidos”.

### 1.6.1 OPERACIONALIZACION DE LA HIPÓTESIS

Variable	Clasificación	Niveles	Descripción	Indicador
Plaguicida Organofosforado Clorpirifos	Variable Cuantitativa	0 - 0.5 ppm	Concentración residual de Clorpirifos dentro de los límites máximos residuales.	Muestras de tomates con presencia de clorpirifos con concentraciones dentro de los límites establecidos/Total de tomates analizados
		> 0.5 ppm	Concentración de clorpirifos por encima de los límites establecidos	Muestras de tomates con concentraciones que sobrepasan los límites establecidos/Total de tomates analizados
Plaguicida Organofosforado Etión	Variable Cuantitativa	0 - 0.2 ppm	Concentración residual de Etión dentro de los límites máximos residuales.	Muestras de tomates con presencia de Etión con concentraciones dentro de los límites establecidos/Total de tomates analizados
		> 0.2 ppm	Concentración de Etión por encima de los límites establecidos	Muestras de tomates con concentraciones que sobrepasan los límites establecidos/Total de tomates analizados
Plaguicida Organofosforado Dimetoato	Variable Cuantitativa	0 - 1.0 ppm	Concentración residual de Dimetoato dentro de los límites máximos residuales.	Muestras de tomates con presencia de dimetoato con concentraciones dentro de los límites establecidos/Total de tomates analizados
		> 1.0 ppm	Concentración de Dimetoato por encima de los límites establecidos	Muestras de tomates con concentraciones que sobrepasan los límites establecidos/Total de tomates analizados

Plaguicida Organofosforado Diazinón	Variable Cuantitativa	0 - 0.5 ppm	Concentración residual de Diazinón dentro de los límites máximos residuales.	Muestras de tomates con presencia de Diazinón con concentraciones dentro de los límites establecidos/Total de tomates analizados
		> 0.5 ppm	Concentración de Diazinón por encima de los límites establecidos	Muestras de tomates con concentraciones que sobrepasan los límites establecidos/Total de tomates analizados
Plaguicida Organofosforado Malatión	Variable Cuantitativa	0 - 3.0 ppm	Concentración residual de Malatión dentro de los límites máximos residuales.	Muestras de tomates con presencia de malatión con concentraciones dentro de los límites establecidos/Total de tomates analizados
		> 3.0 ppm	Concentración de Malatión por encima de los límites establecidos	Muestras de tomates con presencia de Malatión con concentraciones que sobrepasan los límites establecidos/Total de tomates analizados
Plaguicida Organofosforado Metil- Paratión	Variable Cuantitativa	0 - 1.0 ppm	Concentración residual de Metil paratión dentro de los límites máximos residuales	Nuestras de tomates con presencia de metil-paratión con concentraciones dentro de los límites establecidos/Total de tomates analizados
		> 1.00 ppm	Concentración de Metil paratión por encima de los límites establecidos	Muestras de tomates con concentraciones que sobrepasan los límites establecidos/Total de tomates analizados

Fuente: Elaboración propia

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ORIGEN DEL TOMATE**

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que hoy comparte Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En esta área crecen espontáneamente las diversas especies del género. También en esta zona muestra pero parece que fue en México donde se domesticó, creciendo entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá.<sup>7</sup>

Según el libro "El tomate en América", el tomate se originó muy probablemente en las tierras altas de la costa occidental de Sudamérica. Investigaciones posteriores han precisado que esta y otras hortalizas se cultivaron en forma continua por las culturas que florecieron en los Andes desde tiempos preincaicos. Estas investigaciones coinciden en asignar el origen del tomate a esta zona apoyada no sólo en la antigüedad de las evidencias arqueológicas registradas en los ceramios prehispánicos hallados en la zona norte del actual Perú, sino también a la gran cantidad de variedades silvestres que se pueden hallar aún en campos y zonas eriazas de esta parte de Sudamérica. El tomate viajó a Europa desde Tenochtitlan, capital del imperio azteca, después de la conquista de los españoles, donde se le conocía como xitomatl, "fruto con ombligo". Si bien ambos centros de origen del tomate cultivado, Perú y México, han sido postulados y se ha proporcionado evidencia en uno u otro sentido, no existen pruebas concluyentes que apoyen de manera incontrovertida uno de tales sitios como el lugar donde el tomate ha sido domesticado a partir de su ancestro silvestre.

---

<sup>7</sup> Smith, Andrew F. The tomato in America: early history, culture, and cookery. University of South Carolina Press, Columbia, S.C, USA. 1994.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE

### 2.2.1 Descripción

La tomatara es una planta originaria de América y cultivada en todo el mundo por su fruto comestible, llamado tomate (o jitomate en el sur y centro de México). El tomate es una baya muy coloreada, típicamente de tonos que van del amarillento al rojo, debido a la presencia de los pigmentos licopeno y caroteno. Posee un sabor ligeramente ácido, mide de 1 a 2 cm de diámetro en las especies silvestres, y es mucho más grande en las variedades cultivadas.<sup>8</sup>

Se caracteriza por ser una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta, y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitadas en las variedades indeterminadas.<sup>9</sup>

**Familia:** Solanaceae.

**Especie:** *Lycopersicon esculentum* Mill.

**Sistema radicular:** raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes).

**Hoja:** compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis

---

<sup>8</sup> Solanum Lycopersium – Wikipedia, la Enciclopedia Libre. www. wikipedia.org. 2009 (Junio 2009]

<sup>9</sup> Rick, Charles .M. The Tomato. Sci. Amer., Editorial Board. United States of America 1978.

inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal.

**Flor:** es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de  $135^\circ$ , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre M y G; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

**Fruto:** baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto.

La planta se desarrolla bien en un amplio rango de latitudes, tipos de suelos, temperaturas y métodos de cultivo, y es moderadamente tolerante a la salinidad.

Prefiere ambientes cálidos con buena iluminación y drenaje. La exposición prolongada a temperaturas inferiores a  $10^\circ\text{C}$ , la escarcha, una iluminación diurna inferior a las 12 hrs, un drenaje deficiente o un abonado nitrogenado excesivo le afectan desfavorablemente.

## **2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LA PLANTA**

El desarrollo de la planta depende de numerosos factores, entre los que cabe mencionar la variedad, la iluminación, la temperatura, la nutrición, el suministro de agua y la concentración de CO<sub>2</sub>, que actúan en un complejo entramado de interacciones. En los cultivos al aire libre, la posibilidad de modificar algunos de estos factores es muy limitada, si bien la introducción de técnicas como el riego del goteo permite mejoras importantes. El empleo de invernaderos posee unas posibilidades mucho más amplias para la optimización de dichos factores y la introducción de los sistemas controlados mediante ordenador permiten regular la temperatura de las raíces y el aire, el suministro de agua y elementos minerales, así como la concentración de CO<sub>2</sub> en cada momento, de acuerdo con las necesidades de la planta. El desarrollo de estos sistemas no sólo por razones de tipo económico, sino también por la insuficiencia de los conocimientos disponibles sobre los mecanismos que regulan el desarrollo vegetativo de la planta.<sup>10</sup>

## **2.4 PROPIEDADES DEL TOMATE**

El tomate es un alimento con escasa cantidad de calorías. De hecho, 100 gramos de tomate aportan solamente 18 kcal. La mayor parte de su peso es agua y el segundo constituyente en importancia son los hidratos de carbono. Contiene azúcares simples que le confieren un ligero sabor dulce y algunos ácidos orgánicos que le otorgan el sabor ácido característico. El tomate es una fuente importante de ciertos minerales (como el potasio y el magnesio). De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5 y la vitamina C. Presenta también carotenoides como el licopeno (pigmento que da el color rojo característico al tomate). La vitamina C y el licopeno son antioxidantes con una función protectora de nuestro organismo. Durante los meses de verano, el tomate es una de las fuentes principales de vitamina C.<sup>11</sup>

## **2.5 MANEJO DEL CULTIVO**

---

<sup>10</sup> Picken, A.J.F, Stewart, K., Klapwijk, D. Germination and vegetative development. En "Atherton, J. G.; Rudich, J. (Eds). The Tomato Crop. Chapman and Hall Ltd., New York. 1986.

<sup>11</sup> Gebhardt, S. & Thomas, R. 2002. Nutritive Value of Foods. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, Home and Garden Bulletin Number 72, Nutrient Data Laboratory, Beltsville, Maryland. 2002.

Es el manejo de todos los recursos (trabajo, tierra y capital) a través de la implementación de prácticas adecuadas y sostenibles con el objetivo de producir tomates sanos para el consumo de toda la población tomando en cuenta cada una de las etapas de desarrollo.<sup>12</sup>

### **2.5.1 Preparación y Manejo de Almaciguera.**

En esta primera etapa el objetivo es la obtención de plantas sanas y fuertes que sean capaces de resistir el ataque de plagas y enfermedades. Para esto se debe:

Primero: Se debe ubicar la almaciguera en la parcela para facilitar el cuidado y manejo de las plantitas.

Segundo: Se debe preparar el suelo de la almaciguera para facilitar el desarrollo de las plantitas.

Tercero: Desinfectar el suelo de la almaciguera para eliminar a los insectos plaga, hongos y semillas de malas hierbas que viven o están en el suelo.

Cuarto: Se debe sembrar adecuadamente en la almaciguera para favorecer la germinación y así no echar a perder la semilla. Para esto es necesario:

- a) Utilizar la mejor semilla, es decir que sea limpia, pura, sana y de buena calidad.
- b) Afina (mullir), nivelar y regar la almaciguera un día antes de sembrar
- c) Marcar los surquitos en la almaciguera (a lo ancho y no a lo largo), dejando por lo menos un espacio de 5 centímetros entre cada surquito.
- d) Colocar las semillas en los surquitos utilizando 2 gramos por metro cuadrado, teniendo en cuidado que no queden ni muy estrechas ni muy ralas.

---

<sup>12</sup> Huici, O. Proyecto-PLAGBOL. Manejo sostenible del cultivo de tomate. La Paz-Bolivia 2005.

- e) Tapar las semillas con poca tierra y apretar el suelo suavemente con la palma de la mano para que estas puedan germinar sin dificultad.
- f) Cubrir la almaciguera (por ejemplo con paja), esto no ayuda a mantener la humedad del suelo, proteger del sol y evitar que los pájaros y ratones se coman las semillas.
- g) Regar la almaciguera con mucho cuidado, al principio con poco agua y frecuentemente. Una vez que las plantitas germinen los riegos deben ser más espaciado y con más agua. Es mejor regar en horas de la mañana o de la tarde.
- h) Retirar la paja cuando las plantitas han germinado, esto debe hacerse poco a poco y con mucho cuidado. Es mejor hacerlo por la tarde para evitar que el sol las mate.
- i) Sacar las malas hierbas y aquellas plantitas que se encuentren en mal estado, es una tarea que se debe realizar durante todo el tiempo que dure el almácigo.

### **2.5.2 Plantación.**

El objetivo en esta etapa es lograr que la parcela tenga la mayor cantidad de plantas sanas y productivas para esto se debe realizar lo siguiente:

Primero:

- a) Preparar adecuadamente las plantitas para que se prendan rápidamente en la parcela. Para esto es necesario:
  - b) Dejar de regar la almaciguera por lo menos 2 días antes de realizar el transplante.
  - c) Al momento de transplantar volver a regar la almaciguera con abundante agua



Así las plantitas recobran su fuerza y prenden más rápido.

Segundo:

- a) Una vez preparado el terreno, marcar los surcos o cavar los hoyos en la parcela; las distancias entre surcos y hoyos deben ser menores en época seca (60 a 80 centímetros) y mayores en época de lluvias (80 a 100 centímetros).
- b) Regar adecuadamente la parcela para que las plantas tengan la suficiente cantidad de agua que facilite su prendimiento.
- c) Escoger las mejores plantas (sanas y fuertes), es decir aquellas que tengan 4 o 6 hojas verdaderas ó un tamaño de 15 centímetros.
- d) Sacar las plantas con mucho cuidado, sin dañar sus raíces y evitando exponerlas al sol.
- e) Plantar 2 ó 3 plantas en cada lugar con las raíces lo más rectas posible.
- f) Una vez realizado el transplante regar la parcela con mucho cuidado, evitando lo encharcamientos y el arrastre de tierra y plantas.
- g) Más o menos a los 5 ó 7 días después del transplante debemos sacar las plantas que no hayan prendido o estén en mal estado, dejando solamente la mejor.

### **2.5.3 Manejo y cuidado del cultivo.**

El objetivo es garantizar un adecuado y normal desarrollo de las plantas en la parcela. Para esto se debe realizar lo siguiente:

1. Al día siguiente de la plantación es necesario fumigar la parcela con un insecticida natural a base de ajo para evitar que los grillos corten las plantas.

2. Después de fumigar es necesario colocar en la parcela trampas de color y trampas de luz para evitar que los insectos plaga que atacan al cultivo durante el día o la noche aumenten y causen daños en las plantas.
3. Más o menos a los 5 días después del transplante se debe rociar el suelo con un fertilizante como por ejemplo té de estiércol para dar nutrientes (alimento) a las plantas.
4. Más o menos a los 15 a 20 días después del transplante se debe realizar una poda de formación en las plantas.
5. Después de terminar con la poda de formación es necesario fumigar la parcela con un fungicida como por ejemplo Caldo Bordelés para proteger al cultivo de las enfermedades (kasawis) que pueden aparecer y entrar por las heridas causadas a la planta.
6. Más o menos a los 10 día después de la poda de formación es necesario realizar el primer aporque (amontonar tierra alrededor de la planta) para que aparezcan nuevas raíces en todo el cultivo se pueden hacer 2 a 3 aporques.
7. Al momento de aporcar, incorporar en la parcela estiércol descompuesto (por lo menos 4 kilos por metro cuadrado), de ésta manera mejoramos nuestro suelo y damos nutrientes (alimento) a las plantas.
8. Más o menos a los 90 ó 100 días después del transplante o cuando comienza el cuajado de de los frutos es necesario colocar a cada planta soportes o tutores para evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo.
9. A partir del cuajado de los frutos es necesario fumigar el cultivo con un insecticida (plaguicida o veneno) siempre y cuando la cantidad de insectos plaga como por ejemplo la polilla (thuta) y los gusanos (ticonas) sea mucha. Para esto es necesario:

- a) Elegir el mejor producto, es decir el adecuado y el menos peligrosos (tóxico).
- b) Respetar su dosis (ni más ni menos) y las recomendaciones para el uso y manejo adecuado, las cuales están indicadas en la etiqueta.

10. Más o menos a los 120 a 150 días después del transplante o cuando el fruto toma un color amarillento se debe cosechar.

#### **2.5.4 Recolección**

Más o menos a los 120 a 150 días después del transplante o cuando el fruto toma un color amarillento se debe cosechar. Para esto es necesario:

- a) Desprender el fruto de la planta con mucho cuidado mediante torsión o giro del fruto para que éste quede libre.
- b) Una vez cosechado se debe depositar el fruto con cuidado en un cajón poco profundo y con superficies lisas para evitar daños en los frutos.
- c) Elegir la mejor variedad para la región, tomando en cuenta su rendimiento, adaptabilidad a la zona, hábito de crecimiento, tiempo de maduración y resistencia a plagas y enfermedades.

#### **2.6 VARIEDADES DE TOMATES PRODUCIDAS EN BOLIVIA**

Entre las principales variedades producidas en el país que pueden ser utilizadas con muy buenos resultados tenemos: tomate príncipe gigante, tomate río fuego, tomate río grande, tomate Santa Clara, tomate Urkupiña y tomate conquistador.

#### **2.7 PLAGAS ESPECÍFICAS DE LOS CULTIVOS DE TOMATE**

En los cultivos extensivos de tomate en los Valles de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Chuquisaca, se usa de manera intensiva una gran variedad de plaguicidas.

Además, por características climáticas propias de las regiones tropicales, los monocultivos que son profusamente fumigados, al no contar con los controles naturales, son atacados por una mayor cantidad de plagas perjudiciales, lo que contribuye al aumento en el uso de agrotóxicos en los llanos. A diferencia del Altiplano que es donde se usa la menor cantidad y variedad, de preferencia del tipo insecticida, alta y extremadamente tóxico como el dimetoato y diazinón en la zona tropical de los llanos, se ha podido identificar, en cambio, el uso de herbicidas, fungicidas e insecticidas extremadamente y altamente tóxicos para la salud y el ambiente como por ejemplo: paratión.<sup>13</sup>

En la zona de Comarapa - Santa Cruz se hace uso intensivo e incontrolado de plaguicidas. Se practican sobredosis de mezclas o “cócteles” de los plaguicidas más usados. Todos ellos prohibidos en la mayoría de los países. El tomate es el cultivo más fumigado con estos cócteles, el 95 % de los agricultores usan plaguicidas para el control de las plagas, con un promedio de fumigación de 20 aplicaciones por cosecha (durante 3 meses); incluso se fumiga un día antes de la cosecha. De cualquier manera, la aplicación de pesticidas o fungicidas está sujeta a los cambios climáticos, es decir, en época seca deben combatir la polilla (“Ita”) y durante todo el año la mosca blanca.<sup>14</sup>

En los cuadros siguientes se detallan los diferentes tipos de plagas que afectan los cultivos de tomates y el tipo de control aplicado.

### CUADRO Nº 1 Plaga: Gallina Ciega

Gallina ciega ( <i>Phyllophaga spp.</i> )		
Acciones Curativas		
Control Químico (insecticidas)	Nombre del veneno (i.a)	Nombre Comercial
	a) CARBARYL	a) Kevin 480 Sc; Kevin 850 PM; Carbamax ; Alodrin RB.
	b) CLORPIRIFOS	b) Lorsban 48 EC

Fuente: Huici, O. Proyecto-PLAGBOL. Manejo Sostenible del Cultivo de Tomate. La Paz - Bolivia 2005.

<sup>13</sup> Catastro de Conflictos Ambientales por plaguicidas. Bolivia-Perú-Chile. Edición y Publicación Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. 1º Ed. 1999.

<sup>14</sup> <http://www.Las plagas de cultivos principales en valles mesotérmicos idtr.gov.bo.2002> (Enero 2009)

## CUADRO Nº 2 Plaga: Mosca Blanca

Mosca blanca ( <i>Hemisia tabaco.</i> )		
Acciones Curativas		
	Nombre del veneno (i.a)	Nombre Comercial
Control Químico (insecticidas)	a) DIMETOATO	a) Perfeckthion
	b) DIAZINON	b) Diazol
	c) LUFENURON	c) Match
	d) CIPEMETRINA	d) Cymbush

Fuente: Huici O. Proyecto - PLAGBOL Manejo sostenible del cultivo de tomate. La Paz – Bolivia 2005

## CUADRO Nº 3 Plaga: Pulgón

Pulgón ( <i>Myzus persicae</i> )		
Acciones Curativas		
	Nombre del veneno (i.a)	Nombre Comercial
Control Químico (insecticidas)	a) PERMETRINA	a) Ambusch
	b) CLORPIRIFOS	b) Lorsban 48 EC; Agromil 48 EC.

Fuente: Huici O. Proyecto – PLAGBOL Manejo Sostenible del Cultivo de Tomate. La Paz – Bolivia 2005

## CUADRO Nº 4 Plaga: Trips

Trips ( <i>Frankliniella occidentales</i> )		
Acciones Curativas		
	Nombre del veneno (i.a)	Nombre Comercial
Control Químico (insecticidas)	a) Carbaryl	a) Kevin 480 SC
	b) Clorpirifos	b) Lorsban 48 EC

Fuente: Huici O. Proyecto – PLAGBOL Manejo Sostenible del Cultivo de Tomate La Paz – Bolivia 2005

## 2.8 CONTROL QUÍMICO

El control químico a los cultivos y alimentos es importante pero no indispensable. En general, los plaguicidas se deben aplicar para complementar, más bien que para reemplazar una buena administración y otros métodos de manejo de plagas.

El control químico ha cobrado importancia y se ha considerado como el método más rápido y completo para el control de las plagas y enfermedades y es un componente imprescindible de la agricultura moderna. Por otra parte el comercio de plaguicidas tiende a ser bastante dinámico con nuevos productos que son difundidos a los

agricultores a través del comercio y asistencia técnica.<sup>15</sup>

Asimismo se tienen disposiciones en contra de aquellos plaguicidas prohibidos en los países fabricantes, que sin embargo todavía están siendo importados en países como Bolivia. Por lo tanto dado el daño que los plaguicidas pueden causar y la relativa eficiencia del comercio de estas, por lo tanto es imprescindible un estudio de esta situación.

Los plaguicidas como insumo básico de la agricultura, así como por su manejo y uso, por parte de los agricultores ha dado lugar a diferentes problemas colaterales, como son los daños al medio ambiente, la toxicidad, etc.

## 2.9 PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS

Los plaguicidas organofosforados (POF) son muy tóxicos y liposolubles y su fórmula general deriva del ácido fosfórico, como se aprecia en la estructura química del clorpirifos (Fig.1). Pertenecen a diferentes familias: fosfatos, fosfonatos, fosforodiamidatos, varias de ellas azufradas.<sup>16</sup>

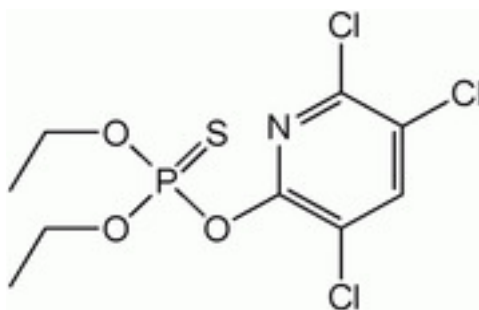


Figura 1 Clorpirifos

Los plaguicidas organofosforados se utilizan para controlar las plagas que atacan los cultivos o eliminar insectos que actúan como vectores de enfermedades. Estos compuestos se desarrollaron en Alemania durante la Segunda Guerra Mundial para sustituir a la nicotina en el control de áfidos. La primera molécula sintetizada,

<sup>15</sup> Debach P. Control Biológico de las Plagas de Insectos y Malas Hierbas. Editorial Continental, S.A. de C.V. México, 1992.

<sup>16</sup> Hayes Wj. Chlorinated hydrocarbons insecticidas, En: Hayes wj, lawes, editors, Pesticidas Studied in Man. San Diego: Academia Press.

tetraetilpifosfato, era muy efectiva como insecticida pero poco apropiada para su uso agrícola por su rápida degradación en el medio ambiente, inconveniente que se resolvió con la introducción del paratión. A partir de la década de 1980 el paratión se convirtió en el organofosforado más utilizado en todo el mundo. Los efectos de estos tóxicos sobre la salud humana varían según la duración de la exposición y la dosis, pudiéndose producir intoxicaciones agudas, crónicas y neuropatía retardada.<sup>17</sup>

Los compuestos organofosforados se han convertido en las sustancias de mayor uso en la actualidad principalmente como insecticidas. Son utilizados en la agricultura, en el hogar, en los jardines y en la práctica veterinaria; debido a sus propiedades físicas, químicas y su gran capacidad de eliminar a las plagas. En nuestro país son los agroquímicos que más se usan.

### 2.9.1 Clasificación de los plaguicidas según el grado de toxicidad

En el cuadro Nº 5 se detalla la clasificación de los plaguicidas según el grado de toxicidad que ha recomendado la Organización Mundial de la Salud (OMS), esta tabla está sujeta a actualizaciones periódicas.<sup>18</sup>

**Cuadro Nº 5 PLAGUICIDAS SEGÚN EL GRADO DE TOXICIDAD**

COLOR DE LA ETIQUETA Y SIMBOLOGÍA	CLASIFICACIÓN	DL 50 PARA RATAS (mg/kg de peso corporal)			
		Via Oral		Vía dérmica	
		Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
ROJO	I a Extremadamente tóxico	<5	<20	<10	<40
ROJO	I b Altamente tóxico	5 a 50	20 a 200	10 a 100	40 a 400
AMARILLO	II Moderadamente tóxico	50-500	200 a 2000	100 a 1000	400 a 4000
AZUL	III Ligeramente tóxico	>500	>1000	>2000	>4000
VERDE	IV Menos tóxico	>2000		>4000	

Fuente: Diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas por plaguicidas Proyecto PLAGBOL La Paz-Bolivia

<sup>17</sup> Saunders DS, Harper C Pesticidas. En: Hayes Aw (ed) Principles and methods of Toxicology. Raven Press, Nueva York, 1994. Repetto M. Toxicología avanzada, Eds. Diaz de Santos, Madrid-España, 1995.

<sup>18</sup> Diagnóstico, Tratamiento, y Prevención de Intoxicaciones Agudas por Plaguicidas Proyecto PLAGBOL La Paz – Bolivia. 2º Ed. 2007

## 2.9.2 Clasificación de los Plaguicidas Según el Modo de Acción

Se clasifican en dos grandes grupos:

### a) Organofosforados de contacto:

Estas sustancias deben ser lo suficientemente estables a las condiciones del medio ambiente y al mismo tiempo tener condiciones físicas adecuadas para ser absorbidas por los tejidos de los insectos que rodean la cutícula, recubrir el canal alimenticio o el sistema traqueal adyacente y luego ser transportados intactas hacia el sitio de acción de los tejidos susceptibles. Entre los compuestos de este tipo tenemos al clorpirifos.

### b) Organofosforados Sistémicos:

Los organofosforados son compuestos que frecuentemente son transformados en cantidades considerables dentro del organismo, ya sea en productos de descomposición menos tóxicos o productos metabólicos. Entre los principales compuestos de este tipo tenemos al metamidofos y dimetoato

## 2.9.3 Tipos de Plaguicidas Organofosforados

En el cuadro Nº 6 se presenta una lista de los más conocidos en nuestro medio.

**Cuadro Nº 6 PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS**

NOMBRE GENÉRICO	NOMBRE COMERCIAL
Fenthio	Baytex
Profenophos	Curacrón
Methamidophos	Metamidofos 600, Tamaron 600, Metagol
Parathion	Paratión, Folidol
Clorpirifos	Lorsban
Monocrotophos	Nuvacrón
Dimetoato	Perfecthion
Malatión	Cythión, Belatión

Fuente: Diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas por plaguicidas Proyecto PLAGBOL  
La Paz-Bolivia



## **2.10 VÍAS DE INGRESO AL ORGANISMO**

Las vías de entrada de los plaguicidas al organismo son a través de: la vía dérmica, la digestiva y la respiratoria. En la población general la vía de absorción más importante es el aparato digestivo a partir de la ingestión de alimentos y agua contaminados.

## **2.11 EFECTOS ADVERSOS A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE**

Todos los plaguicidas son tóxicos para el hombre pueden producir intoxicaciones: las intoxicaciones agudas se producen cuando penetra al organismo una cantidad excesiva de sustancia tóxica en un tiempo corto. Las intoxicaciones crónicas se producen cuando penetran al organismo pequeñas cantidades de sustancia tóxica, repetidas durante largo tiempo.

### **2.11.1 EFECTOS ADVERSOS A LA SALUD**

#### **Efectos agudos**

Son aquellos que se producen en forma inmediata o en un período corto después de la exposición a dosis tóxica (menos a 24 horas) y sus manifestaciones clínicas estarán en estrecha relación con el tipo de plaguicida, grupo químico y mecanismo de acción toxicológica.

#### **Efectos crónicos**

Son aquellas que se producen en un periodo de tiempo prolongado, en días, semanas, meses o incluso años, después de la exposición continua o repetida en a dosis tóxicas bajas y que pueden manifestarse de forma diversa en uno o varios aparatos o sistemas.<sup>19</sup>

El hombre, creador y víctima, no está exento de contaminarse con plaguicidas y

---

<sup>19</sup> Al-Saleh I A. Pesticides: a review article. J. Environmental Pathology . Toxicology and Oncology . 1994.

aunque el organismo tolera algunos niveles de contaminantes no se puede desconocer los efectos crónicos que estos logran producir, especialmente los compuestos organofosforados que ejercen una acción sistémica sobre las especies expuestas (insectos, mamíferos y el hombre).<sup>20</sup>

Se debe tomar en cuenta que el riesgo de contaminación de alimentos en niños es mayor debido a su inmadurez fisiológica, a que se encuentran en período de crecimiento, porque proporcionalmente consumen más alimentos por peso corporal que los adultos y porque entre los alimentos que más consumen sobresalen las frutas y verduras, las cuales contienen los más altos niveles de concentración de residuos de plaguicidas.

Como se expuso anteriormente la población más susceptible es la infantil, los estudios realizados muestran que incluso dosis bajas de organofosforados, afectan el desarrollo del sistema nervioso y el cerebro de niños en crecimiento.

El análisis de más de 80.000 muestras de alimentos examinados por el gobierno federal de los Estados Unidos (en sus departamentos FDA y FAO), para la determinación de residuos de plaguicidas de 1991 hasta 1996, revelan que encontraron 13 insecticidas organofosforados. Los POF`s que presentan mayores riesgos son: metil pration, dimetoato, clorpirifos, metil pirimifos y metil azinfos; los cuales representan más del 90 % del riesgo total de los insecticidas organofosforados en la dieta de infantes y niños.<sup>21</sup>

Según estudios de la Universidad de Granada algunos de los organofosforados más usados (metamidofos, dimetoato, clorpirifos) producen polineuropatía retardada, que acaba en parálisis, así como trastornos neuropsiquiátricos inducidos crónicos, con secuelas como alteraciones de la memoria, de la atención, depresiones, etc.<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> Moffat, C. Environmental Contaminants in Food. England, Academic Press Ltda. 1999.

<sup>21</sup> EWG. Organophosphate Insecticides in Children`s Food, Publicado por Environmental Working Group. 1998.

<sup>22</sup> Hernández, F.; Medina, J.; Pastor, A. Contaminació del Litoral per pesticides organoclorats i metalls pesats; El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana, Monografías 2, Ed. Generalitat Valenciana, 1987.

Un grupo de trabajo especial de la Organización Mundial de la Salud ha estimado que mundialmente ocurren cada año aproximadamente:

- 3,000.000 de intoxicaciones agudas, con unas 220.000 defunciones.
- 735.000 casos de efectos crónicos específicos por exposiciones prolongadas (daño al sistema nervioso central).
- 37.000 casos de efectos inespecíficos (cáncer, etc.).<sup>23</sup>

La exposición a plaguicidas organofosforados puede producir a largo plazo, los siguientes efectos de este tipo:

- Efectos Mutagénicos: En fibroplastos de pulmones embrionarios. Humanos. Por ejemplo en la (mosca de la fruta) con dimetoato.
- Efectos Teratogénicos: Teratogénesis en ratas albinas con fosfamidón.
- Efectos carcinogénicos: Linfoma No Hodking en trabajadores agrícolas que utilizaron diazinón, diclorvos y malatión. Este es aún un tema de discusión en Estados Unidos.<sup>18</sup>

En Bolivia, en el año 2008 se reportó el caso de un bebé nacido con el síndrome de sirenolemia, en la región del Chapare cochabambino, quien falleció luego de que su padre lo retirara del Hospital donde se encontraba internado. Este síndrome se manifiesta en una extraña malformación genética, caracterizada por la fusión de los miembros inferiores y anomalías urogenitales y gastrointestinales. Para los médicos que atendieron el caso, una de las causas de la malformación podría ser que la zona agrícola donde vivía la familia, está permanentemente expuesta al uso de fertilizantes y pesticidas.

Los mayores impactos y efectos en la salud, se dan en zonas de agricultura intensiva y a escala industrial, donde su uso en grandes volúmenes es normal. Tales son los casos del Norte y Este de Santa Cruz, el Chapare, los Valles de Cochabamba, los llanos de Bermejo, Yacuiba y Villamontes, el Valle Central de Tarija y Caranavi en los

---

<sup>23</sup> Christopher, J.H., Rivadeneira, C., Biodiversidad y el Problema Agudo de Pesticidas en Bolivia, Santa Cruz-Bolivia, Mayo 1994.

Yungas de La Paz. Inclusive, existe un uso regular de pesticidas en pequeñas poblaciones al interior de las áreas protegidas, donde su uso debería estar totalmente prohibido.

### **2.11.2 EFECTOS ADVERSOS AL MEDIO AMBIENTE**

Los plaguicidas producen graves daños al medio ambiente debido a las propiedades de toxicidad, estabilidad y persistencia. Estas propiedades son las que facilitan la contaminación de agua, suelo y aire unida a otros factores como los propiciados por el hombre en su afán de dominio de la naturaleza e industrialización; tal como ocurre en las siguientes formas de contaminación.

#### **Contaminación del agua**

Puede producirse por la descarga de líquidos remanentes de la aplicación, desecho de envases vacíos, desplazamiento de los plaguicidas arrastrados por las lluvias hacia los causes, aplicaciones aéreas cercanas a los ríos y lagos y descarga de residuos industriales.

#### **Contaminación del suelo**

Por aplicación directa de plaguicidas en el suelo, goteo desde el vegetal, caída desde el equipo aplicador, desecho de envases vacíos, derrame por accidentes, contaminación de fuentes de agua, fitotoxicidad y por cadenas alimentarias. La evaluación del grado de contaminación del suelo por plaguicidas es de particular importancia, debido a la transferencia de estos contaminantes a los alimentos.

#### **Contaminación del aire**

Se produce por la aplicación aérea no controlada, pérdidas durante el transporte y durante la aplicación y por la evaporación de aguas contaminadas (ríos, lagos, etc.). El movimiento de aire puede desplazar los contaminantes atmosféricos desde sus sitios de origen a largas distancias, como las concentraciones de insecticidas organoclorados encontrados en animales árticos procedentes de Centroamérica.

## **Contaminación de los alimentos con residuos de plaguicidas**

Se considera como residuo de un depósito de plaguicidas a toda sustancia presente sobre el suelo, las plantas o cualquier otro sustrato resultante de la aplicación de un plaguicida. Este término comprende igualmente a todos los productos de degradación o transformación, metabolitos o productos de reacción, susceptibles de tener una cierta importancia toxicológica. Generalmente la concentración de los residuos de plaguicidas son expresados en p.p.m. (partes por millón; miligramos por kilogramo o en p.p.b. (partes por billón: microgramo por kilogramo en Estados Unidos y nanogramo por kilogramo en Europa).

La población en general se expone continuamente a los plaguicidas debido a la contaminación de los alimentos con estos productos. Pueden encontrarse residuos de plaguicidas en los alimentos debido al uso excesivo de plaguicidas en el sector agropecuario, la recolección de los productos agrícolas sin esperar el intervalo de seguridad (o tiempo de carencia) entre la última aplicación de plaguicida y la cosecha y por contaminación durante el almacenamiento, transporte, expendio o la preparación de los alimentos.

La contaminación de los alimentos se presenta especialmente en las etapas finales del desarrollo de los cultivos y durante el almacenamiento de los productos agrícolas. Es frecuente en nuestros agricultores el hábito de fumigar el producto después de cosechado e incluso antes de llevarlo al mercado. El tipo de plaguicidas, la frecuencia en la aplicación a los cultivos y la cantidad utilizada, son factores que determinan el grado de contaminación de los productos cosechados. Se puede afirmar que en la actualidad es frecuente identificar residuos de plaguicidas en los alimentos y en muchos casos se detectan concentraciones de éstos por encima de los límites de tolerancia recomendados por la FAO/OMS.<sup>18</sup>

El Consejo de Defensa de Recursos Naturales (NRDC) también ha calculado que el 50 % o más del riesgo de desarrollar cáncer durante la vida de una persona se deriva del consumo de frutas contaminadas con ciertos plaguicidas carcinogénicos durante los primeros cinco años de vida.

La malnutrición puede aumentar la vulnerabilidad de nuestro organismo a diversos contaminantes ambientales. Ciertas carencias dietéticas en aminoácidos vitaminas y minerales, pueden influir sobre el efecto tóxico de un agente químico.

### **Resistencia de las plagas**

Otro de los problemas ambientales derivado del uso de plaguicidas y que tiene serias repercusiones sobre las posibilidades de controlar las plagas agrícolas o los vectores de enfermedades, es la resistencia. Precisamente son los insectos dañinos en comparación a los insectos benéficos los que mayor resistencia desarrollan y por lo tanto obligan a utilizar cada vez más y más cantidad de plaguicidas y de mayor toxicidad.<sup>18</sup>

## **2.12 UTILIZACIÓN DE PLAGUICIDAS EN BOLIVIA**

En Bolivia la actividad agrícola tiene como principal herramienta de trabajo el uso de plaguicidas, sin importar los efectos negativos que estos puedan causar a la salud y el medio ambiente. Esto se refleja tanto en las cifras de importación y en la variedad de plaguicidas que ingresan al territorio nacional, ya sea en forma legal ó través del contrabando, así como en la forma de aplicación.

Para una superficie aproximada de un millón de hectáreas cultivadas por año según calendario agrícola se vienen utilizando alrededor de 15.000 toneladas de plaguicidas al año, sin tomar en cuenta la cantidad que ingresa por el contrabando. Eso significa que a cada habitante le corresponderían aproximadamente 2 kg de plaguicidas por año, cifra por demás alarmante.

En los últimos 10 años Bolivia ha importado 78 pesticidas, de los cuales el 50% había dejado de ser usado en otros países, e incluso un 20% de ellos estaban prohibidos en el país. De 188 toneladas que se utilizaban en la década de los 70, hoy se usan 12.000 de toneladas de plaguicidas, en un total de 857 compuestos diferentes, de los cuales al menos 70 son obsoletos y están prohibidos en el mundo.

Las zonas rurales del país son las más afectadas por el uso de los agrotóxicos, aunque la contaminación es frecuentemente exportada a las ciudades y centros de consumo a través de los productos agropecuarios.

Un estudio realizado por el Proyecto Plaguicidas en Bolivia (PLAGBOL) demostró que el 90% de los agricultores utilizan principalmente plaguicidas organofosforados pertenecientes a las clases más tóxicas I y II, varios de ellos son prohibidos o restringidos por la convención internacional de la cual Bolivia es parte, incluso algunos son de venta prohibida. Llama la atención la venta de estos productos en tiendas de abarrotes de poblaciones rurales, así como en ferias campesinas, de forma abierta y sin ningún control. A esto se suma el uso indiscriminado, sin considerar las precauciones indicadas, como el uso de ropa y equipo especial. Por otra parte, las cantidades y la frecuencia de uso son arbitrarias, así como la mezcla de compuestos diferentes (“cocteles”), debido a la creciente resistencia de las plagas. En casos extremos los pesticidas se guardan en alacenas junto con los alimentos, y los envases vacíos o con residuos se botan en cualquier lugar, con frecuencia en los ríos, o se los utiliza para guardar otros productos, incluso alimenticios.<sup>24</sup>

En Bolivia, la responsabilidad del registro, control de la importación, distribución, venta, uso y supervisión de los plaguicidas para las actividades agrícolas está regulada y otorgada al Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG) en el Ministerio de Agricultura. Sin embargo debido a la falta de recursos humanos y económicos el SENASAG arrastra la debilidad de no evaluar integralmente los riesgos de salud, medio ambiente y agricultura con las instancias públicas del ramo. (6)

## **2.13 CONTROL ANALÍTICO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS**

Es evidente la necesidad de un riguroso control del uso de los plaguicidas. Este control debe comprender el cumplimiento de normas sobre: productos que se pueden

---

<sup>24</sup> Boletín Informativo Liga de Defensa del Medio Ambiente [www.Lidema.org.bo](http://www.Lidema.org.bo). Junio 2008. (Enero 2009)

aplicar, técnicas y tiempo de aplicación. Sin embargo, la vigilancia final efectiva exige el análisis de los residuos de plaguicidas en los alimentos.

La necesidad de este control ha sido expuesta repetidamente por los científicos y por los organismos responsables de la salud pública de numerosos países. En algunos de ellos, Estados Unidos, Canadá, Alemania, Bélgica y Rusia, existe, como consecuencia de esta necesidad, una legislación especial que determina los residuos permisibles de los distintos plaguicidas sobre productos agrícolas.<sup>25</sup>

Teniendo en cuenta los alarmantes descubrimientos de los riesgos ambientales del uso de plaguicidas, en la década de 1960 surgió el análisis de residuos de plaguicidas en alimentos. Desde ese momento a nivel mundial se han implementado programas de vigilancia y monitoreo de niveles residuales de plaguicidas en alimentos.

#### **2.14 LIMITES MÁXIMOS PARA RESIDUOS DE PLAGUICIDAS (L.M.R.)**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), como comisión mixta establecieron un programa conjunto sobre normas alimentarias llamado “Códex Alimentarius”, el cual establece los límites máximos de residuos (LMRs) en los alimentos y controla los residuos de insecticidas que resultan de su empleo autorizado sobre los alimentos.<sup>26</sup>

Este control de calidad se debería cumplir para la comercialización de productos agrícolas tanto en el ámbito nacional como internacional y su cumplimiento estricto garantizaría que los productos agrícolas lleguen al mercado con niveles de residuos de insecticidas por debajo del LMRs.<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> Alonso-Allende, A. Legislación sobre plaguicidas y residuos de plaguicidas, Editorial C.E..B.A.S. Murcia, 1988.

<sup>26</sup> FAO/OMS. Códex Alimentarius. Residuos de plaguicidas en los Alimentos – Límites máximo de residuos Volumen 2B; Editado por Barry L. Smith, Roma, 2000.

<sup>27</sup> Centro de Comercio Internacional. UNCTAD/GATT. Control de Calidad en la Industria Alimentaria. Manual de Introducción. Ginebra, 1995.



Si bien los plaguicidas y otros productos químicos agrícolas utilizados dan lugar a un aumento sustancial de las producciones de alimentos, también pueden ser la causa de muchos problemas debido a los residuos que quedan en los alimentos. La mayor parte de los países han establecido mediante leyes o reglamentos, qué plaguicidas pueden ser utilizados en sus alimentos. Por ejemplo, una aplicación excesiva de productos químicos o una aplicación demasiado cercana al momento de la cosecha pueden provocar un exceso de residuos en los productos alimentarios.<sup>28</sup>

En el cuadro N° 7, se presenta el Índice Diario Admisible (ADI) y el Límite Máximo Residual (LMR) de los plaguicidas organofosforados bajo estudio en tomates, con base a estos datos se determina el riesgo que presentan los residuos encontrados en alimentos, ya que residuos de plaguicidas en concentraciones superiores al LMR, podrían generar efectos adversos en la salud del hombre especialmente cuando el consumidor es la población infantil.

**Cuadro N° 7 VALORES DE IDA Y LMR PARA LOS PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN ESTUDIO**

Plaguicida	IDA mg/kg de peso corporal	Hortaliza	LMR (mg/Kg)
Clorpirifos	0,01	Tomate	0.5
Etión	0,002	Tomate	2.0
Dimetoato	0,01	Tomate	1.0
Diazinón	0,002	Tomate	0.5
Malatión	0,3	Tomate	3.0
Metil paratión	0,003	Tomate	1.0

Fuente: Residuos de plaguicidas en los alimentos – Límites máximos de residuos Códex Alimentarius Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Organización Mundial de la Salud.

## 2.15 MONITOREO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

Es un proceso de evaluación directa de la contaminación del ambiente, realizado mediante la identificación y medición cuantitativa de los plaguicidas en muestras de

<sup>28</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Análisis de residuos de plaguicidas en laboratorios de inspección alimentaria. Roma 1994.

alimentos, agua, aire y suelo. Para la población general la monitorización de plaguicidas en el agua, los alimentos y el aire es fundamental, dado que representan sus principales fuentes de exposición. En la recolección de muestras para monitorización ambiental debe seguirse un protocolo que garantice su calidad para un adecuado procesamiento en el laboratorio. Dada la multiplicidad de agentes contaminantes y la frecuente carencia de información sobre el uso de plaguicidas en los lugares de estudio, se utilizan métodos de laboratorio llamados «multirresiduos», que determinan de forma selectiva y simultánea concentraciones de compuestos de diversas familias químicas con efectividad y reduciendo el tiempo y el coste. Se han desarrollado y estandarizado una variedad de métodos y técnicas, que van desde la cromatografía de gases hasta la ionización química, útiles en el análisis de agua, aire, tierra o alimentos. En el cuadro Nº 8 se resumen las técnicas usadas en función del tipo de muestra analizada.<sup>29</sup>

**Cuadro Nº 8 TÉCNICAS DE ANÁLISIS UTILIZADAS PARA LA MONITORIZACIÓN DE PLAGUICIDAS**

Prueba de laboratorio	Tipo de muestra ambiental	Tipo de plaguicida a detectar
Cromatografía de gases	Agua, aire, tierra, alimentos	Organofosforados, Organoclorados, carbamatos
Detección por electrón captura	Agua, aire, tierra, alimentos	Organoclorados
Detección de Nitrógeno-Fósforo	Tierra, alimentos	Organofosforados
Espectrometría de masas	Agua, tierra, alimentos	Organofosforados, organoclorados, carbamatos

FUENTE: Ramírez, J. A. y Lacasaña, M. - Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición 2001

Un laboratorio de análisis de residuos de plaguicidas en alimentos necesita utilizar técnicas especiales que requieren personal muy especializado y un instrumental, generalmente muy costoso. En Bolivia esta es una de las causas que limitan la tan necesaria difusión del control analítico de residuos de plaguicidas.

## 2.16 ANÁLISIS POR CROMATOGRFÍA DE GASES

El método más recomendable para el análisis de residuos de plaguicidas, es

<sup>29</sup> Ramírez, J. A. y Lacasaña, M. - Plaguicidas: Clasificación, Uso, Toxicología y Medición de la Exposición. Editorial Asociación Española de Toxicología . España 2001.

la Cromatografía de gases. Las principales ventajas de la cromatografía de gases son: la alta resolución, rapidez, sensibilidad y resultados cuantitativos.

La Cromatografía gaseosa es una técnica basada en la separación de compuestos en función de su volatilidad, por lo que es de primera elección para la determinación de plaguicidas organofosforados ya que mayoritariamente son muy volátiles y termoestables. Es una técnica que tiene un elevado poder de resolución para separar un gran número de compuestos y una sensibilidad adecuada para cuantificar niveles de mg/kg ya que se combina con detectores específicos para los plaguicidas organofosforados como el detector nitrógeno-fósforo.<sup>30</sup>

Una de las principales razones por las que se usa ampliamente la Cromatografía de gases en los análisis, es la sensibilidad que alcanza en la determinación de determinados residuos y el tamaño de la muestra que es requerida. La sensibilidad de la Cromatografía de Gases que puede alcanzar aproximadamente  $1 \times 10^{-12}$  g/seg. Hace de este un método preferido para el análisis de trazas, particularmente de plaguicidas.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> Matsumura, F. Toxicology of insecticides. Editorial Plenum Press, New York. 2º Ed. 1986.

<sup>31</sup> Mc. Nair, H. Cromatografía de gases. Dpto. de Asuntos Científicos y Tecnológicos de la Secretaría General de la OEA, 1981.

### **III. METODO**

#### **3.1 CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Tipo de Estudio: Experimental.

#### **3.2 UNIVERSO Y MUESTRA**

##### **3.2.1 Universo**

Tomates comercializados en mercados y supermercados de la ciudad de La Paz

##### **3.2.2 Muestra**

40 kilos de tomates. El número de muestras tomadas para el presente estudio obedece a limitaciones de los altos costos de los análisis de residuos de plaguicidas en hortalizas por cromatografía gaseosa que utiliza solventes grado analítico, estándares y gases de alta calidad. La colecta fue realizada por funcionarios de la Unidad de Vigilancia Contaminantes e Inocuidad Alimentaria (UVCCIA) quienes dependen del Ministerio de Salud y Deportes hecho que obedece también a limitaciones de orden administrativo que se considera no inciden en los resultados encontrados.

#### **3.3 PROCEDIMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA**

El presente estudio se realizó en el laboratorio de Toxicología de Alimentos del Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA).

Con el fin de analizar el nivel de residuos de plaguicidas organofosforados presentes en los tomates que se comercializan en la ciudad de La Paz, se tomó las muestras de tomates de mercados populares y supermercados como fuentes de comercialización de este producto.

En el momento de acopio de las muestras de tomates; se realizaron encuestas a los vendedores acerca del lugar de procedencia y manipulación de los mismos.

### **Mercados populares:**

Rodríguez, El Tejar, Modelo de Achumani, Yungas, 16 de Julio (Obrajes), Villa Fátima, Sopocachi y adicionalmente un mercado de la Ceja de la ciudad de El Alto. Estos mercados se consideran como intermediarios en la cadena de comercialización de toda clase de vegetales, frutas, hortalizas y demás alimentos, por lo cual la mayoría de estos productos se venden al por mayor y al por menor.

### **Supermercados:**

Ketal, Hipermaxi, Multimás (Fidalga) y Gava Market

Para garantizar que las muestras sean aleatoriamente tomadas se siguió el modelo de procedimiento para la toma de muestras en residuos de plaguicidas dadas por Normas Internacionales del Códex Alimentarius. En la primera colecta se recolectó un total de 20 muestras de tomate (1 kg por cada muestra) en la segunda colecta también se recolectaron 20 muestras haciendo un total de 40 muestras para ser analizadas.

El muestreo en cada uno de los supermercados fue similar al que se realizó en mercados populares.

Las muestras recolectadas en mercados populares como en los supermercados, fueron tomadas en bolsas de polietileno para mantener la muestra libre de contaminación y almacenadas a 4°C para su posterior extracción y análisis.

Todo el proceso de muestreo estuvo a cargo de muestreadores profesionales de la Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria (UVVCIA) dependiente del Ministerio de Salud y Deportes.

## **3.4 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS**

### **3.4.1 Materiales y Equipos**

- Cromatógrafo de gases Perkin Elmer modelo Autosystem con un cromatointegrador modelo Nelson 1022 plus, inyector split/splitless y detector específico NPD (Detector Nitrógeno Fósforo)
- Columna capilar HP 5 de 30 m x 0.53 mm x 1.5  $\mu$ m con fase estacionaria de 5% fenilpropilsiloxano
- Micro jeringa de 2 $\mu$ L Hamilton
- Embudo Büchner de porcelana de 12 cm. de diámetro
- Matraz Kitasato de 500 ml
- Papel filtro
- Bomba de vacío
- Licuadora
- Embudo de separación de un litro con llave de teflón
- Rotavapor
- Viales de 7 ml
- Balones de Rotavapor de 250 ml
- Viales de vidrio ámbar con tapa de teflón
- Balanza analítica
- Matraces aforados de 10 ml clase A
- Matraces aforados de 25 ml clase A
- Micropipetas con puntilla de 20, 200 y 1000
- Pipetas Pasteur
- Pipetas de 10 ml
- Lana de vidrio silanizada
- Vasos de precipitado de 50 y 500 ml
- Probeta de 100 ml
- Espátulas de acero inoxidable
- Navas de vidrio
- Columna cromatográfica de vidrio de 10 cm
- Gases grado cromatográfico:, helio, hidrógeno y aire

### **3.4.2 Reactivos**

- Acetona calidad residuos de plaguicidas (PR)

- Diclorometano calidad residuos de plaguicidas (PR)
- Éter de petróleo 30°-60° calidad residuos de plaguicidas (PR)
- Isooctano calidad residuos de plaguicidas (PR)
- Cloruro de Sodio grado reactivo
- Sulfato de Sodio anhidro granulado grado reactivo
- Agua desionizada
- Estándares de Organofosforados sólidos de pureza mayor o igual a 95%
- Soluciones Stock de 1000 ppm de estándares de organofosforados preparadas a partir de la disolución de los plaguicidas puros en isooctano
- Soluciones Estándares intermedias de 67 ppm de organofosforados preparadas desde la solución Stock de cada organofosforado.
- Soluciones de trabajo de 2,0 ppm preparadas a partir de las soluciones estándares intermedias de los respectivos organofosforados

### **3.4.3 Preparación de Estándares de Plaguicidas**

Se emplearon estándares certificados: Clorpirifos Dimetoato Etión, Malatión Diazinón y Metil paratión, (con 99,5%, 99,5%, 98,7%, 98,5%, 98,7%, 99,5 % de pureza respectivamente) de la marca ChemService. Para su preparación se consideraron los Límites Máximo Residuales de hortalizas como tomate (*Lycopersicum esculentum*) que proporciona el Códex Alimentarius. Se elaboraron soluciones madre de 1000 ppm de cada estándar siguiendo el procedimiento de “Preparación de Soluciones Estándares de Plaguicidas”<sup>32</sup> y a partir de ellas se hicieron una serie de diluciones en isooctano (grado cromatografico) para obtener las concentraciones de 2,0 4,0 y 6,0 ppm que fueron utilizadas en la curva de calibración.

### **3.4.4 Curvas de Calibración**

---

<sup>32</sup> Triviño, Iván. Curso: Aseguramiento de la calidad en el análisis de residuos de plaguicidas en alimentos. Instituto de Salud Pública de Chile, Santiago de Chile, 2001.

Las tres soluciones de estándares de organofosforados en isooctano se prepararon a partir de soluciones intermedias con una concentración de 67 ppm.

Se inyectó 1 µl de cada una de los estándares preparados en un intervalo de 2,0 a 4,0 a 6,0 ppm en el cromatógrafo de gases con detector NPD.

La cuantificación se realizó en base al área del pico cromatográfico. Con los resultados obtenidos se prepara una curva de calibración relacionando las concentraciones en **X** con el área del estándar de organofosforados en **Y**. La relación entre ambas variables, **X** e **Y**, es expresada como una ecuación de la recta del tipo  **$y = bx + a$** .

Los ajustes del modelo lineal permiten utilizar el tipo regresión lineal simple como el método de los mínimos cuadrados para relacionar la variable dependiente con la independiente.

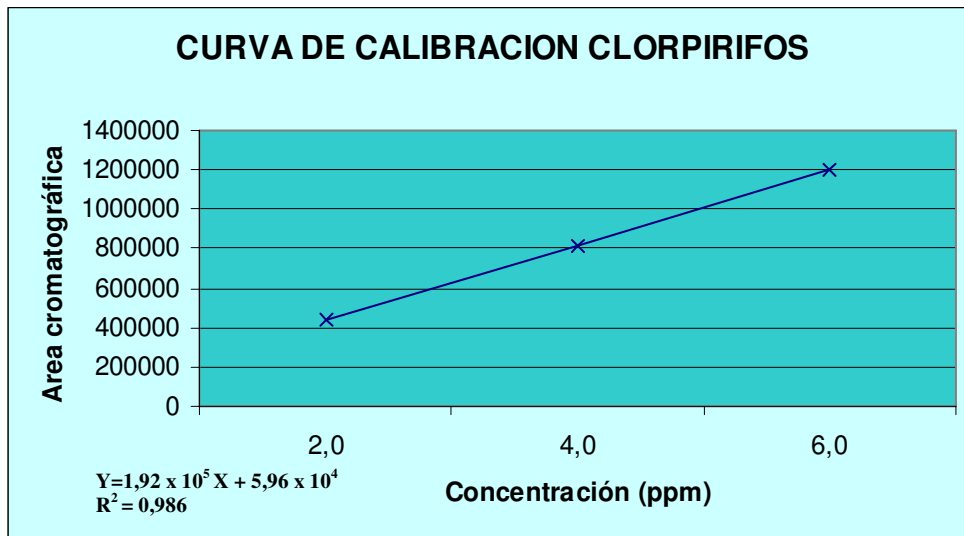
Las curvas de calibración obtenidas para cada uno de los compuestos organofosforados presentan un comportamiento lineal de acuerdo con los coeficientes de correlación lineal obtenidos ( $R^2 \geq 0,99$ ).

Se determinó los índices de linealidad ( $R^2$ ) o coeficientes de correlación para cada compuesto en estudio, tal como se detalla en los gráficos siguientes, señalando que todos estos índices estuvieron por encima de 0,99. De esta manera se confirma la respuesta lineal del equipo para cada uno de los compuestos.

En el gráfico N° 1 se muestra la linealidad del clorpirifos, observándose la ecuación de la recta, el coeficiente de correlación ( $R^2$ ).

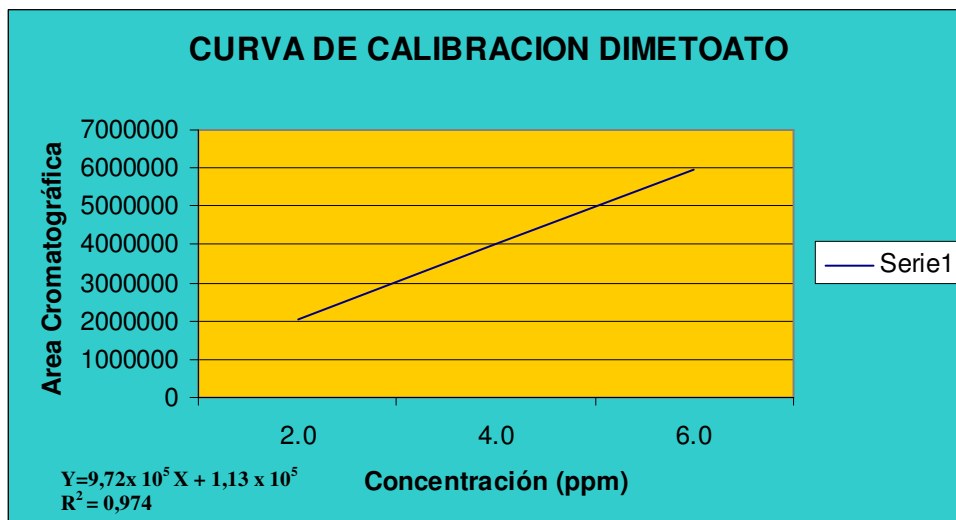


Gráfico N° 1 CURVA DE CALIBRACIÓN CLORPIRIFOS



En el gráfico N° 2 se muestra la linealidad del dimetoato, observándose la ecuación de la recta, el coeficiente de correlación ( $R^2$ ).

Gráfico N° 2 CURVA DE CALIBRACIÓN DIMETOATO



### 3.4.5 Método de Extracción de Plaguicidas

Para la extracción de residuos de plaguicidas en tomates se utilizó el método oficial de Luke extraído del Pesticide Analytical Manual.<sup>33</sup>

#### Principio del método

Las muestras con alto contenido de humedad son extraídas con acetona y filtradas por succión. La mayor parte de los residuos no iónicos son extraídos a la solución de Acetona. Los residuos son transferidos desde la fase orgánica de Acetona en agua a la fase de diclorometano y éter de petróleo por partición, El agua es removido de la solución de acetona acuosa haciendo pasar por medio de una columna que contiene sulfato de sodio anhidro. La adición de una solución acuosa de cloruro de sodio facilita la transferencia evitando que se forme una emulsión. Por último, el extracto orgánico obtenido se concentra y se analiza por cromatografía de gases con detector Nitrógeno-Fósforo (NPD).

#### Procedimiento

1. Se pesó 100 gramos de muestra troceada y se transfirió a un vaso de vidrio de licuadora, donde se adicionó 200 ml de acetona y se licuó durante dos minutos a alta velocidad.
2. Se instaló un sistema de vacío con embudo Buchner de 12 cm provisto de papel filtro prelavado con acetona para remover contaminantes.
3. Se filtró al vacío a través de un embudo Buchner, recogiendo el extracto en un kitasato de 500 ml. La filtración ocurrió en menos de 1 minuto, un tiempo excesivo pudo reducir el volumen del extracto y causar error en los cálculos.
4. Se tomó 80 ml de extracto de la muestra en un embudo de separación de 1 litro, y se adicionó 100 ml de éter de petróleo y 100 ml de diclorometano. Y se Agitó vigorosamente durante un minuto.

---

<sup>33</sup> Residuos de plaguicidas en los Alimentos – Límites Máximos de Residuos. Códex Alimentarius Pesticide Analytical Manual – mutiresidue methods (3rd ed., Vol. I sections 302 – Method for Nonfatty Foods updated October 1999). R.O.W. Sciences, Inc.

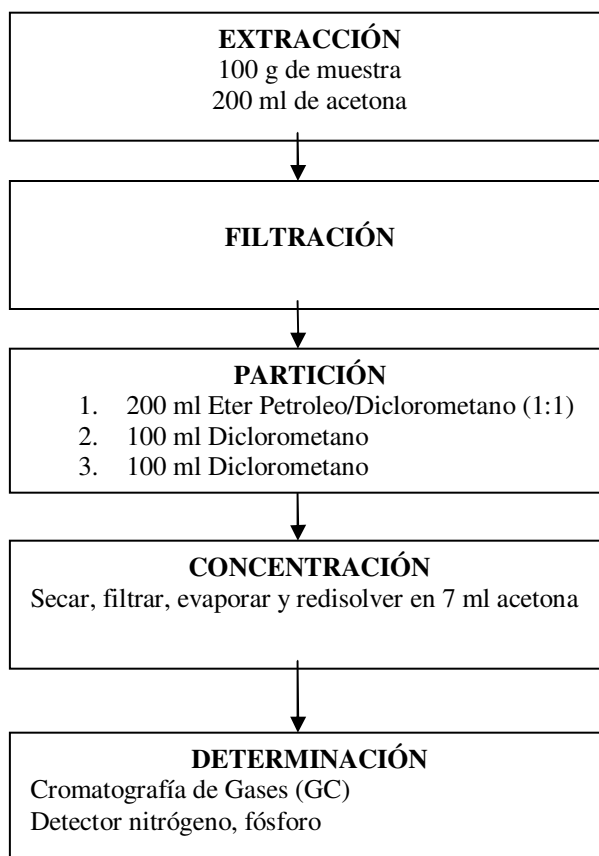
5. Se Transfirió la capa acuosa inferior a un segundo embudo de separación de 1 litro.
6. Se secó la fase orgánica superior del primer embudo de separación pasándola por una columna de vidrio de 10 cm en el que se puso 3-4 cm de sulfato de sodio anhidro sobre lana de vidrio lavada y se recogió en un balón de 250 ml.
7. Al embudo con la fase acuosa, se agregó 7 g de cloruro de sodio anhidro y se agitó vigorosamente por 30 segundos hasta que se disolvió la sal. Y se Añadió 100 ml de diclorometano, se agitó un minuto y se dejó que se separen las dos fases.
8. La fase orgánica se hizo secar pasándola a través de la misma columna de vidrio que contiene sulfato de sodio y se recibió en el balón de rotavapor, se realizó la operación dos veces y lavar la columna con 50 ml de diclorometano.
9. Se concentró los extractos obtenidos en el punto 6 y 8 en rotavapor aproximadamente hasta 2 ml, y se añadió 100 ml de éter de petróleo y se reconcentró hasta 2 ml y se repitió la operación de concentración. Se tuvo cuidado de no dejar que el balón del rotavapor se seque durante los pasos de concentración.
10. Con ayuda de una pipeta pasteur se transfirió el concentrado a un vial y ajustar al volumen a 7ml con acetona.
11. Se inyectó 1  $\mu$ l del vial en el Cromatógrafo de gases con detector NPD en condiciones que se muestran en el cuadro N<sup>o</sup> 10.
12. Se determinó la concentración de la muestra por interpolación en la curva de calibración.

## FLUJOGRAMA

### METODO DE LUKE

Pesticide Analytical Manual Sec. 302

Productos no grasos



**Cuadro N° 9 CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>CONDICIÓN</b>
Columna	Columna capilar HP 5 de 30 m x 0.53 mm x 1.5 µm con fase estacionaria de 5% fenilpropilsiloxano
Modo de inyección	Splitless abertura del split a los 0,45 minutos de inyectar la muestra
Gas carrier	Helio
Gas makeup	Nitrógeno
Detector	NPD
Temperatura del horno	80 °C por un minuto 25 °C cada minuto hasta 250 °C 250 °C por veintitrés minutos 25 °C cada minuto hasta 270 °C 270 °C por dos minutos
Temperatura del inyector	250 °C
Temperatura del detector	250 °C

Fuente: Manual de Operación del Cromatógrafo de Gases Perkin Elmer

### **Expresión de Resultados**

Los contenidos de residuos se expresan en mg/kg ó partes por millón (ppm).

### **Forma de cálculo:**

Calcular peso de muestra equivalente en solución final en base a la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg muestra}}{\text{ul inyectados}} = \frac{(100)(80)}{(200+W-10)(V)}$$

Donde:

- 50 = gramos de muestra analizada
- 10 = ml de extracto filtrado tomado de la partición líquido-líquido
- 200 = ml de acetona agitado con 100 g de muestra
- W = cantidad (ml) de agua presente en la muestra, si no se conoce usar 85 %
- 10 = Factor de concentración acetona/agua
- V = ml de solución final

En el cuadro N° 10 se encuentra el contenido de agua de los alimentos. Como primera aproximación, W = 85 para la mayoría de frutas y hortalizas.

**Cuadro Nº 10 PORCENTAJE DE CONTENIDO DE AGUA, GRASA Y AZÚCAR DE LOS ALIMENTOS**

Producto Hortalizas	% agua	% grasa	% de azúcar
Apio	91	0.1	
Cebollas	89	0.2	
Espinacas	91	0.2	
Lechuga	94	0.2	
Patatas	80	0,1	
Pepinos sin pelar	95	0,1	
Perejil	85	0,3	
Pimientos	93	0,2	
Rábanos	95	0,1	
Remolacha	91	0,3	
Tomates	94	0,2	
Zanahorias	88	0,2	
Manzanas	87	0.4	9
Ciruelas	85	0.2	
Sandía	93	0.2	6
Mandarinas	87		9

Fuente: Residuos de plaguicidas en los Alimentos – Límites Máximos de Residuos. Códex Alimentarius Pesticide Analytical Manual – mutiresidue methods (3rd ed., Vol. I sections 302 – Method for Nonfatty Foods updated October 1999). R.O.W. Sciences, Inc.

Aplicando la fórmula se calcula la concentración de cantidad inyectada del extracto de tomate que corresponde a una cantidad de 4,02 mg/ul

$$\begin{array}{r}
 \frac{\text{mg muestra}}{\text{ul inyectados}} = \frac{(100) (80)}{(200+94-10)(7)} \\
 \text{mg/ul} = 4,02
 \end{array}$$

94 = corresponde al porcentaje de agua que contiene el tomate

7 = corresponde al volumen ajustado en el tubo del evaporador

### Calculo final

Aplicando la curva de calibración de clorpirifos, etión, dimetoato, malatión, diazinón y metil paratión, podemos calcular la concentración de los plaguicidas detectados en tomates por interpolación.

Como ejemplo tomamos el clorpirifos y dimetoato encontrados en tomates:

Clorpirifos en concentración por debajo del límite máximo residual donde:

$$\begin{array}{c} \text{Ecuación de la recta} \\ Y = bx + a \end{array}$$

$$Y = 1,92 \times 10^5 X + 5,96 \times 10^4$$

Despejando  $X = (y - a) / b$

$X = 402$  pg de clorpirifos en 1 ul de muestra

402 pg de clorpirifos / 4,02 mg de tomates

400 ng de clorpirifos / 4,02 g de tomates

402 ug de clorpirifos / 4,02 kg de tomates

0,4 mg de clorpirifos / 4,02 kg de tomates = 0,1 mg/kg

Clorpirifos en concentración que sobrepasa el límite máximo residual.

$$\begin{array}{c} \text{Ecuación de la recta} \\ Y = bx + a \end{array}$$

$$Y = 1,92 \times 10^5 X + 5,96 \times 10^4$$



Despejando  $X = (y - a) / b$

$X = 2492$  pg de clorpirifos en 1 ul de muestra

$2492$  pg de clorpirifos /  $4,02$  mg de tomates

$2492$  ng de clorpirifos /  $4,02$  g de tomates

$2492$  ug de clorpirifos /  $4,02$  kg de tomates

$2,492$  mg de clorpirifos /  $4,02$  kg de tomates =  $0,6$  mg/kg

Dimetoato en concentración por debajo del límite máximo residual donde:

Ecuación de la recta

$$Y = bx + a$$

$$Y = 9,72 \times 10^5 x + 1,13 \times 10^5$$

Despejando  $X = (y - a) / b$

$X = 402$  pg de dimetoato en 1 ul de muestra

$402$  pg de dimetoato /  $4,02$  mg de tomates

$402$  ng de dimetoato /  $4,02$  g de tomates

$402$  ug de dimetoato /  $4,02$  kg de tomates

$0,402$  mg de dimetoato /  $4,02$  kg de tomates =  $0,1$  mg/kg

Dimetoato en concentración que sobrepasa el límite máximo residual.

Ecuación de la recta

$$Y = bx + a$$

$$Y = Y = 9,72 \times 10^5 x + 1,13 \times 10^5$$

Despejando  $X = (y - a) / b$

$X = 4824$  pg de dimetoato en 1 ul de muestra

4824 pg de dimetoato / 4,02 mg de tomates

4824 ng de dimetoato / 4,02 g de tomates

4824 ug de dimetoato / 4,02 kg de tomates

4,824 mg de dimetoato / 4,02 kg de tomates = 1,2 mg/kg

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN TOMATES (PRIMERA COLECTA FEBRERO 2008)

El cuadro N° 11 muestra los datos del muestreo de tomates de la primera colecta, realizada por los inspectores de la Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria. Las muestras fueron adquiridas de diferentes mercados y supermercados de la ciudad de La Paz.

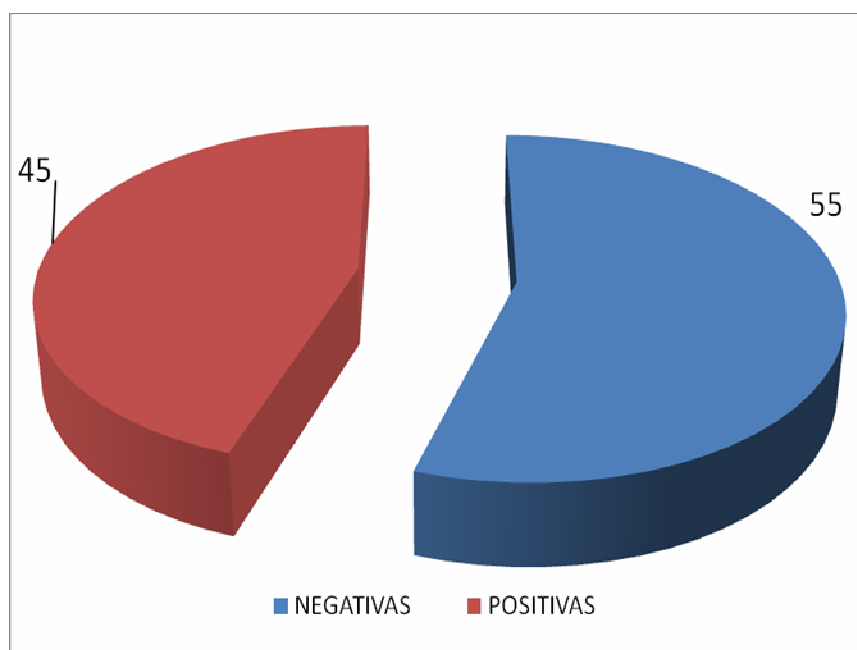
**CUADRO N° 11 MUESTREO PRIMERA COLECTA DE MUESTRAS DE TOMATES REALIZADO EN FEBRERO DEL 2008**

Nº	MUESTRA	LUGAR DE EXPENDIO	Nº TARJETA MUESTREO	Nº LABORATORIO
1	Tomate (Yungas)	Súper Mercado KETAL	41563	8022
2	Tomate (Yungas)	Mercado Modelo Achumani	41564	8023
3	Tomate (Perú)	Mercado Modelo Achumani	41565	8024
4	Tomate (Yungas)	Mercado Híper-Maxi	41566	8025
5	Tomate (Yungas)	Súper Mercado Gava Market	41567	8026
6	Tomate (Perú)	Súper Mercado Fidalga	41568	8027
7	Tomate (Yungas)	Mercado 16 de Julio (Obrajes)	41569	8028
8	Tomate (Perú)	Mercado Yungas	41570	8029
9	Tomate (Cochabamba)	Mercado Villa Fátima	41571	8030
10	Tomate (Perú)	Mercado de Villa Fátima puesto de venta interior	41572	8031
11	Tomate (Yungas)	Mercado Yungas	41573	8032
12	Tomate (Yungas)	Mercado Rodríguez	41574	8033
13	Tomate (Yungas)	Mercado Rodríguez	41575	8034
14	Tomate (Perú)	Mercado Rodríguez	41576	8035
15	Tomate (Yungas)	Mercado Sopocachi	41577	8036
16	Tomate (Yungas)	Mercado Ciudad Satélite	41578	8037
17	Tomate (Cochabamba)	Mercado Ciudad Satélite	41579	8038
18	Tomate (Yungas)	Mercado el Tejar	41580	8039
19	Tomate (Yungas)	Mercado El Tejar	41581	8040
20	Tomate (Yungas)	Mercado El Tejar	41582	8041

Fuente: Unidad de Vigilancia Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria (UVCCIA). Ministerio de Salud Y Deportes  
La Paz – Bolivia. 2008

En el Gráfico N° 3 se observa que de 20 muestras analizadas de tomate (100%), 11 muestras dieron resultados positivos con la presencia de residuos de plaguicidas (55 %), mientras que en el resto (45 % de las muestras) no se detectó ningún tipo de plaguicidas, posiblemente debido a que entre otras causas estas muestras no sufrieron la aplicación de plaguicidas o no fueron sometidas a aplicación reciente de plaguicidas, que las concentraciones se encontraban por debajo de las detectadas por el método de análisis realizado o finalmente pudieron influir las condiciones climatológicas como los vientos fuertes y lluvias esporádicas antes de las fechas de muestreo).<sup>34</sup>

**Gráfico N° 3 PORCENTAJE DE MUESTRAS POSITIVAS DONDE SE DETECTAN RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS SOBRE UN TOTAL DE 20 MUESTRAS ANALIZADAS**



<sup>34</sup> Coscolla, R. Residuos de Plaguicidas en Alimentos Vegetales. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España, 1º Ed. 1993.

En el Cuadro N° 12 se observa los plaguicidas organofosforados detectados en las muestras de tomates Nos. 2, 3, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 16, 17 y 19 que corresponden al Clorpirifos y Dimetoato en concentraciones que van desde 0.1 mg/Kg hasta 1.11 mg/Kg, según la muestra más contaminada. Asimismo, se aprecia que en las muestras N° 7 y N° 16 se detectan ambos plaguicidas simultáneamente (Clorpirifos y Dimetoato) cuyas concentraciones se encuentran dentro de los límites permisibles.

**Cuadro N° 12 CONCENTRACIÓN DE CLORPIRIFOS Y/O DIMETOATO ENCONTRADOS EN MUESTRAS DE TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ**

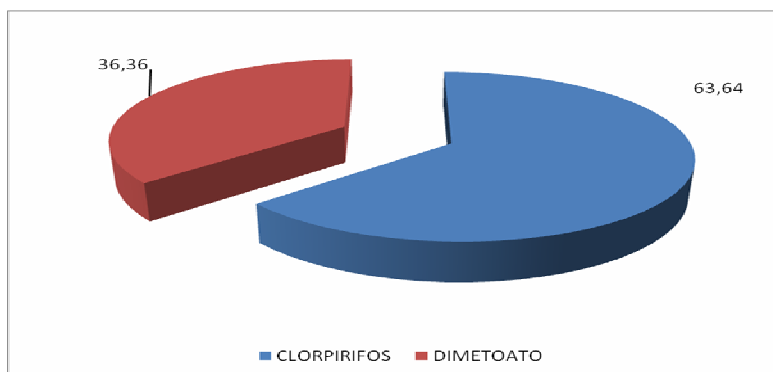
Nº	MUESTRA	Nº TARJETA MUESTREO	Límite máximo permitido (LMP) mg/Kg	CLORPIRIFOS	DIMETOATO
2	Tomate (Yungas)	41564	Clorpirifos = 0,5	0,1	-
			Dimetoato = 1		
3	Tomate (Perú)	41565	Clorpirifos = 0,5	0,55	-
			Dimetoato = 1		
7	Tomate (Yungas)	41569	Clorpirifos = 0,5	0,15	0,8
			Dimetoato = 1		
8	Tomate (Perú)	41570	Clorpirifos = 0,5	-	1,1
			Dimetoato = 1		
9	Tomate (Cochabamba)	41571	Clorpirifos = 0,5	0,12	-
			Dimetoato = 1		
11	Tomate (Yungas)	41573	Clorpirifos = 0,5	-	1,05
			Dimetoato = 1		
13	Tomate (Yungas)	41575	Clorpirifos = 0,5	0,6	-
			Dimetoato = 1		
15	Tomate (Yungas)	41577	Clorpirifos = 0,5	-	0,1
			Dimetoato = 1		
16	Tomate (Yungas)	41578	Clorpirifos = 0,5	0,12	0,1
			Dimetoato = 1		
17	Tomate (Cochabamba)	41579	Clorpirifos = 0,5	-	1,1
			Dimetoato = 1		
19	Tomate (Yungas)	41581	Clorpirifos = 0,5	0,62	-
			Dimetoato = 1		

FUENTE: Ensayo realizado en el Laboratorio de Toxicología de Alimentos – INLASA. 2008

Límite Máximo Permitido: Códex Alimentarius Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Organización Mundial de la Salud. 2da. Edición Vol. 2B Roma 2000

En el Gráfico N° 4 se observa que del total de muestras de tomates contaminadas con residuos de plaguicidas organofosforados, el porcentaje mayor detectado corresponde a Clorpirifos con un 63,64 % y Dimetoato con un 36,36 %.

**Gráfico N° 4 PORCENTAJE DE RESIDUOS DE ORGANOFOSFORADOS ANALIZADOS EN TOMATES**



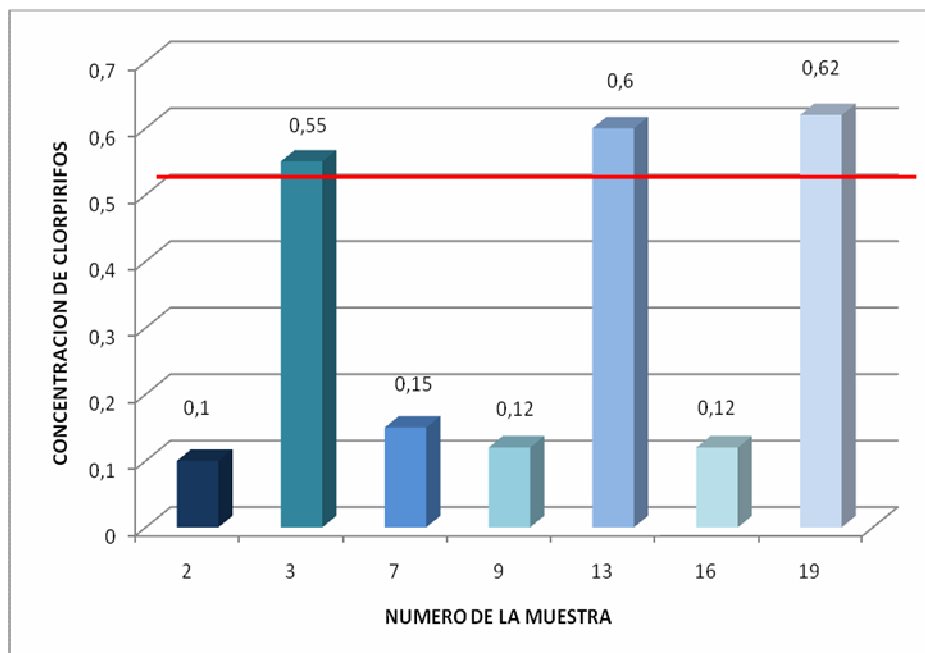
En el Cuadro N° 13 y Gráfico N° 5 se observa que de las 7 muestras detectadas con Clorpirifos, las concentraciones de tres de ellas (muestras N° 3, 13, y 19) se encuentran por encima de los límites máximos residuales, según el Códex Alimentarius. Las otras cuatro restantes si bien son positivas pero sus concentraciones se encuentran dentro de los límites máximos residuales establecidos, según el citado Códex Alimentarius.

**Cuadro N° 13 RESIDUOS DE CLORPIRIFOS ENCONTRADOS EN TOMATES SOBRE EL LIMITE MAXIMO RESIDUAL**

Nº	MUESTRA	CLORPIRIFOS	Límite máximo permitido (LMP) 0,5 mg/Kg	Sobre el límite permitido
2	Tomate (Yungas)	0,1	Clorpirifos = 0,5	-
3	Tomate (Perú)	0,55	Clorpirifos = 0,5	+
7	Tomate (Yungas)	0,15	Clorpirifos = 0,5	-
9	Tomate (Cochabamba)	0,12	Clorpirifos = 0,5	-
13	Tomate (Yungas)	0,6	Clorpirifos = 0,5	+
16	Tomate (Yungas)	0,12	Clorpirifos = 0,5	-
19	Tomate (Yungas)	0,62	Clorpirifos = 0,5	+

FUENTE: Ensayo realizado en el laboratorio de Toxicología de Alimentos – INLASA. 2008

**GRÁFICO Nº 5 RESIDUOS DE CLORPIRIFOS ENCONTRADOS EN TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ**



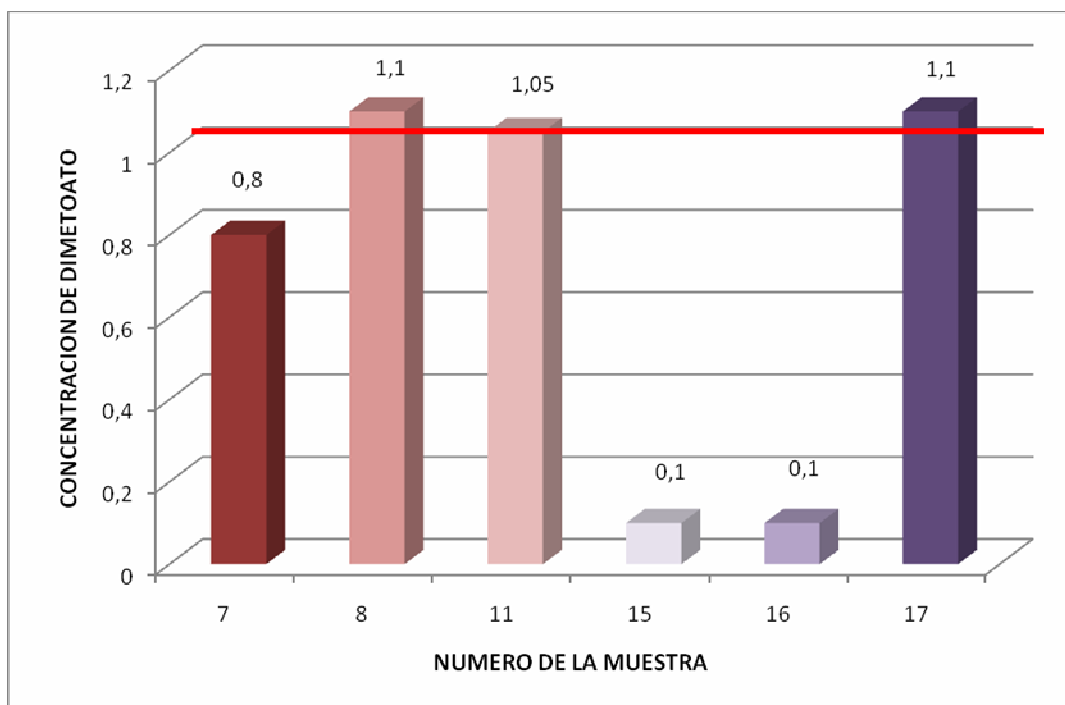
En el Cuadro Nº 14 y Gráfico Nº 6 se observa que de las 6 muestras detectadas con Dimetoato, las concentraciones de tres de ellas (muestras Nº 8, 11 y 17) se encuentran por encima de los límites máximo residuales. Las otras tres muestras (Nº 7, 15 y 16) son positivas pero sus concentraciones se encuentran por debajo de los límites establecidos, según el Códex Alimentarius.

**Cuadro Nº 14 RESIDUOS DE DIMETOATO ENCONTRADOS EN TOMATES QUE SOBREPASAN EL LIMITE MAXIMO RESIDUAL**

Nº	MUESTRA	DIMETOATO	Límite máximo permitido (LMP) 1 mg/Kg	Sobre el límite permitido
7	Tomate (Yungas)	0,8	Dimetoato = 1	
8	Tomate (Perú)	1,1	Dimetoato = 1	+
11	Tomate (Yungas)	1,05	Dimetoato = 1	+
15	Tomate (Yungas)	0,1	Dimetoato = 1	-
16	Tomate (Yungas)	0,1	Dimetoato = 1	-
17	Tomate (Cochabamba)	1,1	Dimetoato = 1	+

Fuente: Ensayo realizado en el laboratorio de Toxicología de Alimentos – INLASA. 2008

**Gráfico Nº 6 RESIDUOS DE DIMETOATO ENCONTRADOS EN TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ**



#### **4.2 ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN TOMATES (SEGUNDA COLECTA JUNIO – 2008)**

El cuadro Nº 15 muestra los datos de tomates de la segunda colecta por inspectores de la Unidad de Vigilancia y Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria. La colecta de muestras se realizó en los mismos puntos de venta de lugares de la primera fase de muestreo.



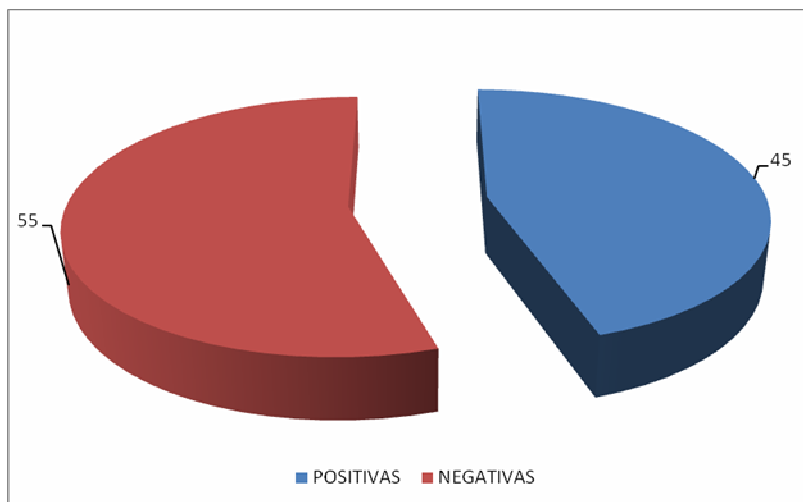
**Cuadro Nº 15 MUESTREO SEGUNDA COLECTA JUNIO - 2008**

<b>Nº</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>PROCEDENCIA</b>	<b>Nº TARJETA MUESTREO</b>	<b>Nº LABORATORIO</b>
1	Tomate (Yungas)	Súper Mercado KETAL	42555	8175
2	Tomate (Yungas)	Mercado Modelo Achumani	42552	8171
3	Tomate (Yungas)	Mercado Modelo Achumani	42553	8172
4	Tomate (Yungas)	Mercado Híper-Maxi	42554	8170
5	Tomate (Yungas)	Súper Mercado Gava Market	42556	8174
6	Tomate (Yungas)	Súper Mercado Fidalga	42557	8169
7	Tomate (Cochabamba)	Mercado 16 de Julio (Obrajes)	42558	8173
8	Tomate (Yungas)	Mercado Yungas	6005	8157
9	Tomate (Cochabamba)	Mercado Villa Fátima	6007	8159
10	Tomate (Perú)	Mercado de Villa Fátima	6008	8160
11	Tomate (Yungas)	Mercado Yungas	6006	8158
12	Tomate (Yungas)	Mercado Rodríguez	6001	8153
13	Tomate (Yungas)	Mercado Rodríguez cancha Belén	6003	8155
14	Tomate (Perú)	Mercado Rodríguez	6004	8156
15	Tomate (Yungas)	Mercado Sopocachi	6002	8154
16	Tomate (Perú)	Mercado Ciudad Satélite	42551	8163
17	Tomate (Yungas)	Mercado Ciudad Satélite	42548	8164
18	Tomate (Cochabamba)	Mercado el Tejar	42550	8166
19	Tomate (Cochabamba)	Mercado El Tejar	42547	8165
20	Tomate (Cochabamba)	Mercado El Tejar	42549	8167

Fuente: Unidad de Vigilancia Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria (UVCCIA). La Paz-Bolivia 2008

En el Gráfico N° 7 se observa que de las 20 muestras de tomates analizadas (100%), el 45 % dieron resultados positivos en la detección de plaguicidas organofosforados, mientras que el 55 % restante de las muestras son negativas.

**Gráfico N° 7 PORCENTAJE DE MUESTRAS POSITIVAS DONDE SE DETECTAN RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS SOBRE UN TOTAL DE 20 MUESTRAS ANALIZADAS**



En el Cuadro N° 16 se observa la presencia de plaguicidas fosforados en 9 de las 20 muestras colectadas, correspondiendo las muestras Nros. 3, 9, 13, 16 y 19 a Clorpirifos y Dimetoato en las muestras Nros. 7, 8, 11 y 15, cuyas concentraciones van desde 0.1 mg/Kg hasta 1.2 mg/kg en la muestra más contaminada. En la muestra N° 7 se observa la presencia de clorpirifos y dimetoato de manera simultánea, aunque su concentración no supera los límites permisibles establecidos por el Código Alimentarius.

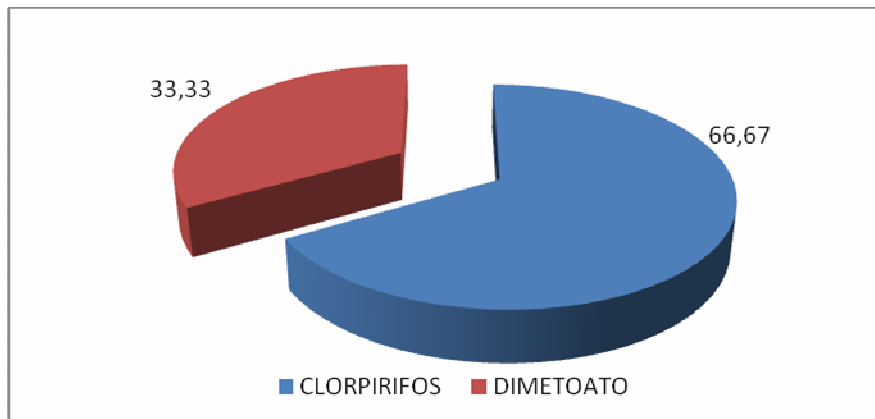
**Cuadro N° 16 MUESTRAS DE TOMATES QUE CONTIENEN RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO QUE SE COMERCIALIZAN EN LA CIUDAD DE LA PAZ**

Nº	MUESTRA	Nº TARJETA MUESTREO	Límite máximo permitido (LMP) mg/Kg	CLORPIRIFOS	DIMETOATO
3	Tomate (Yungas)	42553	Clorpirifos = 0,5	0,6	-
			Dimetoato = 1		
7	Tomate (Cochabamba)	42558	Clorpirifos = 0,5	0,1	0,5
			Dimetoato = 1		
8	Tomate (Yungas)	6005	Clorpirifos = 0,5	-	0,9
			Dimetoato = 1		
9	Tomate (Cochabamba)	6007	Clorpirifos = 0,5	0,14	-
			Dimetoato = 1		
11	Tomate (Yungas)	6006	Clorpirifos = 0,5	-	0,8
			Dimetoato = 1		
13	Tomate (Yungas)	6003	Clorpirifos = 0,5	0,3	-
			Dimetoato = 1		
15	Tomate (Yungas)	6002	Clorpirifos = 0,5	-	1,2
			Dimetoato = 1		
16	Tomate (Perú)	42551	Clorpirifos = 0,5	0,1	-
			Dimetoato = 1		
19	Tomate (Cochabamba)	42547	Clorpirifos = 0,5	0,55	-
			Dimetoato = 1		

FUENTE: Ensayo realizado en el laboratorio de Toxicología de Alimentos – INLASA. 2008

En el Gráfico N° 8 se observa que de los residuos de plaguicidas encontrados en el total de muestras de tomates analizados, el porcentaje mayor encontrado corresponde a Clorpirifos con un 66,67 % y Dimetoato con un 33,33 %.

**Gráfico N° 8 PORCENTAJE DE RESIDUOS ORGANOFOSFORADOS ANALIZADOS EN TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ**



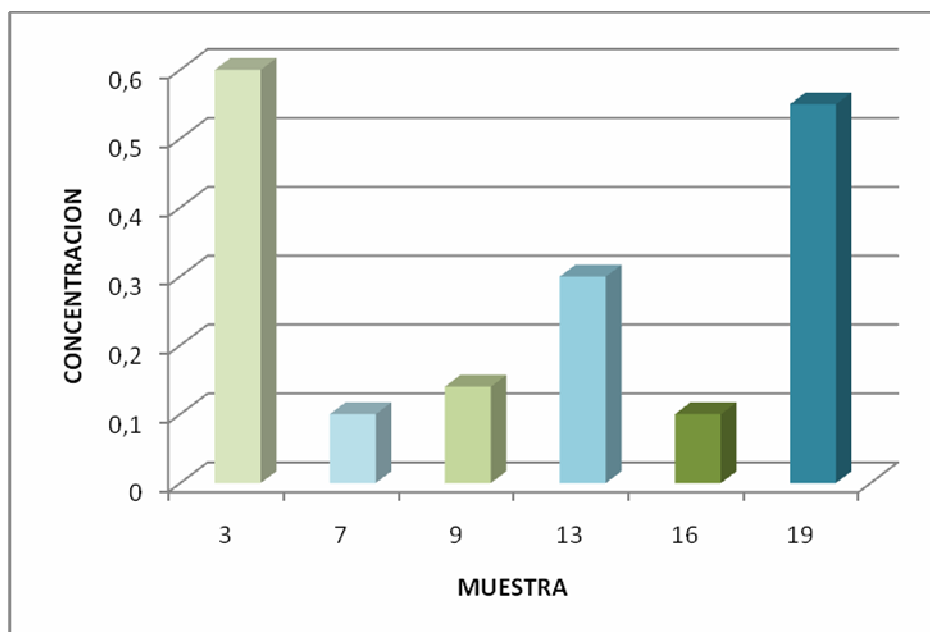
En el Cuadro N° 17 y Gráfico N° 9 se observa que de las 6 muestras detectadas con Clorpirifos, las concentraciones de dos de ellas (muestras N° 3 y 19) se encuentran por encima de los límites máximo residuales, según el Códex Alimentarius. Las otras cuatro restantes si bien están presentes pero sus concentraciones se encuentran por debajo de los límites establecidos, según el Códex Alimentarius.

**Cuadro N° 17 MUESTRAS DETECTADAS CON CLORPIRIFOS SOBRE EL LIMITE MAXIMO RESIDUAL**

Nº	MUESTRA	CLORPIRIFOS	Límite maximo permitido (LMP) 0,5 mg/Kg	Sobre el límite permitido
3	Tomate (Yungas)	0,6	Clorpirifos = 0,5	+
7	Tomate (Cochabamba)	0,1	Clorpirifos = 0,5	-
9	Tomate (Cochabamba)	0,14	Clorpirifos = 0,5	-
13	Tomate (Yungas)	0,3	Clorpirifos = 0,5	-
16	Tomate (Perú)	0,1	Clorpirifos = 0,5	-
19	Tomate (Cochabamba)	0,55	Clorpirifos = 0,5	+

Fuente: Ensayo realizado en el Laboratorio de Toxicología de Alimentos – INLASA 2008

**Gráfico N° 9 RESIDUOS DE CLORPIRIFOS SOBRE EL LIMITE MAXIMO RESIDUAL ENCONTRADOS EN MUESTRAS DE TOMATES**



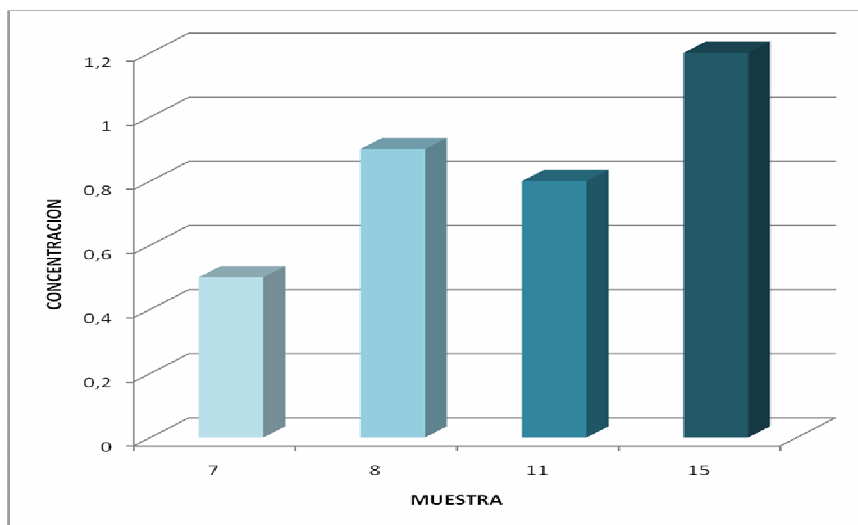
En el Cuadro N° 18 y Gráfico N° 10 se observa que de las 4 muestras de tomates detectadas con Dimetoato correspondientes a las muestras N° 7, 8, 11 y 15; tres de ellas cumplen con los límites máximos permisibles establecidos, mientras que la muestra N° 15 sobrepasa el límite establecido por el Códex Alimentairus.

**Cuadro N° 18 MUESTRAS DE TOMATES CON RESIDUOS DE DIMETOATO SOBRE EL LIMITE MAXIMO RESIDUAL**

Nº	MUESTRA	DIMETOATO	Límite maximo permitido (LMP) 1 mg/Kg	Sobre el límite permitido
7	Tomate (Cochabamba)	0,5	Dimetoato = 1	-
8	Tomate (Yungas)	0,9	Dimetoato = 1	-
11	Tomate (Yungas)	0,8	Dimetoato = 1	-
15	Tomate (Yungas)	1,2	Dimetoato = 1	+

Fuente: Ensayo realizado en el Laboratorio de Toxicología de Alimentos – INLASA. 2008

**Gráfico N° 10 RESIDUOS DE DIMETOATO ENCONTRADOS EN TOMATES COMERCIALIZADOS EN MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ**



**4.2 ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS DOS COLECTAS DE LAS MUESTRAS DE TOMATES (FEBRERO – JUNIO)**

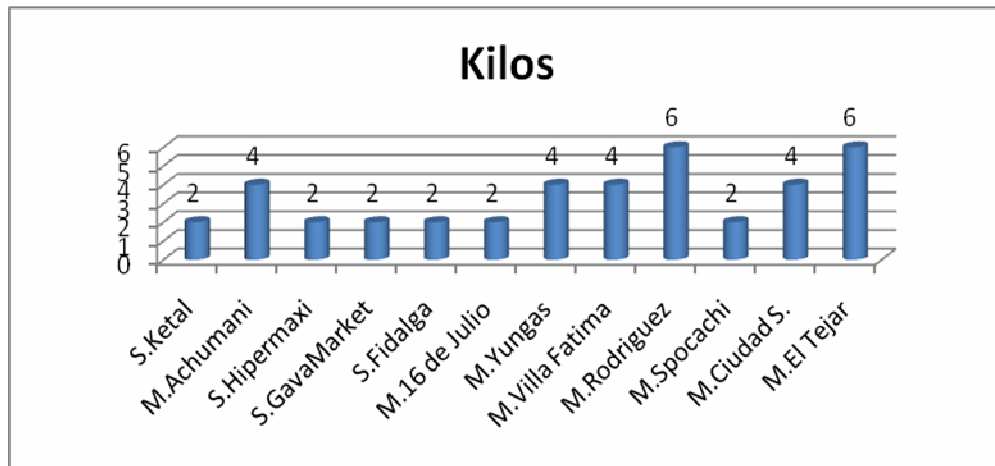
En el cuadro N° 19 y Gráfico N° 11, se observa la cantidad de tomates en kilogramos adquiridos de 4 supermercados y 8 mercados que se comercializan en la ciudad de La Paz.

**Cuadro N° 19 CANTIDAD DE TOMATES ADQUIRIDOS DE MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ**

Supermercados/mercados	Kilos
S.Ketal	2
M.Achumani	4
S.Hipermaxi	2
S.GavaMarket	2
S.Fidalga	2
M.16 de Julio	2
M.Yungas	4
M.Villa Fatima	4
M.Rodriguez	6
M.Spocachi	2
M.Ciudad S.	4
M.El Tejar	6

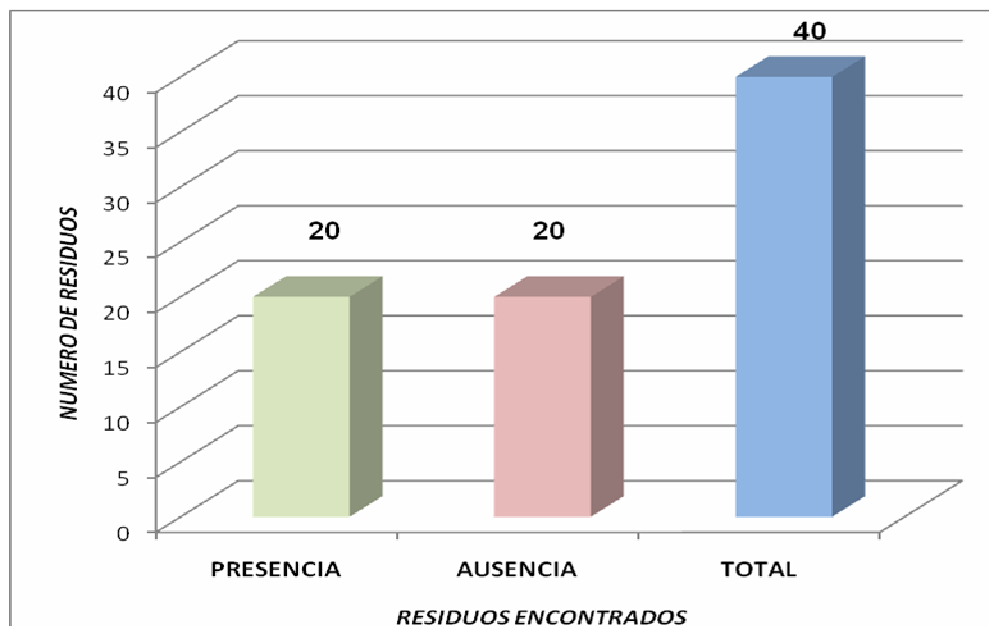
Fuente: Unidad de Vigilancia Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria (UVCCIA).  
Ministerio de Salud y Deportes La Paz-Bolivia.

**Gráfico N° 11 CANTIDAD DE MUESTRAS RECOLECTADAS DE MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD LA PAZ**



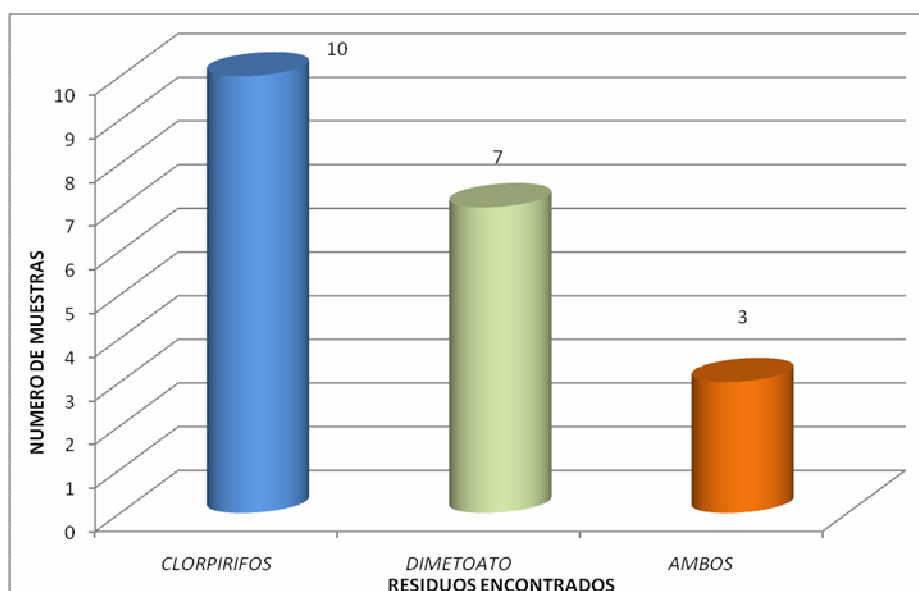
En el Gráfico N° 12 se observa que del total de las 40 muestras de tomates analizadas en las dos colectas, 20 muestras que corresponden al 50 % contienen residuos de plaguicidas organofosforados y el resto (50%) no se han detectado trazas.

**Gráfico N° 12 DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS DETECTADOS SOBRE UN TOTAL DE 40 MUESTRAS COLECTADAS DE LOS MERCADOS Y SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ**



En el Gráfico N° 13 se observa que de las 20 muestras donde se detectó la presencia de residuos de plaguicidas organofosforados, 10 muestras contienen residuos de clorpirifos (50%), 7 muestras contienen residuos de dimetoato (35%) y 3 muestras (15%) presentan residuos de ambos plaguicidas simultáneamente, lo que indica que estos dos plaguicidas están siendo mayormente utilizados para el control de plagas en los cultivos de tomates, siendo el más frecuente de los dos el clorpirifos.

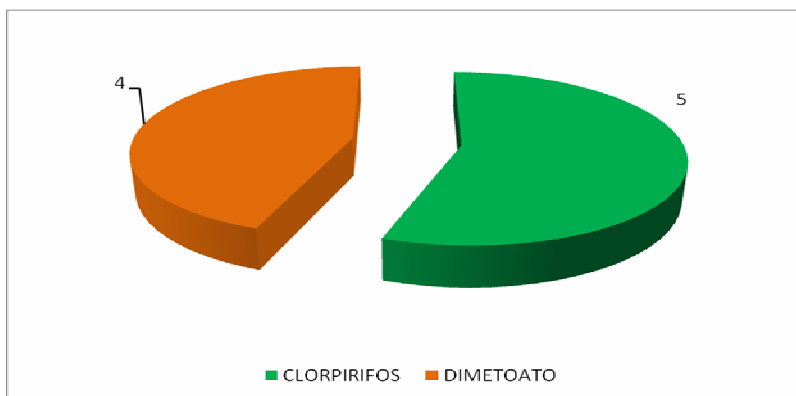
**GRAFICO N° 13 DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO EN EL TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADOS**



En el Gráfico N° 14 se observa un total de 20 muestras contaminadas con plaguicidas organofosforados, 9 muestras sobrepasan los límites máximos residuales establecidos por el Códex Alimentarius; de las cuales 5 se encuentran contaminadas con residuos de clorpirifos y las 4 restantes con residuos de dimetoato.



## GRAFICO Nº 14 MUESTRAS CONTAMINADAS CON RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO



Se considera que la contaminación de tomates en estudio es significativa, por el alto porcentaje de residuos de plaguicidas organofosforados encontrados en el 50% del total de las muestras, tomando en cuenta que 9 de ellas sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por el Códex Alimentarius, situación que crea riesgos para la salud humana por su consumo.

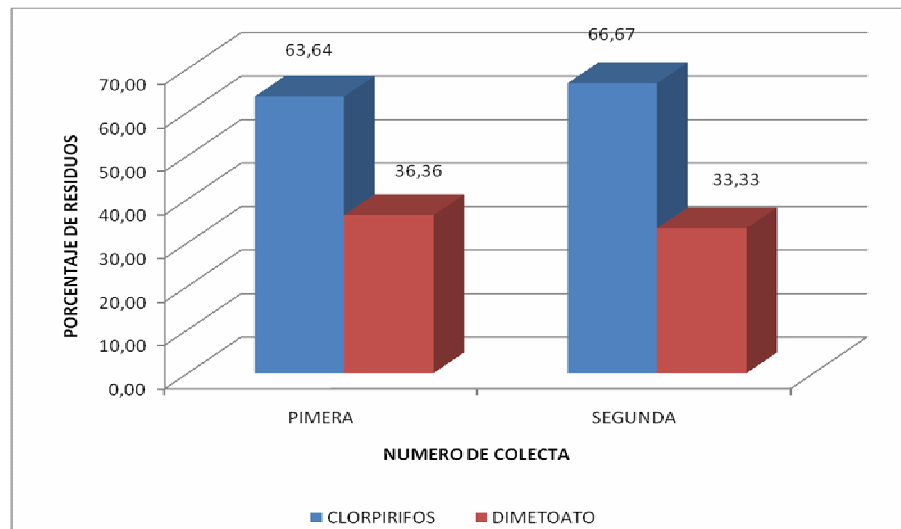
Probablemente, una de las causas de esta contaminación se deba a que no se respeta el período de carencia; es decir, el lapso (días) que debe transcurrir entre la última aplicación y la cosecha, para que los residuos de plaguicidas no sobrepasen las respectivas tolerancias. La carencia varía según el pesticida, dosis, número de aplicaciones, característica del vegetal y condiciones ambientales.

Por otro lado, esta situación podría deberse también al empleo inadecuado e irracional de plaguicidas en productos agrícolas que posteriormente son comercializados en los diferentes mercados y supermercados de la ciudad de La Paz u otras causas descritas precedentemente.

En el Gráfico Nº 15 se observa que el porcentaje de residuo de clorpirifos (63,64 %) y dimetoato (36,36 %) detectados en tomates durante la primera colecta y el porcentaje de residuo de clorpirifos (66,67 %) y dimetoato (33,33 %) detectados en la

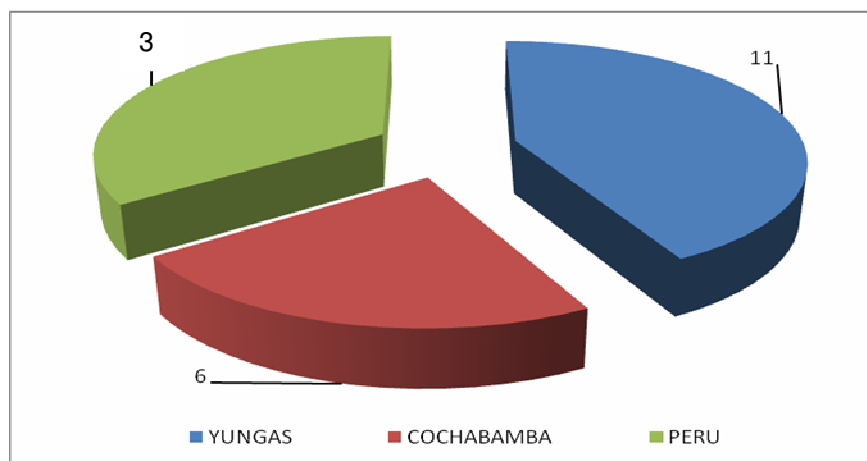
segunda colecta no existe variaciones significativas, lo cual indica que existe una tendencia al uso de plaguicidas de igual manera en dos épocas del año: Febrero y Junio.

**Gráfico N° 15 COMPARACIÓN DE RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO ENCONTRADOS EN AMBAS COLECTAS DE TOMATES**



Los resultados de las encuestas realizadas en los puntos de adquisición de muestras de tomate en torno a la procedencia de los mismos se reflejan en el Gráfico N° 16 de donde de las 20 muestras contaminadas con residuos de plaguicidas; 11 provienen de la zona de los Yungas, 6 del Departamento de Cochabamba y 3 provienen de la República del Perú.

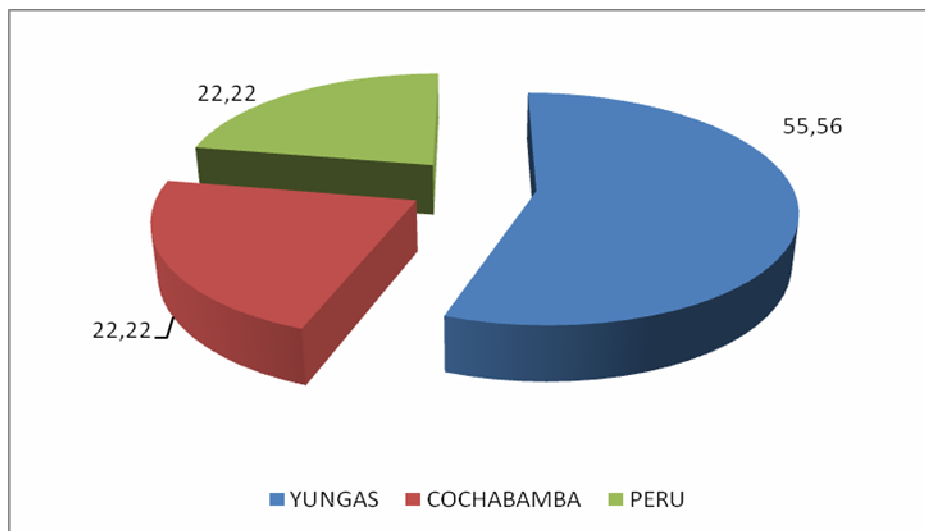
**Gráfico N° 16 LUGAR DE PROCEDENCIA DE TOMATES QUE CONTIENEN RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS**



Es importante señalar que dentro del Proyecto “Plaguicidas Bolivia” (PLAGBOL) en un reciente trabajo de investigación, se halló que más del 75 por ciento de los productores agrícolas de los Municipios de Caranavi, Guanay, Mecapaca y Palca del Departamento de La Paz, así como de Cochabamba, además de las poblaciones de los valles mesotérmicos de Santa Cruz, viven en una situación crítica por el empleo indiscriminado de los plaguicidas, usando venenos extremadamente tóxicos, obsoletos y prohibidos (incluso los prohibidos por los convenios y organismos internacionales); más del 85 por ciento no respeta las dosis recomendadas para su empleo.<sup>35</sup>

En el Gráfico N° 17 se observa que de las nueve muestras de tomates contaminados con residuos de plaguicidas organofosforados que sobrepasan los Límites Máximos Residuales establecidos por el Codex Alimentarius, 5 muestras (que corresponde al 55,56 %) provienen de la Zona de los Yungas (La Paz), 2 muestras (22,22 %) provienen del Departamento de Cochabamba y las restantes 2 muestras con similar porcentaje (22,22 %) son de procedencia extranjera (República del Perú).

**GRAFICO N° 17 DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL LUGAR DE PROCEDENCIA DE TOMATES DETECTADOS CON RESIDUOS DE CLORPIRIFOS Y DIMETOATO QUE SOBREPASAN LOS LMRs**

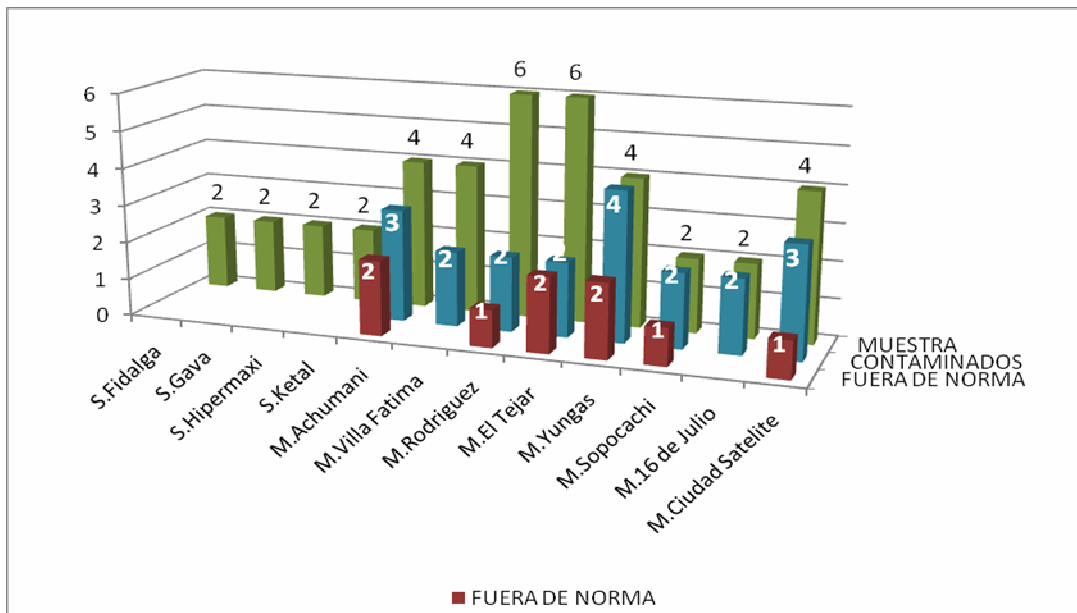


<sup>35</sup> Artículo: “Describiendo la situación del uso de plaguicidas en Bolivia”, Periódico LA PRENSA, 14 de enero de 2007, La Paz-Bolivia.

La contaminación de estas muestras de tomates podría deberse a que en ciertas regiones de donde provienen, se realizan aplicaciones masivas con dosis indiscriminadas. Por otro lado es importante destacar que las muestras de tomates contaminados procedentes de la República del Perú, son importadas sin ningún tipo de control, situación que pone en riesgo la salud de la población de la ciudad de La Paz.

En el gráfico N° 18 se observa que de un total de 40 muestras de tomates adquiridos de supermercados y mercados de la ciudad de La Paz, 20 muestras que contienen residuos de plaguicidas organofosforados fueron adquiridos en el mercado Achumani, Villa Fátima, Rodríguez, Yungas, Sopocachi, Ciudad Satélite, y el Tejar. Las 9 muestras de tomates que contienen residuos que sobrepasan los límites máximo residuales se colectaron del Mercado Achumani, Rodríguez, El Tejar, Yungas Sopocachi y Ciudad Satélite.

**Gráfico N° 18 LUGAR DE EXPENDIO DE TOMATES CONTAMINADOS Y TOMATES FUERA DE LÍMITE**



## **V. CONCLUSIONES**

Se ha detectado y cuantificado residuos de plaguicidas Organofosforados en el 50% del total de las muestras de tomates comercializados en la ciudad de La Paz por medio de Cromatografía Gaseosa.

De las 40 muestras evaluadas, 20 no presentaron residuos de plaguicidas organofosforados (Clorpirifos, Dimetoato, Etil-paration, Etión, Malatión y Diazinón), mientras que en las otras 20 restantes se ha detectado la presencia de solamente dos de los seis tipos de plaguicidas organofosforados, Clorpirifos y Dimetoato.

El Clorpirifos y el Dimetoato son los plaguicidas detectados que aparecen de manera constante y en mayores concentraciones en las muestras de tomates contaminados, destacando que el Clorpirifos se presenta en mayor número de las muestras respecto al Dimetoato, siendo en consecuencia uno de los pesticidas de más uso en las actividades agrícolas que se practican en determinadas regiones de Bolivia.

Al comparar los resultados de residualidad de plaguicidas cuantificados en las muestras de tomate contaminados se ha visto que el Clorpirifos y Dimetoato están presentes en algunas de las muestras en concentraciones que sobrepasan los límites máximos residuales establecidos por el Códex Alimentarius, de acuerdo a los resultados encontrados.

Según la bibliografía contemplada en el presente estudio, la ingesta de alimentos con contenido de Clorpirifos representa riesgos para la salud especialmente para niños debido a que produce alteraciones en el desarrollo del sistema nervioso central y periférico en edad de crecimiento.

Asimismo, el Dimetoato representa riesgos de tipo mutagénico y efectos reproductivos y de fetotoxicidad, según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

De acuerdo a los resultados de las encuestas, la mayoría de las muestras detectadas con residuos de plaguicidas son de procedencia del Departamento de La Paz, específicamente de la región de los Yungas en mayor porcentaje, seguido de las muestras procedentes del Departamento de Cochabamba y de la República del Perú con similar porcentaje.

El 50 % de las muestras de tomates recolectadas en mercados en la ciudad de La Paz presentaron residuos de clorpirifos y dimetoato, El 22,5 % de tomates con una concentración que sobrepasaba los límites máximo residuales fueron adquiridos de mercados . En las muestras de los supermercados no se encontraron residuos de plaguicidas. esto podría deberse a que en los mismos es común la limpieza y lavado de los tomates antes de presentarlos en los mostradores de venta, lo que facilitaría la remoción de plaguicidas.

De acuerdo a las muestras recolectadas y analizadas que están afectadas por la presencia de residuos de plaguicidas organofosforados como ser Clorpirifos y Dimetoato, se infiere que los tomates comercializados en la ciudad de La Paz en un determinado porcentaje constituyen un riesgo para la salud humana en función de la concentración y la frecuencia con que se consume en comparación con los límites máximos residuales establecidos por el Códex Alimentarius.

Los resultados obtenidos en el presente estudio permitira a los organismos involucrados en inocuidad alimentaria adoptar políticas y establecer mecanismos de control con el propósito de regular el uso de plaguicidas y garantizar su correcta manipulación en cultivos del tomate a fin de reducir los efectos toxicológicos en la salud del consumidor.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar el estudio a un mayor número de muestras para incrementar la representatividad de las mismas, así como establecer frecuencias de muestreo en diferentes épocas del año, que contemplen y consideren abarcar otras condiciones como por ejemplo aspectos meteorológicos que podrían alterar las concentraciones de plaguicidas.

Igualmente es recomendable ampliar el espectro de estudio aplicable a otros productos agrícolas sensibles a las plagas como ser frutas y otras hortalizas de alto consumo.

Para evitar riesgos que puedan derivar de la inadecuada utilización de plaguicidas se recomienda respetar las normas de aplicación y sobre todo, el tiempo de carencia en el manejo de los cultivos.

Establecer un constante control de calidad de todos los productos agrícolas que se consumen, especialmente de aquellos importados respecto a residuos de plaguicidas con la finalidad de garantizar un consumo inocuo.

Se considera de mucha importancia concientizar mediante programas de educación a los productores y comerciantes sobre los riesgos y daños que pueden ocasionar a la salud estos productos contaminados, por lo que se requiere implementar políticas y normativas de comercialización entre las cuales implique una limpieza o lavado obligatorio de los productos previa a su expendio para eliminar o disminuir la contaminación de estos plaguicidas especialmente con el clorpirifos por ser un plaguicida de contacto.

Es necesario aunar esfuerzos a nivel interinstitucional para fortalecer la vigilancia ambiental e implementar análisis que permitan detectar residuos de plaguicidas en factores ambientales.

Igualmente desarrollar e implementar estrategias y políticas que conduzcan a una

significativa reducción de uso de plaguicidas sintéticos, promoviendo el desarrollo de alternativas menos tóxicas como el manejo integrado de plagas y agricultura orgánica para proteger la salud humana y el ambiente.



## BIBLIOGRAFIA

1. Producción Mundial del Tomate.  
[www.mfic.gob.docusshered/web/tomate/2007](http://www.mfic.gob.docusshered/web/tomate/2007).
  2. [www.mific.gob.ni:81/docushare/dsweb/.../Ficha+Tomate+2007](http://www.mific.gob.ni:81/docushare/dsweb/.../Ficha+Tomate+2007).
  3. Consumo Mundial de Frutas, Hortalizas, Miel y Bebidas alcohólicas.  
[www.saber.ula.ve/bitstream/](http://www.saber.ula.ve/bitstream/)
  4. Unidad de Información, Estudios y Políticas de Desarrollo Rural Sostenible. DGDR-VMDR-MDRA y MA.
  5. Ríos, Omar. Manejo Integrado y Convencional de los Principales Insectos Plaga en el Cultivo de Tomate "Lycopersicum esculentum Mill" en santa ana de caranavi, La Paz Bolivia.
- PLAGBOL. Salud Agricultura y Medio Ambiente <http://plagbol.org.bo>
6. Smith, Andrew F. The tomato in America: early history, culture, and cookery. University of South Carolina Press, Columbia, S.C, USA. 1994.
  7. Solanum Lycopersium – Wikipedia, la enciclopedia libre.  
[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
  8. Rick, C.M. The Tomato. Sci. Amer., 1978.
  9. Picken, A.J.F, Stewart, K., Klapwijk, D. Germination and vegetative development. En "Atherton, J. G.; Rudich, J. (Eds). The Tomato Crop. Chapman and Hall Ltd., New York. 1986.
  10. Gebhardt, S. & Thomas, R. 2002. Nutritive Value of Foods. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, Home and Garden Bulletin Number 72, Nutrient Data Laboratory, Beltsville, Maryland. 2002.
  11. Huici, O. Proyecto-PLAGBOL. Manejo sostenible del cultivo de tomate. La Paz-Bolivia 2005.
  12. Catastro de Conflictos Ambientales por plaguicidas. Bolivia-Perú-Chile. Edición y Publicación Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. 1º Ed. 1999.

13. <http://www.idtr.gov.bo>. Las plagas de cultivos principales en valles mesotérmicos
  14. Debach P. Control Biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Editorial Continental, S.A. de C.V. Mexico, 1992.
  15. Hayes Wj. Chlorinated hydrocarbons insecticidas, En: Hayes wj, lawes, editors, Pesticidas Studied in Man. San Diego: Academia Press.
  16. Saunders DS, Harper C Pesticidas. En: Hayes Aw (ed) Principles and methods of Toxicology. Raven Press, Nueva York, 1994. Repetto M. Toxicología avanzada, Eds. Diaz de Santos, Madrid-España, 1995.
  17. Diagnóstico, Tratamiento, y Prevención de Intoxicaciones Agudas por Plaguicidas Proyecto PLAGBOL La Paz – Bolivia.
  18. Al-Saleh I A. Pesticides: a review article. J Environ Pathol. Toxicol. Oncol. 1994.
  19. Moffat, C. Environmental Contaminants in Food. England, Academic Press Ltda. 1999.
  20. EWG. Organophosphate Insecticides in Children`s Food, Publicado por Environmental Working Group. 1998.
  21. Hernández, F.; Medina, J.; Pastor, A. Contaminació del Litoral per pesticides organoclorats i metalls pesats; El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana, Monografías 2, Ed. Generalitat Valenciana, 1987.
  22. Chistopher, J.H., Rivadeneira, C., Biodiversidad y el Problema Agudo de Pesticidas en Bolivia, Santa Cruz-Bolivia, Mayo 1994.
- Boletín Informativo Liga de Defensa del Medio Ambiente [www.Lidema.org.bo](http://www.Lidema.org.bo). 2008.
- Alonso-Allende, A. Legislación sobre plaguicidas y residuos de plaguicidas, ed. C.E.B.A.S. Murcia, 1988.
23. FAO/OMS. Códex Alimentarius. Residuos de plaguicidas en los Alimentos – Límites máximo de residuos Volumen 2B Roma, 2000.
  24. Centro de Comercio Internacional. UNCTAD/GATT. Control de calidad en la Industria Alimentaria. Manual de Introducción. Ginebra. 1995.

25. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Análisis de residuos de plaguicidas en laboratorios de inspección alimentaria. Roma 1994.
26. Ramírez, J. A. y Lacasaña, M. - Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. 2001.
27. Matsumura, F. Toxicology of insecticides. 2da. Edición, 1986.
28. Mc. Nair, H. Cromatografía de gases. Dpto. de Asuntos Científicos y Tecnológicos de la Secretaría General de la OEA, 1981.
29. Triviño, Iván. Aseguramiento de la calidad en el análisis de residuos de plaguicidas en alimentos. Instituto de Salud Pública de Chile, Santiago de Chile, 2001.
30. Residuos de plaguicidas en los Alimentos – Límites Máximos de Residuos. Códex Alimentarius Pesticide Analytical Manual – mutiresidue methods (3rd ed., Vol. I sections 302 – Method for Nonfatty Foods updated October 1999). R.O.W. Sciences, Inc.
31. Coscolla, R. Residuos de Plaguicidas en Alimentos Vegetales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, 1993.