

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a knight on horseback, holding a lance and a shield. Above the knight is a crown. The seal is surrounded by Latin text: "CONSPICUA CAROLINA" at the top, "PLUS ULTRA" on banners held by the knight, and "UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS" at the bottom. The seal is rendered in a light gray, semi-transparent style.

**“NIVELES MÍNIMOS DE BARIO (Ba) Y ANTIMONIO (Sb) EN
MANOS DE PERSONAS NO EXPUESTAS A AMBIENTE DE
DISPARO QUE VIVEN EN EL AREA METROPOLITANA DE LA
REPUBLICA DE GUATEMALA”**

MIRSA ADELA SOTO DE LEON

QUIMICA

Guatemala, febrero del 2005

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

**“NIVELES MÍNIMOS DE BARIO (Ba) Y ANTIMONIO (Sb) EN
MANOS DE PERSONAS NO EXPUESTAS A AMBIENTE DE
DISPARO QUE VIVEN EN EL AREA METROPOLITANA DE LA
REPUBLICA DE GUATEMALA”**

INFORME DE TESIS

Presentado por

MIRSA ADELA SOTO DE LEON

Previo a optar al título de

QUIMICA

Guatemala, febrero del 2005

ACTO QUE DEDICO

Al Dios de mis padres, Uno y Trino,
a ti sea la gloria,
la grandeza,
el poder , la honra y la autoridad,
antes, ahora y siempre,
porque, Él, que es grande,
maravillas a hecho en mi.
Donde las palabras no alcanzan,
a tu Majestad: ***Bendito seas, amándote por siempre!***

A la memoria de los que desde el cielo ven este triunfo,
en especial a,
Hammerly de León Estrada,
pues todo a lo que aspiro en la vida se encierra en ti,
este laurel es uno más de los que siguen adornando tu bendita cabeza,
madre,
al amor más grande de mi vida
cuyo ánimo veo todos los días reflejado en los ojos de mi hermana Karla.

A mis tías Luz y Angélica,
ustedes que me cuidaron con la misma dedicación,
como a una niña pequeña,
a la que mimaron y confortaron en este tiempo de latencia,
en Dios espero para que me dé la satisfacción de disfrutarlas y cuidarlas,
por el tiempo que él desee con el mismo amor de una hija a una madre,
gracias.... Dios les bendiga, mis Ángeles.



AGRADECIMIENTOS

ABBÁ... Yahvé mi creador,

Mi heredad,

tú, mi refugio,

renuevas todas mis fuerzas y cuidas mis pasos tanto en la paz como en la guerra.

Tu verdad me guía fortaleciendo mi fe dándome esperanza.

En tu presencia encuentro mis propósitos y mi esencia,

pues en la pena y tristeza tu misericordia levanto mis huesos.

Consolaste mi espíritu y formaste mi alma.

Mi leal protector que cumples todas tus promesas,

todo lo que tengo es tuyo y en ti mi alegría todos los días es plena,

desde hoy y para siempre al recordar:

"Levanto mis ojos al cielo - *¿De dónde vendrá mi auxilio?*

Se que el auxilio me viene de aquel que hizo todo lo existente en el universo.

¿cómo pagarte todo lo que me has dado?:

Amando a todas tus criaturas con por medio del Carisma Franciscano.

Jesucristo.....a Dios mi salvador,

Al perfecto caballero,

el Cordero de la Nueva Alianza por quien todo fue hecho.

El misterio en la ciencia y dogma en la fe.

El alfarero, pescador y sembrador de dulces palabras de yugo suave y ligero.

Bendita sea la tormenta que al escuchar tu voz dispó la condena.

Al que renueva mi corazón,

quisiera poder morir por amor a tu amor,

pues tu moriste por amor a mi amor.

Al Paráclito, espíritu Santo.....a Dios mi consuelo,

Eres la promesa divina por el padre prometida,

Jesús dijo que estarías conmigo toda la vida.

Mi maestro tanto en la ciencia como en la fe,

Mi alivio y el conocimiento que me une al Padre y al Hijo.

-¡Celebra mi alma la grandeza del señor y se alegra en mi Dios....mi Salvador,

pues ha visto la humildad de su sierva!-,

A ti María de mi niñez,

en adelante te felicitarán todas las generaciones,

mujer del evangelio silencioso,

mujer vestida de oro,

con la luna bajo sus pies y corona de doce estrellas en su cabeza,

OH! María sin pecado concebida!

Rogad por nosotros que recurrimos a vos.....con tu mensaje:

- *Hagan todo lo que Él les diga.*

Porque tus lágrimas son hoy mis alegrías,

tus penas y desvelos son hoy mis éxitos,

tus deseos son hoy mis realidades,

tus más grandes sueños son hoy mis luchas,

tus cansancios son hoy mi descanso y fortaleza

y tu esmerado amor es hoy el sueño más grande por volverte a ver,

al ángel que Dios me dio por madre,

pues ni con mi vida entera podré superar y pagar todo lo que me diste.....

....**Hammerly de León Estrada** mil gracias, honraré tu nombre por siempre.

A mi compañero tanto en las artes como en la ciencia,

pues compartimos más que el café y amenas conversaciones,

compartimos, anhelos, sueños, ideas y lugares,

al eterno oyente y divertido conversador,

al jesuita no consumado,

el Caballero de Colón de frente serena y cálida sonrisa.

a mi mejor amigo,

I hombre bueno y responsable, mi padre, **Mario René Soto Saucedo,**

Ad majorem Dei gloriam (AMDG).

A mi hermana la joven de eterna sonrisa y sufrimiento silencioso: **Karla**,
Si necesitas un abrazo, yo tengo brazos y mimos,
Si necesitas consuelo tengo voz , aliento, sonrisas y paciencia para escucharte,
Si necesitas un consejo tengo tiempo, oídos e ideas,
Si necesitas quien te cuide yo estoy aquí con un corazón dispuesto y toda una vida para amarte.

A mi tía **Carol Yadira de León de Rosales**,
mi amiga y confidente,
que dicha la mía de que Dios me dio durante toda mi vida tu presencia
que dicha la mía tenerte siempre como una segunda madre.

A mi tía Lic. **Angélica de León de Gómez**,
la Providencia hecha mujer, admiro tu servicio, carisma y devoción para con los demás,
mi eterna asesora.... modelo de mujer profesional
que esto que alcanzamos hoy lo veas con el mismo orgullo como yo te veo a tí.

Al viejo Chapulín
Lic. **Manuel Antonio de León Estrada**,
porque tu auxilio y protección estuvieron siempre
en el momento justo y cuando más lo necesite.

A mi tía **Miriam Deleón de Pivaral** por su cariño y compañía,
en especial en todos esos momentos difíciles.

A **José Antonio, Carlos, Crista y María de los Ángeles Rosales de León**:
Ningún camino es largo para el que cree,
ningún esfuerzo es grande para el que ama,
ninguna cruz es vacía para el que lucha.
A mis hermanitos porque siempre me hicieron sentir amada.

A la **Escuela de Química** de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A mis catedráticos, en especial:
Lic. Rosa Marie Sandoval, Lic. Thelma de Gallardo, Lic. Jannette Wyler, Lic. Carlos Kleé, Lic. Igor
Slowing, M.Sc. Adolfo Leon Gross, Dr Alfredo Gálvez, Dr. Oscar Cobar,
porque inculcaron en mí algo más que conocimientos.

A la Lic. Diana Pinagel gracias por sus conocimientos, consejos y ayuda durante toda la carrera.

A Lic. Besie Oliva , Lic. Eugenia Domínguez, Vilma de Gomes, Yoly Bernard, Lucky Peralta,
por sus consejos amistad y ayuda.

A mis compañeros y amigos con los cuales compartí, con cada uno, de manera especial durante estos
años en la facultad y fuera de ella, a todos ellos mi amistad sincera por siempre y en especial a:
Roxana Hernández, Angie Escobar, Karina Montenegro. Magda Cabrera, Cariño Morales, Gabriela
Paniagua, Patricia Navas, Bagda Santisteban, Silvia Cervantes, Claudia Figueroa, Wendy Recinos,
Ricardo Veliz, Fausto Cano, Renato Torres, Carlos Tobar, Héctor Bol (y la demás banda de Mario
Soto), Edgar Gómez, Pedro Ordoñez, Emilio Reyes, Walter (Bran, Mansilla y Fuentes), Erick Estrada,
Abraham Vásquez, Luis Aguilar, David (Serrano y Delgado) y Pablo Tezén.

A mis amigos del Laboratorio de Contaminantes de Ambiente y Salud (LNS),
en especial a Luis Reyes y Lic. María del Carmen Castillo.

Al todo el personal del Departamento Técnico Científico de Ministerio Público gracias por su ayuda y
amistad en especial a: Ana de Gálvez, Ana Luisa de Rosales, Ing. Graciela Sánchez
y a los Licenciados: Elizabeth de Moreno, Ana Cecilia de Mayorga, Francisco Culajay, David Serrano,
Rossana Córdón, Tanea Ramos, Onelia Calderón, Gabriela Ríos y Brenda Tello.

A mis Amigos de la **Fraternidad Franciscana: Paz y bien,.....**
..gracias por su amistad y el compartir el Carisma de San Francisco y Clara de Asís,
en especial a Erick Ramás, Xiomara Esquivel, Ana Luisa, Yadira, Fraile Vinicio y Edwin.
Que el Señor te bendiga y guarde,
Que el Señor haga brillar su rostro sobre ti y te muestre su gracia,
Que te muestre su rostro y te de la paz, Que el señor les bendiga....JUFRA I. M.

AGRADECIMIENTOS POR LA REALIZACIÓN DE LA TESIS

- ⊕ A la Lic. Myriam Ovalle de Monroy Jefa del Departamento Técnico Científico del Ministerio Público de Guatemala, gracias por la realización, asesoría y ayuda en la realización mi tesis. A usted mi amistad sincera.
- ⊕ A M.Sc. Adolfo Leon Gross, por honrarme en su asesoría en la tesis, así como por su amistad y consejos.
- ⊕ Dr. Ph. Alfredo Gálvez Sinibaldi por su paciencia y ayuda.
- ⊕ Al Director de Escuela y revisor: Lic. Pablo Oliva, por sus grandes aportes en éste proyecto.
- ⊕ A mi asesor de estadística Lic. Oscar Federico Nave.
- ⊕ Dr. Ramón Orlando Díaz del Instituto de Ciencias Forenses (ICF) de San Juan, Puerto Rico. Gracias por sus comentarios y sugerencias en la realización del estudio.
- ⊕ A las instituciones:
 - Escuela de Química de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
 - Departamento Técnico Científico del Ministerio Público, Sección de Físico Química: Licenciada Rossana Cordón y Marvin Valenzuela.
 - Laboratorio de monitoreo del Aire (Edificio T-10 USAC)
 - Biblioteca de la Facultad de Arquitectura (USAC).
 - Municipalidad de Guatemala: Departamento de EMETRA y Catastro.
 - Instituto Geográfico Nacional (IGN).
 - Instituto de Ambiente.
 - Instituto de Energía y Minas (MEM): Departamento de Hidrocarburos y Laboratorio en especial al Ing. César Corado.
 - Instituto Nacional de Estadística (INE).
- ⊕ A mis enlaces de muestreo en especial a: Roxana Hernández, Karla Soto, María y Fredy Pineda, Carolina y Manuel Antonio de León, y al Dr. Jorge Franco.

JUNTA DIRECTIVA

| | |
|--|------------|
| M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán | Decano |
| Licda. Jannette Sandoval Madrid de Cardona | Secretaria |
| Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo | Vocal I |
| Licda. Liliana Vides de Urizar | Vocal II |
| Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez | Vocal III |
| Br. Roberto José Garnica Marroquín | Vocal IV |
| Br. Rodrigo José Vargas Rosales | Vocal V |

INDICE

| | | |
|----|--|----|
| 1. | RESUMEN..... | 11 |
| 2. | INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 3. | ANTECEDENTES..... | 14 |
| | 3.1 FUNDAMENTO FORENSE PARA EL ANÁLISIS DE DISPARO EN MANOS..... | 14 |
| | 3.2 NIVELES SIGNIFICATIVOS..... | 15 |
| | 3.3 NIVELES INSIGNIFICANTES..... | 15 |
| | 3.4 CIRCUNSTANCIAS QUE CARECEN DE VALOR CIENTÍFICO AL EXAMINAR LOS RESIDUOS DE DISPARO..... | 15 |
| | 3.5 CONSIDERACIONES AL CONCLUIR EN LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RESIDUO DE DISPARO..... | 18 |
| | 3.6 POLÍTICA INSTITUCIONAL PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO DE CASOS PARA EL ANÁLISIS DE RESIDUOS DE DISPARO EN MANOS..... | 18 |
| | 3.7 CRITERIOS UTILIZADOS ACTUALMENTE PARA DISCRIMINAR ENTRE LOS RESIDUOS Y EL AMBIENTE..... | 19 |
| | 3.8 CONSIDERACIONES PARA EL ESTUDIO DE NIVELES DE BARIO (Ba) Y ANTIMONIO (Sb) EN MANOS NO EXPUESTOS A AMBIENTE DE DISPARO..... | 20 |
| | 3.9 COMPENDIO SOBRE LA TÉCNICA E INSTRUMENTACIÓN DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN HORNO DE GRAFITO..... | 21 |
| 4. | JUSTIFICACIÓN..... | 27 |
| 5. | OBJETIVOS..... | 28 |
| 6. | HIPÓTESIS..... | 29 |
| 7. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 30 |
| | 7.1 UNIVERSO Y MUESTRA..... | 30 |
| | 7.2 MATERIALES..... | 30 |
| | 7.3 MÉTODOS..... | 36 |

| | |
|---|----|
| 7.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 43 |
| 8. RESULTADOS..... | 44 |
| 8.1 TABLA No 1: RESULTADOS DEL ANALISIS “RESIDUOS DE DISPARO” POR CUANTIFICACION DE METALES PESADOS PARA EL ESTUDIO DE NIVELES MÍNIMOS DE BARIO Y ANTIMONIO EN MANOS DE PERSONAS NO EXPUESTAS A AMBIENTE DE DISPARO DE 6 ZONAS ROJAS MUESTREADAS..... | 47 |
| 8.2 GRAFICO No. 1: COMPORTAMIENTO DEL ANTIMONIO EN 66 PERSONAS MUESTREADAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA DE GUATEMALA..... | 49 |
| 8.3 GRAFICO No. 2: COMPORTAMIENTO DEL BARIO EN 66 PERSONAS MUESTREADAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA..... | 50 |
| 8.4 GRAFICO No. 3: UNIÓN DEL GRAFICO 1 Y 2, PARA OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE LA TABLA-ANEXO 13.19, EN UNA MISMA ESCALA..... | 51 |
| 8.5 GRAFICO No. 4: UNIÓN DEL GRAFICO 1 Y 2, PARA OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE LA TABLA-ANEXO 13.19, EN DOS ESCALAS..... | 52 |
| 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 53 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 59 |
| 11. RECOMENDACIONES..... | 61 |
| 12. REFERENCIAS..... | 62 |
| 13. ANEXOS..... | 65 |
| 13.1 DIAGRAMA PARA TOMA DE MUESTRA..... | 66 |
| 13.2 MAPAS GEOGRÁFICOS DE LAS AREAS DE MUESTREO..... | 67 |
| 13.3 CUESTIONARIO PREVIO A REALIZAR EL MUESTREO..... | 71 |
| 13.4 CURVA DE CRECIMIENTO DE POBLACIÓN DE LA CIUDAD DE GUATEMALA..... | 72 |
| 13.5 CARACTERIZACIÓN DE LOS LUGARES MUESTREADOS..... | 73 |
| 13.6 PATRONES DE ASENTAMIENTO DEL AREA METROPOLITANA..... | 74 |
| 13.7 CLASIFICACIÓN DE COMERCIO POR TIPO Y ZONA PARA LA | |

| | |
|--|----|
| CIUDAD DE GUATEMALA..... | 75 |
| 13.8 PATRONES DE ASENTAMIENTO COMERCIAL, NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS ZONA 1..... | 76 |
| 13.9 RED VIAL PRIANCIPAL DE LA CIUDAD METROPOLITANA..... | 77 |
| 13.10 PARQUES Y ÁREAS VERDES EXISTENTES DEL ÁREA METROPOLITANA..... | 78 |
| 13.11 MAPA DE URABANISTICO DE LAS AREAS I Y II: ZONA 1-CENTRO Y 3-..... | 79 |
| 13.12 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DEL AREA III: SAN RAFAEL LA LAGUNA-ZONA 18..... | 80 |
| 13.13 RELIEVE TOPOGRÁFICO DE LA PENÍNSULA DE EL MEZQUITAL.. | 81 |
| 13.14 MAPA DE DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA VI: EL MEZQUITAL-ZONA12. | 82 |
| 13.15 CARTA DEL DEPARTAMENTO DE HIDROCARBUROS Y LABORATORIO DEL MINISTERIO DE ENERGÍA MINAS..... | 83 |
| 13.16 ARCHIVO SOBRE ALGUNA INFORMACIÓN TABULADA DE LOS 66 INDIVIDUOS DE MUESTREO..... | 84 |
| 13.17 TABLA SOBRE POSITIVOS DE DISPARO..... | 86 |
| 13.18 TABLA AXEXO: MUESTRAS QUE GUARDAN RELACIÓN ENTRE SÍ DENTRO DE LOS RESULTADOS DE LA TABLA No.1..... | 87 |
| 13.19 RESULTADOS REPRESENTATIVOS OBTENIDOS DE LA TABLA No. 1 PARA EL ESTUDIO DE NIVELES MÍNIMOS DE BARIO Y ANTIMONIO EN MANOS DE PERSONAS NO EXPUESTAS A AMBIENTE DE DISPARO, DEL ÁREA METROPOLITANA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN LA SECCIÓN FÍSICO-QUÍMICA..... | 88 |
| 13.20 TABLA ANEXO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO: VARIANZA, DISTRIBUCIÓN ESTÁNDAR, PERCENTILES $P_{0.5}$ - $P_{99.5}$ | 89 |
| 13.21 FIRMAS..... | 90 |

1. RESUMEN

Los residuos de un disparo se subdividen en dos partes, una proveniente del fulminante, por residuo de metales (Ba, Sb, Cu, Pb); y la del Residuo de disparo propiamente dicho (NO_2), producto de la pólvora del proyectil de arma de fuego (4). Los ambientes libres de residuos de disparo por fulminante contienen cantidades particulares de bario (Ba) y antimonio (Sb), por efecto de actividades rutinarias de la comunidad, siendo contaminantes normales o por efecto de anteriores detonaciones.

Anteriormente los valores de referencia utilizados en Guatemala eran los publicados en México y San Juan Puerto Rico, aceptados por la comunidad forense internacional, de allí la creación del presente estudio de la región (6).

El Ministerio Público realiza la prueba de residuos de disparo por fulminante en la periferia de la ciudad metropolitana cuyas áreas muestreadas, se basaron en incidentes criminales con el uso de arma de fuego del 2003.

La recolección y análisis de las muestras se basó en los procedimientos oficiales concernientes a un sospechoso de disparo por arma de fuego utilizando la técnica de Absorción Atómica con horno de grafito (3, 5 y 11).

Es difícil caracterizar la contaminación por metales pesados por lo que se usó el diseño experimental, para lograr la representatividad del estudio con 11 voluntarios de cada Área para un total de 66 muestras.

Los resultados indican que los niveles de bario (\bar{y} -0.187 μg , s-0.2129442, R-0.633, $P_{0.5}$ -0.00644 y $P_{99.5}$ -0.5335)¹, tienen una mayor dispersión y complejidad que los de antimonio (\bar{y} -0.017 μg , s-0.02274 , R-0.059, $P_{0.5}$ -0.00157 y $P_{99.5}$ -0.0623), debido a su abundancia en el ambiente, aún así son distintos a los provenientes de un ambiente de disparo, pues fueron sometidos a los mismos criterios que para con un sospechoso. Los criterios fueron tomados en cuenta tanto para el diseño del análisis estadístico como a las observaciones analíticas empíricas del Laboratorio Físico-químico de la Dirección Técnico-Científico del Ministerio Público (DTC-MP) y las sugeridas por el Instituto de Ciencias Forenses (ICF) de San Juan, Puerto Rico.

¹Promedio, Desviación estándar, Rango y Percentiles 0.5 y 99.5 respectivamente.

2. INTRODUCCIÓN

Anualmente son muchos los casos en que la delincuencia a todo nivel utiliza arma de fuego, este comportamiento es un índice de violencia que afecta a muchas comunidades (1). Se ha calculado que más del 75% de las muertes se dieron por herida de proyectil de arma de fuego; de este total el 54% se realizaron en el área metropolitana de la República guatemalteca, en el 2003.²

El Ministerio Público (MP) y la Policía Nacional Civil (PNC), así como entidades a cargo de las investigaciones pertinentes, realizan entre otras, la prueba de “Residuos de Disparo”, y a su vez lo utilizan como prueba científica en el ámbito legal. En los últimos dos años el Ministerio Público utilizó análisis de Residuos de Disparo en 550 casos.

Los elementos bario (Ba) y antimonio (Sb) son componentes presentes en alrededor del 80% del fulminante, encontrados como residuos en las manos de quién dispara un arma de fuego luego de una detonación (2). Es raro encontrar niveles altos de los analitos en individuos que no estén asociados con arma de fuego o algún componente de munición (3).

Los residuos de un disparo se subdividen en dos partes, una proveniente del fulminante, por residuo de metales (Ba, Sb, Cu, Pb); y la del Residuo de disparo propiamente dicho (NO_2)³ (4). Los ambientes libres de residuos de disparo contienen cantidades particulares de bario (Ba) y antimonio (Sb), por efecto de actividades rutinarias de la comunidad y que son contaminantes normales o por efecto de anteriores detonaciones.

² Fuente Bomberos Voluntarios de Guatemala.

³ Emisión expansiva como producto de la pólvora del proyectil.

El método analítico, resultado de investigaciones del FBI⁴, ICF⁵ y muchos otros colaboradores forenses, se lleva a cabo por la Técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito, cuyos resultados son interpretados en función de otros criterios⁶ propios del caso (4-8).

Los puntos a muestrear, elegidos, sobre la incidencia de disparo proporcionada por los bomberos y avalada por el Ministerio Público en el del área Metropolitana son: Zona 1 (4^{ta} Ave. a 16^{va} Ave. y 12 calle a 22 calle), Zona 3 (El Gallito), Zona 18 (San Rafael La Laguna II), Zona 19 (El Milagro), Zona 21 (Ciudad Real), Mezquital (Zona 12), se les realizó análisis estadístico. Un ambiente libre de disparo, es indicativo que al momento del muestreo, no habrá detonaciones con arma de fuego, pues el valor de la investigación radica en determinar niveles generados por otros contaminantes en los lugares de mayor incidencia de lo contrario no será útil como patrón de referencia.

Los valores de referencia utilizados a nivel forense en Guatemala son resultados publicados en México y San Juan Puerto Rico, aceptados por la comunidad forense internacional; su aplicación, en algunos casos, le resta confiabilidad y respaldo científico como prueba incriminatoria o de descarte a los dictámenes generados. Por ello es necesario realizar un estudio de la región (6).

⁴ Siglas en Ingles de Federal Bureau Investigations of United State

⁵ Siglas del Instituto de Investigaciones Forenses de San Juan, Puerto Rico.

⁶ Véase en sección de antecedentes.

3. ANTECEDENTES

3.1 FUNDAMENTO FORENSE PARA EL ANÁLISIS DE DISPARO EN MANOS:

3.1.1 GENERALIDADES:

La comunidad forense internacional sugiere procedimientos para el análisis de residuos de disparo tanto a nivel método como condiciones instrumentales (3, 5, y 9).

En Guatemala el procedimiento fue proporcionado por el Instituto de Ciencias Forenses de San Juan, Puerto Rico, institución que informa que anualmente el FBI recibe aproximadamente mil casos destinados a análisis de residuos de disparos en manos. Algunos de los casos no son aptos debido, principalmente, a un concepto erróneo con respecto al uso del mismo.

El análisis no puede diferenciar la siguiente información (3):

3.1.1.1 Los elementos bario (Ba) y antimonio (Sb) son componentes presentes en la mayoría de las mezclas para fulminante o “primer” de las municiones, y son comúnmente encontrados como residuos de disparo.

3.1.1.2 Niveles significativos de estos metales pueden ser depositados en las manos de:

3.1.1.2.1 Aquel que ha disparado un arma de fuego.

3.1.1.2.2 Aquel que esté cercano al arma de fuego cuando está disparada.

3.1.1.2.3 Aquel que ha manejado alguna arma de fuego o componente de munición contaminado.

El valor del análisis de residuos de disparo en manos para el análisis de los metales bario y antimonio esta basado en estas propiedades (10).

3.2 NIVELES SIGNIFICATIVOS (3 y 9):

Cuando se detectan niveles elevados de bario y antimonio, provenientes típicamente de residuos de disparo, son descritos como niveles *significativos*. La manera en que ocurrió la deposición de los residuos de disparo en las manos no se puede inferir o determinar con el análisis.

3.3 NIVELES INSIGNIFICANTES (3 y 9):

Cuando los niveles de bario y antimonio no son detectados, entonces estas cantidades son descritas como niveles *insignificantes*. Las cantidades insignificantes pueden ser encontradas en individuos que:

- 3.3.1 No han estado en un ambiente de residuos de disparo.
- 3.3.2 Haber estado en un ambiente de residuos de disparo pero cantidades significativas no se depositaron en sus manos.
- 3.3.3 Habérsele depositado residuos de disparo significativamente en sus manos pero se removieron parte o totalmente antes del muestreo.
- 3.3.4 Se realizó un muestreo inapropiado.

3.4 CIRCUNSTANCIAS QUE CARECEN DE VALOR CIENTÍFICO AL EXAMINAR LOS RESIDUOS DE DISPARO (3 y 4):

3.4.1 Ejemplo de las Circunstancias *más comunes*:

- 3.4.1.1 Personas víctimas de Disparo: Si a un individuo le disparan a distancia corta entonces es conocido que este individuo ha estado en un ambiente expuesto a Residuos de disparo. Por lo que el examen no provee ninguna información de valor. Esto no solo aplica a víctimas de suicidio sino a cualquier otro individuo que se le ha disparado a corta distancia.

- 3.4.1.2 Personas en posesión de un arma de fuego: Si un individuo es encontrado en posesión de un arma de fuego, entonces es conocido que la persona está relacionada con un arma de fuego. Ya que el examen de residuos de disparo no puede determinar si el individuo disparó, entonces el análisis de residuos de disparo no provee información de valor.
- 3.4.1.3 Declaraciones por el sospechoso: Si el sospechoso admite haber disparado, forcejeado con el arma, realizado disparos accidentales, efectuado movimiento del arma en caso de suicidio, el análisis no puede indicar como fue el suceso en cuestión. Las cantidades significativas de bario y antimonio encontradas en un individuo en estas situaciones no pueden confirmar o refutar declaraciones del sospechoso, solo puede indicar una asociación con un arma de fuego o algún componente de la munición que ya fue admitida. Los niveles insignificantes no excluyen al sospechoso de estar asociado con un arma de fuego. *Las muestras deben ser tomadas siempre,* pero solo sometidas a análisis si el individuo se retracta de la relación con el arma de fuego.
- 3.4.1.4 Componentes del fulminante de la munición: Varias compañías fabrican municiones (Rimfire Cartridge) que no contienen bario ni antimonio en sus fulminantes. Otras no contienen antimonio. Si en un caso se disparan este tipo de municiones el análisis de residuos de disparo no proveería información de valor.
- 3.4.1.5 Actividades realizadas después del disparo: Según el FBI, cualquier cantidad de residuos de disparo en las manos es

normalmente reducida por las actividades que realiza una persona viva, a tal punto que si ha transcurrido un lapso de *cinco horas*, no se obtiene ninguna información de valor con el análisis de residuos de disparo. Por tal razón si es conocido que un individuo se ha lavado las manos provee una información ambigua.

3.4.1.6 Otras superficies para la determinación de residuos de

fulminantes: La interpretación del análisis utiliza la experiencia con respecto a las cantidades encontradas en *individuos no asociados o de referencia, con residuos de disparo del fulminante* y las cantidades que pueden ser depositadas en un individuo cuando se está en un ambiente expuesto a residuos de disparo. No hay experiencia correspondiente disponible para otras superficies tales como ropa, etc. Aún realizando alguna investigación adicional y necesaria, asumiendo que fuera confiable, muy poco valor puede ser otorgado al detectar cantidades de bario y antimonio en dichas superficies.

3.4.1.7 Examen de residuos de disparo para eliminar sospechosos:

Puesto que cantidades insignificantes de antimonio y bario no descartan que un individuo ha estado en un ambiente de residuos de disparo el realizar un análisis para eliminar un individuo como sospechoso en una investigación de disparo resulta inapropiada.

3.5 CONSIDERACIONES AL CONCLUIR EN LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RESIDUO DE DISPARO, SEGÚN CASOS ANTERIORES(4):

Los resultados y la interpretación de la prueba del espectrofotómetro de Absorción Atómica no cumplen con las expectativas de aquellos que solicitan la prueba. Produce más confusión sobre el significado de los resultados que lo que aclara. Por esa razón que se debe limitar el tipo de casos que se realiza esta prueba.

Se deben analizar los valores mínimos de referencia y ver la política institucional para la aceptación o rechazo de casos para el análisis de residuos de disparo en las manos.

3.6 POLÍTICA INSTITUCIONAL PARA LA ACEPTACIÓN O RECHAZO DE CASOS PARA EL ANÁLISIS DE RESIDUOS DE DISPARO EN LAS MANOS (4 y 9):

- 3.6.1 Serán aceptados los casos con sospechosos o casos bajo investigación por haber cometido el delito de asesinato, tentativa de asesinato u homicidio.
- 3.6.2 Se aceptará la muestra de residuos de disparo en las manos que se tome en un período menor de cinco horas del alegado disparo. Para cadáveres éste criterio no aplica.
- 3.6.3 Se aceptará todo aquel caso cuya evidencia y controles hayan sido recolectados, embalados, identificados, preservados y documentados adecuadamente.
- 3.6.4 Todo cadáver cuyas circunstancias de muerte requiera el análisis de residuos de disparo, debe venir acompañado por el Formulario de

Recolección de Residuos de Disparos en las manos, debidamente cumplimentado por agentes del orden público o fiscal.

3.6.5 La evidencia sometida será aceptada si el Formulario de Recolección de Residuos de Disparo en las Manos está debidamente cumplimentado.

3.6.6 No se aceptaran las muestras de suicidios, así como de muertos o heridos por armas de fuego.

3.6.7 Otros casos podrían ser aceptados mediante la evaluación de las circunstancias y a discreción del Supervisor de la Sección, Dirección ejecutiva o de laboratorio de Química Forense del Instituto o dependencia pertinente.

3.7 CRITERIOS ACTUALES UTILIZADOS PARA DISCRIMINAR ENTRE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DE HABER DISPARADO UN ARMA DE FUEGO Y DEL AMBIENTE (6 y 11):

3.7.1 Los Residuos depositados en manos de un tirador son generalmente mayor en los dorsos que en las palmas. La dependencia es casi siempre del tipo de arma y munición usada.

3.7.2 $1 \leq \text{Bario} : \text{Antimonio} \leq 10$: La relación de masa del bario contra el antimonio es casi siempre, entre 1 a 10, en la cual se basa el método en su cuantificación. Los datos efecto del ambiente pueden alterar la anterior relación, especialmente el bario, el cual es más abundante que el antimonio en los no tiradores.

3.7.3 Criterios o parámetros de referencia mínimos, según estudio del Instituto de Ciencias Forenses de San Juan Puerto Rico, utilizado por el Ministerio Público de Guatemala como prueba de disparo (6, 9 y 11):

3.7.3.1 Bario (Ba): 0.4 µg/ dorso de mano (*anexo 13.1*).

3.7.3.2 Antimonio (Sb): 0.04 µg/ dorso de mano (*anexo 13.1*).

3.8 CONSIDERACIONES PARA EL ESTUDIO DE NIVELES DE BARIO Y ANTIMONIO EN MANOS DE PERSONAS NO EXPUESTAS A AMBIENTE DE DISPARO (5 y 6):

Por documentación Instituto de Ciencias Forenses de San Juan, Puerto Rico (*ICF*), cuando una persona dispara un arma de fuego, en sus manos pueden depositarse los elementos químicos: antimonio (Sb), bario (Ba), plomo (Pb), cobre (Cu) y otros, provenientes del contenido del fulminante. Las cantidades de los anteriores componentes se pueden encontrar de manera variable en el ambiente como consecuencia de la contaminación: por procesos industriales, procesos agroquímicos, geoquímicos, o actividades de la comunidad como pintura, fumigaciones, etc., por lo que pueden existir de manera normal, valores mínimos cuantificables que establecen un patrón repetitivo o común en una zona específica.

A nivel forense los metales determinados y cuantificados son únicamente bario y antimonio, debido a:

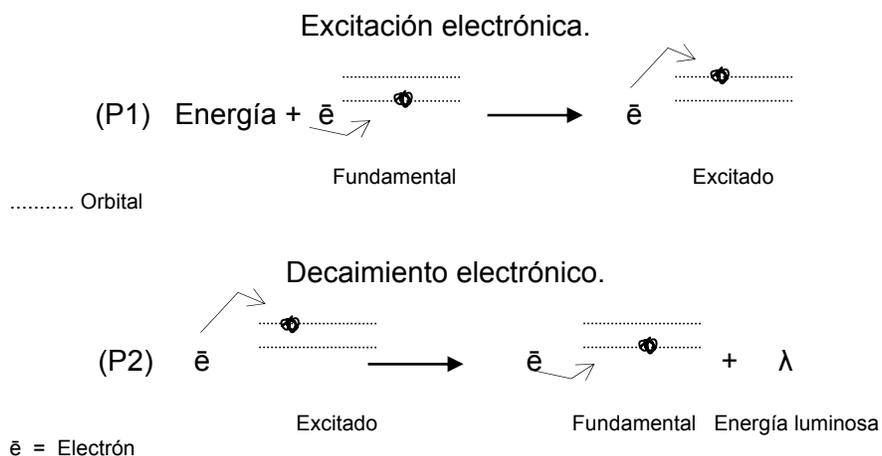
3.8.1 Son usados en la mayoría o casi en su totalidad por fábricas de fulminantes.

3.8.2 Son poco frecuentes como contaminantes ambientales. Por lo que si una persona sospechosa es sometida a un análisis de residuos de fulminante en las manos, deben tomarse en cuenta los valores mínimos que previamente se determinaron en el análisis y con el blanco se sustrae el valor total.

- 3.8.3 La cantidad de componentes del fulminante en las manos del tirador o quién dispare luego de la detonación dependerá del calibre, tipo de arma, estado de la misma, cantidad de detonaciones, tiempo transcurrido entre la toma de muestra y la detonación, uso de algún tipo de guantes al momento del disparo y otros.
- 3.8.4 Las personas que se encuentran en ambiente libre de residuos de disparo pueden tener en el dorso de sus manos bario como efecto de los siguientes oficios: mineros, electricistas, mecánicos del sistema eléctrico, obreros en la industria del caucho, pinturerías, coheteros, manipuladores de venenos para ratas y laboratoristas de Rayos X, en forma de sales y óxidos de bario, siendo los últimos los más comunes. La anterior situación exige al profesional de la Química, efectuar una toma adicional de otra parte del cuerpo que servirá de referencia (10 y 12).
- 3.8.5 En lo que respecta al antimonio las personas pueden tenerlo en el dorso de sus manos como consecuencia de las labores en: imprenta, metalurgia (peltración, materiales de antifricción), minería, vulcanizadoras de caucho, producción de vidrio pintado y porcelana. Éste tipo de contaminación requiere un análisis extra como se refiere en el anterior inciso (10).
- 3.9 COMPENDIO SOBRE LA TÉCNICA E INSTRUMENTACION DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN HORNO DE GRAFITO:
- 3.9.1 Fundamento químico de la absorción atómica (13, 14 y 15):
- Un elemento dado tienen una estructura electrónica única que lo caracteriza, como ejemplo, la longitud de onda de la luz emitida es una propiedad específica y que caracteriza a cada elemento.

En la figura 1, el principio químico de la absorción atómica, una muestra se somete a alta energía y temperatura con una determinada longitud de onda, produce átomos al estado excitado (P1), pudiéndose medir la intensidad de la luz emitida por el decaimiento de energía (P2). Dicho proceso se lleva a cabo consecutivamente.

Figura 1: Proceso de Absorción Atómica (13 y 14).



La nube de átomos requerida para mediciones en Absorción Atómica, es por la adición de suficiente energía térmica a la muestra para disociación de los componentes químicos en átomos libres.

3.9.2 Principios importantes de operación en un instrumento de Absorción Atómica con horno de grafito (14):

Los espectros atómicos *Uv* y *Visible* se obtienen por un adecuado tratamiento térmico. Dentro de la teoría general de Espectroscopia atómica, se encuentra la acoplada con horno de grafito llamada actualmente *electrotérmica*.

La facilidad del uso del horno de grafito también radica en que se puede analizar directamente muestras sólidas sin disolución previa (15).

3.9.2.1 Cuidados y cualidades de los tubos de grafito:

Las características del material para el tubo de grafito y así mantener sensibilidad y reproducibilidad de resultados son (17, 18 y 19):

- 3.9.2.1.1 Baja porosidad.
- 3.9.2.1.2 Excipientes químicos inertes.
- 3.9.2.1.3 Bajo nivel de impurezas de metal.
- 3.9.2.1.4 Buena conductividad térmica.
- 3.9.2.1.5 Alta rigidez.
- 3.9.2.1.6 Alto punto de fusión.
- 3.9.2.1.7 Costo rentable.
- 3.9.2.1.8 Facilidad de cambio.
- 3.9.2.1.9 Baja expansión térmica.

La vida del tubo depende de la matriz y la temperatura usada en la atomización (18 y 19).

Otra manera de prever la oxidación rápida del grafito es con el uso de tubo o *grafito pirolítico*, esta placa de carbón, por descomposición térmica forma vapor orgánico, sello del grafito poroso, por lo que no puede absorber átomos extraños a la muestra. Se puede mitigar efectos de matriz y de mala reproducibilidad *reduciendo la porosidad natural* del tubo (14 y 15).

La denominada *plataforma L'vov*, que utilizan con frecuencia los hornos, como lo indica su nombre, contienen una plataforma de grafito (19). La cual está recubierta con una

capa delgada de grafito pirolítico en un medio altamente homogéneo que sella los poros del tubo de grafito.

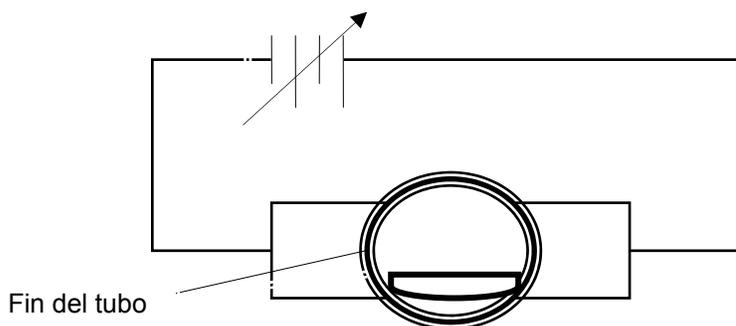


Figura 2: Sección transversal de un tubo de grafito con plataforma L'vov, mantiene la temperatura cercana al orificio a una temperatura constante. La curva de la plataforma es constante, por lo que el calor se irradia por toda la pared. (14)

3.9.2.2 Mecanismo del horno de grafito:

El horno se calienta en una secuencia programada de temperatura y tiempo por la fuente de poder del horno (13):

3.9.2.2.1 Se seca la muestra a 100 °C.

3.9.2.2.2 Se eleva la temperatura para carbonización y pre-atomización, teniendo control en la temperatura para evitar la volatilización de muestra.

3.9.2.2.3 Se calienta el horno a temperatura de atomización del analito y producción de Absorción Atómica.

3.9.2.2.4 Período de enfriamiento.

El horno es calentado transversalmente (de lado a lado) por una temperatura uniforme. Antiguamente los hornos se diseñaba con calentamiento *longitudinal* (salida a salida o entrada a salida), por lo que el centro no tenía la misma temperatura, pues los átomos de la región se corrían a las salidas y se vaporizaban junto

con la otra corrida. A estas interferencias en corridas previas se les llama efecto de memoria (14)

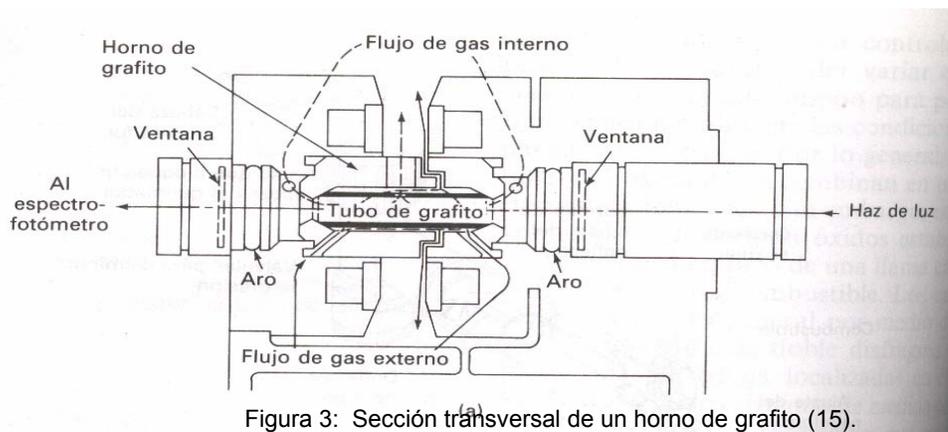


Figura 3: Sección transversal de un horno de grafito (15).

3.9.3 Matrices modificadores para hornos (14):

El Bario, que se presenta como BaO que es uno de los analitos en la investigación se le adiciona $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ al 4% p/v, el *fosfato*, lo cual evita la interferencia del calcio de la muestra en el análisis (8 y 20).

3.9.4 Tipos de interferencias (14 y 15):

3.9.4.1 Interferencia espectral:

Refiere el solapamiento de la señal del analito entre dos o más analitos o moléculas en la muestra o con señales del horno. La interferencia puede ser eliminada usando D_2^7 , *Smith-Hieftje* o *Zeeman Background Correction*⁸. La mejor manera de eliminar el solapamiento entre líneas o diferentes elementos en la muestra está en escoger la longitud de onda para el análisis.

Cuando los elementos forman óxidos diatómicos muy estables son atomizados de manera incompleta a la temperatura del horno, entonces el espectro de la molécula da una señal borrosa o muy compleja, como en el caso del Bario,

⁷Lámpara de Deuterio para corrección de fondo y/o ruido.

⁸Mecanismo de corrección similar a la lámpara de deuterio.

mantiene combinadas las transiciones vibracionales y rotacionales con transiciones electrónicas.

3.9.4.2 Interferencia química:

Se da cuando algún componente de la muestra decrece la atomización del analito. Para ello se adicionan agentes relajantes como el Ácido etilendiamintetraacético (EDTA) y 8-hidroxiquinolina que protege al calcio por efectos de interferencia antes mencionados.

3.9.4.3 Interferencia por emisión:

Se da donde la ionización decrece la concentración por átomos neutros.

3.9.5 Límites de detección (14 y 15):

Generalmente los valores mínimos de detección en el horno de grafito son mucho menores que los de llama, debido a su gran sensibilidad, éstos se encuentran de 0.002 a 0.01 ng/mL o 2×10^{-6} a 1×10^{-5} ppm, pero es preferible establecer por elemento ya que difieren mucho unos de otros.

3.9.5.1 Para el Bario se tiene contemplada, en la bibliografía un límite de detección de *0.04 ng/mL (0.0004 mg)* para el horno de grafito (14).

3.9.5.2 Para el Antimonio los valores van desde *0.15 a 0.20 ng/ml (0.0015-0.0020 mg)* en horno de grafito (14).

4. JUSTIFICACIÓN

Cuando una persona dispara un arma de fuego, en sus manos pueden depositarse los elementos químicos: antimonio (Sb), bario (Ba), plomo (Pb), cobre (Cu) y otros, provenientes del contenido del fulminante. Las cantidades de los anteriores componentes se pueden encontrar de manera variable en el ambiente como consecuencia de la contaminación: por procesos agroquímicos e industriales. Estos metales también pueden estar derivados de las actividades rutinarias en la comunidad como pintura, fumigaciones, etc. Por lo que pueden existir de manera normal, valores mínimos cuantificables que establecen un patrón repetitivo o común en una zona específica. A nivel forense los metales determinados y cuantificados son únicamente Bario y Antimonio por:

- A) Ser usados en la mayoría o en casi su totalidad por las fábricas de fulminantes.
- B) Ambos son menos frecuentes como contaminantes ambientales.

Por lo que si una persona sospechosa es sometida a un análisis de residuos de fulminante en las manos, se deben tomarse en cuenta los valores mínimos.

Hasta donde se conoce, no existe, en la República de Guatemala, un estudio de niveles mínimos de bario y antimonio en manos de personas no expuestas a ambiente de disparo, por lo que es necesario crear estándares propios para que tengan mayor validez y confiabilidad.

En Guatemala, a nivel forense se utilizan como parámetros normales o mínimos de Bario y Antimonio los publicados por México y San Juan Puerto Rico y aceptados por la comunidad forense internacional, pero su aplicación a nuestro país, en algunos casos le resta a los Análisis de Disparo por arma de fuego: confiabilidad y respaldo científico como prueba incriminatoria o de descarte, según sea el caso, tanto para el analista como para los tribunales que valoran la prueba.

Este estudio es un apoyo científico de los profesionales del área química a las ciencias jurídicas, la aplicación de la justicia y determinación de la verdad, dentro del campo legal.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General:

Determinar los niveles mínimos de bario y antimonio que están presentes en el dorso de las manos de personas que no están expuestas a ambiente de disparo en el Área Metropolitana de la República de Guatemala.

5.2 Objetivos Específicos:

- 5.2.1 Detectar y cuantificar los niveles de bario y antimonio que están presentes en el dorso de las manos de personas que no están expuestas a ambiente de disparo por Espectroscopía de Absorción Atómica por Horno de Grafito.
- 5.2.2 Clasificar por zonas de riesgo los niveles mínimos de bario y antimonio encontrados en el dorso de las manos que no están expuestas a ambiente de disparo en el área metropolitana de la República de Guatemala.
- 5.2.3 Establecer la concentración mínima de estos metales, que se debe considerar como patrón de descarte en la determinación de bario y antimonio.

6. HIPÓTESIS

Es posible establecer niveles mínimos de bario (Ba) y antimonio (Sb) en personas que viven en el Área Metropolitana de la República de Guatemala, para utilizarse como patrones de comparación o descarte con muestras forenses de residuos de disparo.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Universo:

7.1.1 Población: *Residuo de bario (Ba) y antimonio (Sb) en dorsos manos de personas, no expuestas a ambiente de disparo, en el Área Metropolitana de la República de Guatemala.*

7.1.2 Muestra: *Residuos de bario (Ba) y antimonio (Sb) en dorsos de manos de 66 personas residentes en seis “zonas rojas o de alto riesgo” del Área Metropolitana, (11 muestras por zona), no expuestas a ambiente de disparo de la Republica de Guatemala.*

7.2 Materiales (3 y 5):

| MATERIALES | CANTIDAD | DIMENSIONES | TIPO/MATERIAL |
|------------------------------|----------|---|--|
| Botellas. | 3 | 100, 500 y 1000 mL | Teflón. |
| Copas plásticas. | 150 | 1 μ L | Desechables para automuestreador |
| Etiquetas | 200 | 1 cm ³ | Blancas adhesivas. |
| Gradilla | 1 | Para 72 tubos | Recubierta de teflón. |
| Tubos de ensayo. | 200 | 12 X 75 mm | Polipropileno, con tapa de presión (snap-top). |
| Marcador. | 1 | ----- | Tinta permanente, |
| Pipetas. | 3 | 10-100 μ L, 100-1000 y 500-2500 μ L. | Eppendorf o equivalentes. |
| Hisopos | 400 | normales | Estériles de una punta. |
| Bolsas | 200 | 12 X 12 cm | Tipo ziploc plásticas con cierre hermético |
| Puntas. | 300 | para 10-100 μ L, 100-1000 y 500-2500 μ L. | Plásticas, para Eppendorf. |
| Tijeras. | 1 | manuales | De acero inoxidable. |
| Tubos para horno de grafito. | 5 | ----- | Grafito, con revestimiento pirolítico. |
| Guantes | 5 pares | Medianos | Bajos en metales. |

7.2.1 Cristalería (3 y 5):

| CRISTALERÍA | CANTIDAD | DIMENSIONES | TIPO/MATERIAL |
|-------------------|----------|--------------------|-------------------------|
| Balones de aforo. | 3 | 100, 500 y 1000 mL | Pyrex, grado A |
| Beackers | 2 | 25 y 100 mL | Polipropileno o teflón. |
| Pipetas. | 4 | 5, 10, 25 y 50 mL | Serológicas, pyrex. |
| Probetas. | 3 | 25, 50 y 100 mL | pyrex. |

7.2.1 Reactivos (3, 5, 10, 20 y 21):

7.2.1.1 Características químicas y físicas de los reactivos.

| NOMBRE | ACIDO NÍTRICO | FOSFATO DE AMONIO. | ACIDO SULFURICO |
|---|---|---|---|
| FÓRMULA CONDENSADA | HNO ₃ | NH ₄ H ₂ PO ₄ | H ₂ SO ₄ |
| NOMBRES COMUNES | Agua fuerte, Anhidro. | Fosfato de amonio monobásico o primario. | Aceite de vitriol. |
| CANTIDADES TOTALES | ≈200 mL. | 4 g | 10 mL |
| CALIDAD, CONCENTRACIÓN /PUREZA | 99% p/p (el ácido concentrado está en una solución de agua que contiene 70-71% de HNO ₃) | 4% p/v | 98% |
| PUNTO DE EBULLICIÓN O FUSIÓN EN °C | - 41.59° | No reporta | 10° |
| | 83° | No reporta | 290° |
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS | Líquido incoloro, Al aire emana vapor, fuerte y corrosivo. Cuando es <i>ultrapure</i> en presencia de luz forma NO ₂ , H ₂ O y O ₂ alrededor del punto de congelación. | Cristales a polvos incoloros a blancos, Estables al aire. | Líquido aceitoso, claro a coloreado ligeramente. Muy corrosivo, tiene gran afinidad al agua del aire. |
| DENSIDAD EN g/ml | 1.50269 | 1.80 | 1.84 |
| SOLUBILIDAD | Agua. Agente oxidante, reacciona violentamente con alcoholes. Forma sales con bases fuertes y débiles. Ataca metales menos Al y Cr. | 1 g/ 2.5 mL de agua; ligeramente soluble en alcohol, insoluble en acetona. pH soln. ac 0.2 M 4.2. | Miscible en agua y alcohol con generación de calor y contracción de volumen. |
| MANEJO, PRECAUCIONES, LD50, ANTÍDOTO | Irritante por exposición de mucosas, ojos; edema pulmonar, neumonitis y bronquitis, erosión dental. Sírvese en campana con equipo de seguridad. Absorción cutáneamente se adiciona suficiente agua para eliminar. | Agente reductor, usese guantes para evitar absorción cutánea, usese en lugares ventilados. | LD50 oral en ratas: 2.14 g/Kg (Smyth). Irritante fuerte con gases corrosivos. Mantengase bien tapado y sívase en campana con equipo de seguridad. |

| NOMBRE | ARGÓN | ISOPROPANOL |
|---|--|--|
| FÓRMULA CONDENSADA | Ar ₂ | C ₃ H ₈ O |
| NOMBRES COMUNES | Argón. | 2-propanol, isopropil alcohol, petrol. |
| CANTIDADES TOTALES | ≈1/4 cilindro de gas. | 50 mL |
| CALIDAD, CONCENTRACIÓN /PUREZA | 99%, certificado. | AGC |
| PUNTO DE EBULLICIÓN O FUSIÓN EN °C | 87.28 K | 82.05°. flash point en frasco 11.7° |
| | Temperatura triple 83.80 K | 88.5° |
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS | Gas natural estable, inodoro, inodoro, sin sabor, monoatómico, inerte. | Líquido flamable, olor ligero a la mezcla de etanol y acetona. |
| DENSIDAD EN g/ml | 5.767 Kg/m ³ | 1.80 |
| SOLUBILIDAD | Soluble a 20°C 33.6 cc/Kg de agua. Soluble en líquidos orgánicos. | Miscible en agua, alcohol, éter y cloroformo. Insoluble en soluciones alcalinas. |
| MANEJO, PRECAUCIONES, LD50, ANTÍDOTO | Puede ser causa de asfixia. Manténgase en lugar ventilado. | LD ₅₀ oral en ratas: 5.8 g/Kg (Smyth Carpenter). Evitar exposición en ojos, nariz y traquea. Lávese con agua. |

7.2.1 Soluciones (3 y 5):

7.2.1.1 Solución para lavado de cristalería: (Este procedimiento elimina cualquier metal pesado presente)

- 7.2.1.1.1 Lavar la cristalería con detergente EXTRAN bajo en fosfatos y metales.
- 7.2.1.1.2 Sumergir en Solución de HNO₃ al 10% (v/v) por 48 horas.
- 7.2.1.1.3 Enjuagar con agua desionizada por lo menos 3 veces. El agua desionizada debe contener <17.0 megaohmios en conductividad.

7.2.1.2 Soluciones estándares Certificadas: (adquiridas comercialmente)

7.2.1.2.1 1000 µg/mL (ppm) de bario en 2% de HNO₃.

7.2.1.2.2 1000 µg/mL (ppm) de antimonio en 2% de HNO₃.

7.2.1.3 Solución de HNO₃ al 5% (v/v).

7.2.1.3.1 Añadir cuantitativamente 50 mL de HNO₃ concentrado (Utilice guantes, mascarilla y sírvase en campana), a un balón aforado de 1000 mL.

7.2.1.3.2 Aforar con agua desionizada.

7.2.1.3.3 Transferir a una botella de teflón de 1000 mL de capacidad.

7.2.1.3.4 Etiquetar con los siguientes datos:

7.2.1.3.4.1 Solución de HNO₃ al 5% (v/v).

7.2.1.3.4.2 Concentración y solvente.

7.2.1.3.4.3 Fecha de expiración e iniciales de la persona que la elaboró.

7.2.1.4 Solución de HNO₃ al 10% (v/v).

7.2.1.4.1 Añadir cuantitativamente 100 mL de HNO₃ concentrado (Utilice guantes, mascarilla y sírvase en campana), a un balón aforado de 1000 mL.

7.2.1.4.2 Aforar con agua desionizada.

7.2.1.4.3 Transferir a una botella de teflón de 1000 mL de capacidad.

7.2.1.4.4 Etiquetar con los siguientes datos:

7.2.1.4.4.1 Solución de HNO₃ al 10% (v/v).

7.2.1.4.4.2 Concentración y solvente

7.2.1.4.4.3 Fecha de expiración e iniciales de la persona que la elaboró.

7.2.1.5 Solución Madre (Stock): 50 µg/mL (ppm) en Ba y 5 µg/mL (ppm) de Sb. (*Puede ser utilizada por 6 meses*)

7.2.1.5.1 Transferir 25 ml del estándar de bario y 5.00 mL del estándar de antimonio cuantitativamente en un balón aforado de 500 mL.

7.2.1.5.2 Diluir con Solución de HNO₃ al 5% (v/v), hasta el aforo.

7.2.1.5.3 Transferir a una botella de teflón de 500 mL.

7.2.1.5.4 Etiquetar con los siguientes datos:

7.2.1.5.4.1 Solución Stock de bario y antimonio.

7.2.1.5.4.2 Concentración y solvente.

7.2.1.5.4.3 Fecha de expiración e iniciales de la persona que la elaboró.

7.2.1.6 Solución de Trabajo: 5 µg/mL (ppm) en bario y 1 µg/mL (ppm) de antimonio. (*Se prepara cada vez que se realicen los lotes estándares analíticos*).

7.2.1.6.1 Medir 10.00 mL de la Solución Madre en un balón de aforo de 100.00 mL.

7.2.1.6.2 Diluir con Solución 5% (v/v) HNO₃, hasta el aforo.

7.2.1.6.3 Transferir a una botella de teflón de 100 mL.

7.2.1.6.4 Etiquetar con los siguientes datos:

7.2.1.6.4.1 Solución Stock de bario y antimonio.

7.2.1.6.4.2 Concentración y solvente.

7.2.1.6.4.3 Fecha de expiración e iniciales de la persona que la elaboró.

7.2.1.7 Solución de Lavado: 1% HNO₃ y 2% de Isopropanol (V/V). Se prepara según sea necesario.

7.2.1.7.1 Añadir 20.00 mL de HNO₃ y 40 mL de isopropanol a un balón aforado de 2000 mL.

7.2.1.7.2 Aforar con agua desionizada.

7.2.1.7.3 Transferir a una botella de teflón de 3000 mL.

7.2.1.7.4 Etiquetar con los siguientes datos:

7.2.1.7.4.1 Solución de Lavado al 1% HNO₃ y 2% de Isopropanol (V/V).

7.2.1.7.4.2 Fecha de expiración e iniciales de la persona que la elaboró.

7.2.1.8 Solución Modificadora: de Fosfato de amonio primario (NH₄H₂PO₄) al 4% p/v. (*Preparación mensual*).

7.2.1.8.1 Pesar exactamente 4 g de NH₄H₂PO₄ con 99.999% de pureza.

7.2.1.8.2 Disolver en agua desionizada.

7.2.1.8.3 Transferir cuantitativamente a un balón aforado de 100 mL.

7.2.1.8.4 Completar el aforo con agua desionizada.

7.2.1.8.5 Transferir a una botella de teflón de 100 mL.

7.2.1.8.6 Etiquetar con los siguientes datos:

7.2.1.8.6.1 Modificador Fosfato de amonio (NH₄H₂PO₄) al 4% p/v.

7.2.1.8.6.2 Fecha de expiración e iniciales de la persona que la elaboró.

7.2.2 Instrumentación (3, 5 y 18):

- 7.2.2.1 Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Perkin Elmer 5100 PC) acoplado a Horno de Grafito (HGA-600), corrección de trasfondo continuo, muestreador automático (AS-60) y sistema de recolección de datos computarizado (DECpc316sx) con sistema controlador (GEM/3) e impresora (Okidata ML-320) o equivalentes.
- 7.2.2.2 Horno de Convección de 0-800 °C.
- 7.2.2.3 Agitador eléctrico (Vortex).
- 7.2.2.4 Centrifuga de mesa.
- 7.2.2.5 Balanza analítica.

7.3 **Métodos:**

7.3.1 Procedimiento de Preparación de estándares (3, 5, 7 y 8):

- 7.3.1.1 Marcar 5 tubos de ensayo de polipropileno con tapas de presión con los números: S0 (Blanco), S1 (Estándar 1), S2 (Estándar 2), S3 (Estándar 3) y CC (Control de calidad), para cada día de medición.
- 7.3.1.2 Destapar y colocar los tubos de ensayo en una gradilla.
- 7.3.1.3 Colocar dos puntas de algodón (dos aplicadores) en la boca de cada tubo de ensayo y cortar el palillo sobre los algodones, de modo que estos deben caer en el tubo sin necesidad de tocarlo.
- 7.3.1.4 Añadir las soluciones con ayuda de pipetas Eppendorf o similares a los tubos de ensayo como se describe a continuación en la tabla:

| TUBO | Solución de HNO ₃ al 5% (v/v) (µL) | Solución de Trabajo (µL) |
|------|---|--------------------------|
| S0 | 200 | ---- |
| S1 | 150 | 50 |
| S2 | 100 | 100 |
| CC | 50 | 150 |
| S3 | ---- | 200 |

7.3.2 Procedimiento de Secado de estándares:

7.3.2.1 Los tubos de ensayo destinados para estándares, preparados en 6.3.1, sin sus tapas, se deben colocar en el horno de convección a 80 °C por espacio de 24 horas o el necesario para eliminar la humedad de los mismos.

7.3.2.2 Sacar los tubos de ensayo del horno, luego del tiempo destinado a ello, colocar sus tapas correspondientes para cerrar herméticamente.

7.3.3 Procedimiento de preservación de estándares:

7.3.3.1 Guardar los tubos perfectamente cerrados, en un sitio seguro para evitar contaminación.

7.3.3.2 Es importante destacar que no se deben preparar las soluciones para estándares con mucha antelación, pues su elaboración debe ser semanal, para evitar contaminaciones ambientales y garantizar sus calidades químicas.

7.3.4 Procedimiento de Preparación de muestra o quits de muestreo

7.3.4.1 Marcar la cantidad necesaria de tubos de ensayo de polipropileno con tapas de presión con el número de la muestra que se va a trabajar.

7.3.4.2 Marcar los tubos de ensayo: B (Blanco), DD (Dorso derecho) o DI (Dorso Izquierdo) según sea el caso, por cada individuo que se va a muestrear.

7.3.4.3 Destapar y colocar los tubos en una gradilla.

7.3.4.4 Utilizando guantes colocar dos aplicadores de una punta de algodón cada uno en un tubo de ensayo, de modo que estos deben caer en el tubo sin necesidad de tocarlo. El número de tubos dependerá de la cantidad que se utilizará en un tiempo máximo de 4 días.

7.3.4.5 Tapar los tubos de ensayo con sus correspondientes tapaderas a presión.

7.3.4.6 En cada bolsa Ziploc o similar se coloca un tubo blanco (B) y Dorso Derecho (DD) o Dorso Izquierdo (DI).

7.3.4.7 Cerrar herméticamente evitando que quede aire en las bolsas. (En cada bolsa o "quit" debe contener dos tubos de ensayo).

7.3.5 Procedimiento de Secado de muestras o "quits" de muestreo:

7.3.5.1 Las muestras que provenientes del muestreo, se deben colocar previamente identificadas, en una gradilla.

7.3.5.2 Utilizando guantes abrir cada tubo de muestra, para cortar el palito plástico de los aplicadores lo más cerca posible del algodón, usando tijeras de acero inoxidable.

7.3.5.3 Quitar los tapones a los tubos al horno.

7.3.5.4 Colocar los tubos en un horno a 80 °C, por 24 horas o hasta que se sequen los hisopos, sin disminuir el tiempo establecido.

7.3.6 Procedimiento de Preservación de muestras o "quits" de muestreo:

7.3.6.1 Los tubos nuevos se guardan en un lugar libre de contaminación, por un espacio que no sobrepase a un mes.

7.3.6.2 Los tubos provenientes del muestreo luego del proceso de secado se les debe someter al proceso de análisis que se indica posteriormente. De no ser sometida a análisis la muestra (lo cual no se aconseja), en caso muy extraordinario, una vez seca se guarda tapada herméticamente en un lugar libre de contaminación.

7.3.7 Procedimiento de Análisis de muestras y estándares:

Las muestras que provienen del muestreo, se toman para análisis junto con una curva de calibración previamente identificadas, en gradillas separadas. Tanto las muestras como los estándares deben de haberse sometido al proceso de secado.

7.3.7.1 Digestión de muestra y estándares:

- 7.3.7.1.1 Pipetear 2.0 mL de HNO_3 al 10% en cada tubo de muestra y estándar.
- 7.3.7.1.2 Colocar la tapadera, sin presionar, a cada tubo e introducir al horno a 80 °C durante dos horas.
- 7.3.7.1.3 Después de dos horas, se sacan los tubos y se agitan en vortex uno por uno por \approx 30 segundos o hasta que el algodón del hisopo se desprenda.
- 7.3.7.1.4 Centrifugar los tubos y su contenido por 5 minutos, hasta precipitar el algodón al fondo del tubo. El sobrenadante es la Solución Madre en cada caso.
- 7.3.7.1.5 Rotular dos nuevos juegos de tubos de ensayo con tapadera, uno para el análisis de bario (Ba) y otro para el antimonio (Sb), respectivamente para cada estándar y muestras: S0, S1, S2, S3, CC, B1, DD1 o DI1, B2 , etc.
- 7.3.7.1.6 Del primer juego de tubos (soluciones Madre), se toma una alícuota y se adiciona en el segundo y tercer juego, respectivamente, tanto para las muestras como los estándares de la manera siguiente:
 - 7.3.7.1.6.1 Muestras de bario (Ba): 200 μL soln. Madre + 800 μL de agua desionizada.
 - 7.3.7.1.6.2 Muestras de antimonio (Sb): 250 μL soln. Madre + 750 μL de agua desionizada.
- 7.3.7.1.7 Colocar las soluciones preparadas en las copas descartables del automuestreador previamente identificadas e iniciar el análisis (colocando y/o revisando las condiciones descritas para el analito en el aparato espectrofotométrico).

7.3.7.1.8 Para el análisis de bario (Ba):

7.3.7.1.8.1 Curva de Calibración de bario (Ba).

7.3.7.1.8.2 CC Control de calidad.

7.3.7.1.8.3 Muestras en orden correlativo:

6.3.7.1.8.3.1 Blanco (B)

6.3.7.1.8.3.2 Dorso Derecho o Izquierdo (DD o DI)

7.3.7.1.9 Análisis de antimonio (Sb):

7.3.7.1.9.1 Curva de Calibración de antimonio (Sb)

7.3.7.1.9.2 CC Control de calidad.

7.3.7.1.9.3 Muestras en orden correlativo:

6.3.7.1.9.3.1 Blanco (B)

6.3.7.1.9.3.2 Dorso Derecho o Izquierdo (DD o DI)

7.3.7.1.10 Criterios de aceptación de la Curva de Calibración:

7.3.7.1.10.1 Los valores individuales de los estándares tengan un %RSD \leq 10.

7.3.7.1.10.2 El coeficiente de correlación sea \geq de 0.99000. Se puede utilizar las reglas generales de redondeo.

7.3.7.1.11 Criterios de aceptación de los CC (Control de Calidad):

7.3.7.1.11.1 Se analizarán después de la Curva de Calibración y después de cada conjunto de muestras.

7.3.7.1.11.2 Que tenga %RSD \leq 10.

7.3.7.1.11.3 El valor obtenido esté dentro de un 12% del valor real del CC.

7.3.7.1.12 Criterios de aceptación para las muestras:

7.3.7.1.12.1 Que los valores de las muestras tengan un %RSD \leq 10, cuando se entienda que los valores no están

cerca de los límites de detección o dentro de los mismos.

7.3.7.1.12.2 Que el QC cumpla con los requisitos establecidos anteriormente.

7.3.7.1.13 Cálculos:

7.3.7.1.13.1 Masa característica (m_0):

$$M_0 = \frac{(I \text{ Soln. } (\mu\text{g/mL})) (v \text{ inyectado } (\mu\text{g}) (0.0044))}{(AS \text{ analítico}) (AS \text{ blanco})}$$

7.3.7.1.13.2 Masa corregida de la muestra:

$$\text{Valor}_{\text{corregido}} (\mu\text{g}) = V \text{ obs} (\mu\text{g}) - \text{Valor Blk } (\mu\text{g})$$

7.3.7.1.13.3 Límite de Detección Cuantitativo (LDC): LDC (μg) = 10 (Intercepto en Y)

7.3.8 Parámetros de programas de análisis por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito o sus equivalentes (2, 3 y 17):

7.3.8.1 **Ba** (bario 1.Gel):

- | | |
|--|--|
| 1. Longitud de Onda analítica: 553.6 nm. | 2. Rejilla: 0.40 Bajo. |
| 3. Tipo de señal: AA-BG | 4. Medida de señal: Area de pico (A-S) |
| 5. Tiempo de lectura: 6.0 seg. | 6. Retraso de lectura: 0.0 seg. |
| 7. Tiempo BOC: 4 seg. | 8. Número de réplicas: 2 |
| 9. Modificador: 5 μL de 4% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. | 10. Volumen inyectado de estándares y muestras: 20 μL . |
| 11. Construcción de curva: Lineal | 12. Temperatura de inyección: 60 $^{\circ}\text{C}$. |
| 13. Velocidad de inyección: 100%. | 14. Se usa Tubo pirolítico de pared. |
| 15. Se analiza CC luego de Curva de Calibración. | 16. Se analiza el conjunto de muestras. |

7.3.8.2 **Sb** (antimonio 1.Gel)

1. Longitud de Onda analítica: 276.6 nm.
2. Rejilla: 0.20 Bajo.
3. Tipo de señal: AA-BG
4. Medida de señal: Área de pico (A-S)
5. Tiempo de lectura: 5.0 seg.
6. Retraso de lectura: 0.0 seg.
7. Tiempo BOC: 4 seg.
8. Número de réplicas: 2
9. Modificador: Ninguno.
10. Volumen inyectado de estándares y muestras: 20 µL.
11. Construcción de curva: Lineal
12. Temperatura de inyección: 40 °C.
13. Velocidad de inyección: 100%.
14. Se usa tubo pirolítico de pared.
15. Se analiza CC luego de Curva de Calibración.
16. Se analiza el conjunto de muestras.

7.3.8.3 Programa por pasos de bario (Ba) y antimonio (Sb):

7.3.8.3.1 Programa para el bario (Ba):

| | | P R O G R A M A | | | | |
|------------------|------|------------------------|-------------|----------|--------------------------|-----------------|
| CATEGORÍA | PASO | tf (°C) | Rampa (seg) | tr (Seg) | Flujo de gas Ar (ml/min) | Lectura (si/no) |
| | | ↓ | | | | |
| SECADO | (1) | 110 | 10 | 10 | 300 | NO |
| | (2) | 140 | 10 | 20 | 300 | NO |
| CARBONIZACIÓN | (3) | 800 | 5 | 30 | 300 | NO |
| PRE-ATOMIZACIÓN | (4) | 20 | 1 | 6 | 300 | NO |
| | (5) | 20 | 1 | 4 | 000 | NO |
| ATOMIZACIÓN | (6) | 2600 | 0 | 6 | 000 | SÍ |
| LIMPIEZA | (7) | 2700 | 1 | 6 | 300 | NO |

7.3.8.3.2 Programa para el antimonio (Sb):

| | | P R O G R A M A | | | | |
|------------------|------|------------------------|-------------|----------|--------------------------|-----------------|
| CATEGORÍA | PASO | tf (°C) | Rampa (seg) | tr (Seg) | Flujo de gas Ar (ml/min) | Lectura (si/no) |
| | | ↓ | | | | |
| SECADO | (1) | 110 | 10 | 10 | 300 | NO |
| | (2) | 140 | 10 | 20 | 300 | NO |
| CARBONIZACIÓN | (3) | 800 | 5 | 30 | 300 | NO |
| PRE-ATOMIZACIÓN | (4) | 20 | 1 | 6 | 300 | NO |
| | (5) | 20 | 1 | 4 | 000 | NO |
| ATOMIZACIÓN | (6) | 1700 | 0 | 5 | 000 | SÍ |
| LIMPIEZA | (7) | 2600 | 1 | 5 | 300 | NO |

7.4 Diseño de la investigación:

7.4.1 Cálculo para el número de muestras:

7.4.1.1 **N** es indefinida.

7.4.1.2 El Nivel de confianza (NC) 99%=2.575.

7.4.1.3 El rango es de 0 a 2.5 µg según valores San Juan Puerto Rico, y una varianza de 0.390625.

7.4.1.4 El límite de error mínimo se estima en 0.50 µg.

7.4.1.5 Para **N** con los anteriores datos:

$$N = \frac{NC^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2} = N = 11$$

7.4.1.6 **N** = 11 por punto de muestreo, el total de muestras será de 66.

7.4.2 Diseño del muestreo (1, 24-8) :

7.4.2.1 Los Niveles Mínimos de bario y antimonio en manos de persona no expuestas a ambiente de residuos de disparo se determinará en el Área Metropolitana, teniendo dentro de ésta seis zonas, se les denomina “Áreas de alto riesgo o zonas rojas”.

7.4.2.2 Puntos de Muestreo dentro de la Metrópoli de la República de Guatemala: (*Mapas Anexo 13.2*)

7.4.2.2.1 Área I: Zona 1 (de 4^{ta} Ave. a 16^{va} Ave. y de 12 calle a 22 calle).

7.4.2.2.2 Área II: Zona 3 (El Gallito).

7.4.2.2.3 Área III: Zona 18. (San Rafael la Laguna II).

7.4.2.2.4 Área IV: Zona 19 (El Milagro).

7.4.2.2.5 Área V: Zona 21 (Ciudad Real).

7.4.2.2.6 Área VI: Mezquital (Zona 12).

7.4.2.3 Características de las Áreas de muestreo (4, 11, 24-8):

7.4.2.3.1 A excepción de la zona 1 se encuentran en la periferia de la Ciudad Capital y por su crecimiento socioeconómico forma parte del Área Metropolitana.

7.4.2.3.2 Se reportan mayor casos e incidencia de hechos criminales por arma de fuego producto de la delincuencia a distintos niveles en el país.

7.4.2.3.3 Es rutinario recibir muestras que pertenecen a estos puntos para realizar la prueba de residuos de fulminante.

7.4.2.4 Aspectos a tomar en cuenta previo a efectuar el muestreo:

7.4.2.4.1 Se tomaron muestras a individuos del genero femenino y masculino, aunque la mayor incidencia es de éste último.

7.4.2.4.2 Edades de incidencia: 18 a 45.

7.4.2.4.3 Personas que viven en las Área anteriormente enumeradas, por lo menos desde hace un año.

7.4.2.4.4 Que no tengan en su poder armas de fuego.

7.4.2.4.5 Que no hayan realizado disparos de arma de fuego o tengan alguna relación con fulminantes.

7.4.2.4.6 Sin ningún oficio en específico a no ser que se encuentren relacionados con armas de fuego, éstos últimos no fueron muestreados.

7.4.2.4.7 En el momento de la toma de muestra no se realizó detonación de arma de fuego.

7.4.2.4.8 Se tomaron las muestras en el horario de 8:00 a 10:00, para mantener fija ésta característica durante el muestreo.

7.4.2.4.9 Se tomaron muestra del dorso de una mano de la persona según el caso, derecha en diestros o izquierda en zurdos. Si la persona es ambidiestra se muestreó cualquiera.

7.4.2.5 Características del muestreo (26, 29 y 30):

7.4.2.5.1 La selección de las muestras fue aleatoria con individuos que cumplieron con el inciso 7.4.2.4

7.4.2.5.2 Se llenó el cuestionario que viene con cada juego de tubos de ensayo, luego al ser apta, se le tomó la muestra.

7.4.2.5.3 Se tomó primero el tubo de ensayo que contiene la muestra del dorso de la mano de la persona. De la bolsa ziploc o similar.

7.4.2.5.4 Se rotuló DD (Dorso derecho) o DI (Dorso izquierdo), dato que obtenido en el cuestionario.

7.4.2.5.5 Haciendo uso de guantes se extrajo el par de aplicadores del tubo de ensayo, con cuidado de no tocar las puntas envueltas en algodón.

7.4.2.5.6 Se utilizó la botella que se incluye y se humedecieron los aplicadores con 2 a 3 gotas de solución de HNO₃ al 5%.

7.4.2.5.7 Se frotaron cuidadosamente el dorso del pulgar de la mano elegida, el dedo índice y el cartílago que los une, tal como se ilustra en la zona sombreada de la Figura *anexa 13.1*.

NOTA 1: Se pasó el aplicador durante 15 segundos, haciéndolos rotar de manera de utilizar todas las caras de la punta de algodón de ambos aplicadores. Durante esta etapa no se frotaron las zonas de las huellas digitales.

7.4.2.5.8 Luego de aplicar la solución a las personas en el dorso, se utilizó toallitas húmedas o se indicó a la persona que se

adicione suficiente agua, para evitar cualquier inconveniente.

NOTA 2: Según investigaciones toxicológicas, el uso de HNO_3 al 5%, es casi inocua en la piel pues no produce laceraciones por ser poco corrosiva a ésta concentración pero es importante no frotarla sobre la piel lastimada con anterioridad o a personas con alergias y manchas cutáneas, como medida preventiva (5 y 11).

- 7.4.2.5.9 Se colocaron los aplicadores nuevamente en el tubo de ensayo debidamente identificado.
- 7.4.2.5.10 Se prepararon los aplicadores del tubo de ensayo rotulado "Blanco" de la misma manera que se indica en el paso 7.4.2.5.6.
- 7.4.2.5.11 Se debe evitar el contacto con cualquier superficie por 15 segundos y se colocarán de nuevo en el tubo.
- 7.4.2.5.12 Se tapó el tubo y se devolvió al paquete.
- 7.4.2.5.13 Se cerró la bolsa herméticamente evitando dejar aire dentro de la bolsa.
- 7.4.2.5.14 Se llevaron las muestras al laboratorio para su posterior análisis y se siguió el procedimiento 7.3.5.

7.4.3 Análisis estadístico:

- 7.4.3.1 Una vez reunidos los resultados se realizaron cálculos de promedio, desviación estándar, varianza así como gráficas y tablas de los resultados con construcción de intervalo con percentiles: $P_{0.5} - P_{99.5}$.

8. RESULTADOS

Tabla No.1: Resultados del Análisis “Residuos de disparo” por cuantificación de metales para el estudio de Niveles Mínimos de Bario (Ba) y Antimonio (Sb) en manos de personas no expuestas a ambientes de disparo de 6 zonas rojas muestreadas (11 muestras por cada una), del Área Metropolitana de la República de Guatemala, por medio de Espectroscopía de Absorción Atómica en la sección Físico-Química.

| MUESTREO | CÓDIGO | µg BARIO (Ba) | µg ANTIMONIO (Sb) | RELACIÓN Ba-Sb |
|---|-----------|---------------|-------------------|------------------|
| A R E A I ZONA 1-CENTRO | FIQ-T-001 | 0.016 | 0.002 | 8.00 |
| | FIQ-T-002 | 0.128 | 0.011 | 11.64 |
| | FIQ-T-003 | 0.075 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-004 | 0.066 | 0.002 | 33.00 |
| | FIQ-T-005 | 0.199 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-006 | 0.116 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-007 | 0.062 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-008 | 0.643 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-009 | 0.406 | 0.022 | 18.46 |
| | FIQ-T-010 | 0.214 | 0.003 | 71.33 |
| | FIQ-T-011 | 0.220 | ND ^a | NSR ^b |
| A R E A II ZONA 3 – EL GALLITO | FIQ-T-012 | 0.104 | 0.022 | 4.73 |
| | FIQ-T-013 | 0.190 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-014 | 0.305 | 0.054 | 5.65 |
| | FIQ-T-015 | 0.197 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-016 | 0.557 | 0.035 | 15.91 |
| | FIQ-T-017 | 0.181 | 0.050 | 3.62 |
| | FIQ-T-018 | 0.161 | 0.056 | 2.88 |
| | FIQ-T-019 | 0.110 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-020 | 0.106 | 0.028 | 3.79 |
| | FIQ-T-021 | 0.118 | 0.060 | 1.97 |
| | FIQ-T-022 | 0.142 | ND ^a | NSR ^b |
| A R E A III ZONA 18 – SAN RAFAEL LA LAGUNA II | FIQ-T-023 | 0.043 | 0.002 | 21.50 |
| | FIQ-T-024 | 0.630 | 0.001 | 630.00 |
| | FIQ-T-025 | 0.060 | 0.048 | 1.25 |
| | FIQ-T-026 | 0.016 | 0.013 | 1.23 |
| | FIQ-T-027 | 0.047 | 0.006 | 7.83 |
| | FIQ-T-028 | 0.047 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-029 | 0.087 | 0.005 | 17.40 |
| | FIQ-T-030 | 0.135 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-031 | 0.238 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-032 | 0.083 | 0.013 | 6.38 |
| | FIQ-T-033 | 0.089 | 0.015 | 5.93 |

| MUESTREO | CÓDIGO | µg BARIO (Ba) | µg ANTIMONIO (Sb) | RELACIÓN Ba-Sb |
|-------------------------------------|------------|-----------------|-------------------|------------------|
| A R E A I V ZONA 19 - EL MILAGRO | FIQ-T-034 | ND ^c | ND ^a | NSR ^d |
| | FIQ-T-035 | 0.298 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-036 | 0.242 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-037 | 0.291 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-038 | 0.248 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-039 | 0.192 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-040 | ND ^c | 0.010 | NSR ^e |
| | FIQ-T-041 | 0.177 | 0.003 | 59.00 |
| | FIQ-T-042 | 0.122 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-043 | 0.074 | ND ^a | NSR ^b |
| FIQ-T-044 | 0.010 | 0.008 | 1.25 | |
| A R E A V ZONA 21 - CIUDAD REAL | FIQ-T-045 | 0.234 | 0.002 | 117.00 |
| | FIQ-T-046 | 0.333 | 0.006 | 55.50 |
| | FIQ-T-047 | 0.115 | 0.004 | 28.75 |
| | FIQ-T-048 | 0.089 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-049 | 0.227 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-050 | 0.044 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-051 | 0.368 | 0.003 | 122.67 |
| | FIQ-T-052 | 0.339 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-053 | 0.479 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-054 | 0.203 | ND ^a | NSR ^b |
| FIQ-T-055 | 0.105 | 0.008 | 13.13 | |
| A R E A VI ZONA 12 - MEZQUITAL | FIQ-T-056 | 0.028 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-057 | ND ^c | ND ^a | NSR ^e |
| | FIQ-T-058 | 0.072 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-059 | 0.137 | 0.014 | 9.79 |
| | FIQ-T-060 | 0.316 | 0.020 | 15.80 |
| | FIQ-T-061 | 0.159 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-062 | 0.413 | ND ^a | NSR ^b |
| | FIQ-T-063 | ND ^c | 0.010 | NSR ^e |
| | FIQ-T-064 | ND ^c | 0.009 | NSR ^e |
| | FIQ-T-065 | 0.268 | ND ^a | NSR ^b |
| FIQ-T-066 | 0.048 | ND ^a | NSR ^b | |
| PROMEDIO | 0.187 | 0.017 | 44.67 | |
| VALOR MÁXIMO | 0.643 | 0.060 | 630.00 | |
| VALOR MÍNIMO | 0.010 | 0.001 | 1.23 | |
| MEDIANA | 0.142 | 0.010 | 11.64 | |
| VARIANZA | 0.04534523 | 0.000517152 | | |
| DESVIACIÓN ESTANDAR | 0.2129442 | 0.022741 | | |
| PERCENTIL 0.5 | 0.00644 | 0.00157 | | |
| PERCENTIL 99.5 | 0.0623 | 0.5335 | | |



^a ND: No detectado por el aparato, el límite de detección para el antimonio es menor a 0.001 µg.

^b NSR: No se relaciona, debido a que el valor del antimonio, no es detectado (ND).

^c ND: No detectado por el aparato, el límite de detección para el Bario es de 0.010 µg.

^d NSR: No se relaciona, debido a que el valor del bario y antimonio, no son detectados (ND).

^e NSR: No se relaciona, debido a que el valor del bario, no es detectado (ND).

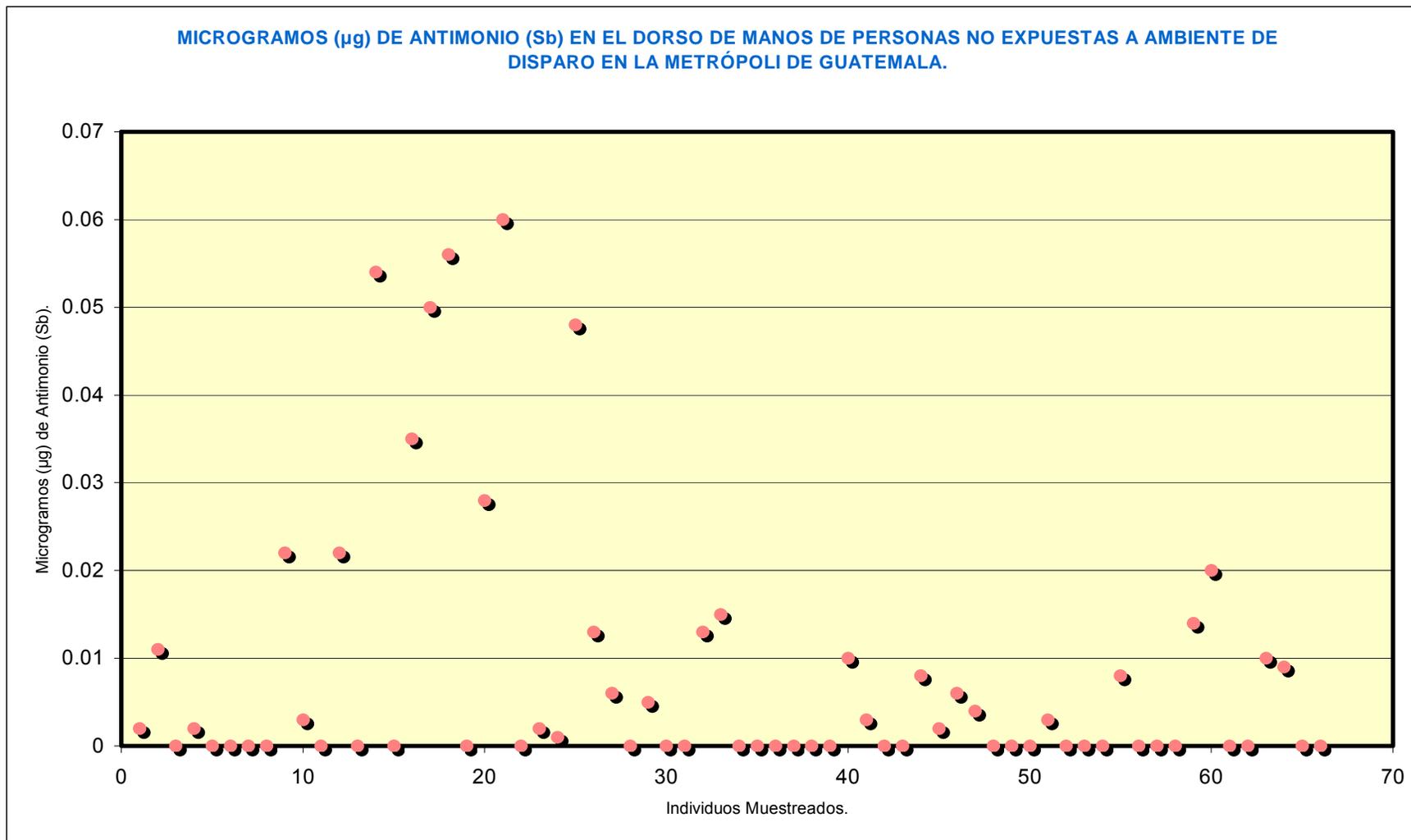


Gráfico No. 1: Cantidad y comportamiento del Antimonio (Sb) las 66 personas muestreadas en el Área Metropolitana de la República de Guatemala (Tabla No. 1). Los puntos en sobre el eje X=0: son las cantidades No Detectadas (ND).

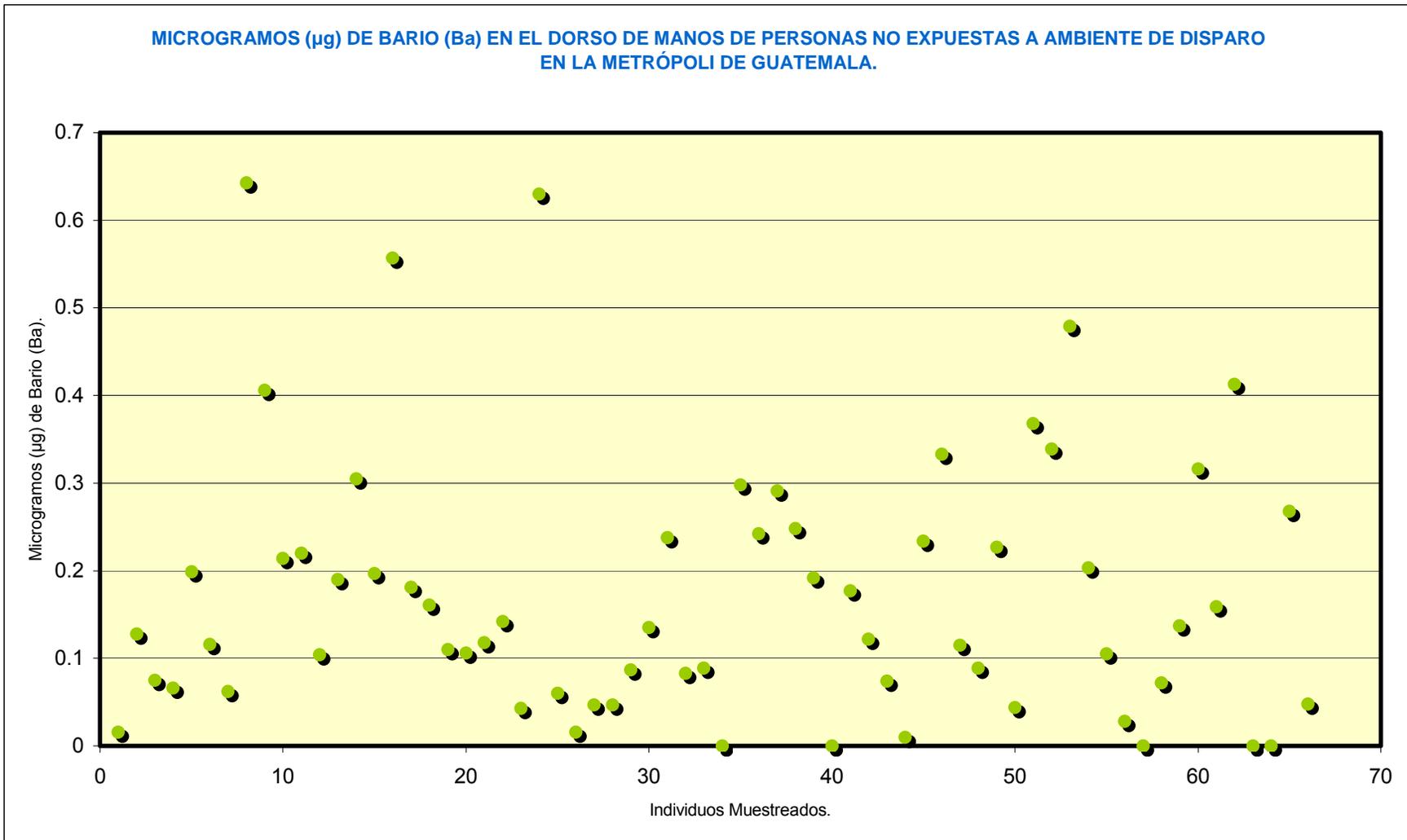


Gráfico No. 2: Cantidad y comportamiento del Bario (Ba) en 66 personas muestreadas en el Área Metropolitana de la República de Guatemala (Tabla 1). Los puntos en sobre el eje X=0: son las cantidades No Detectadas (ND).

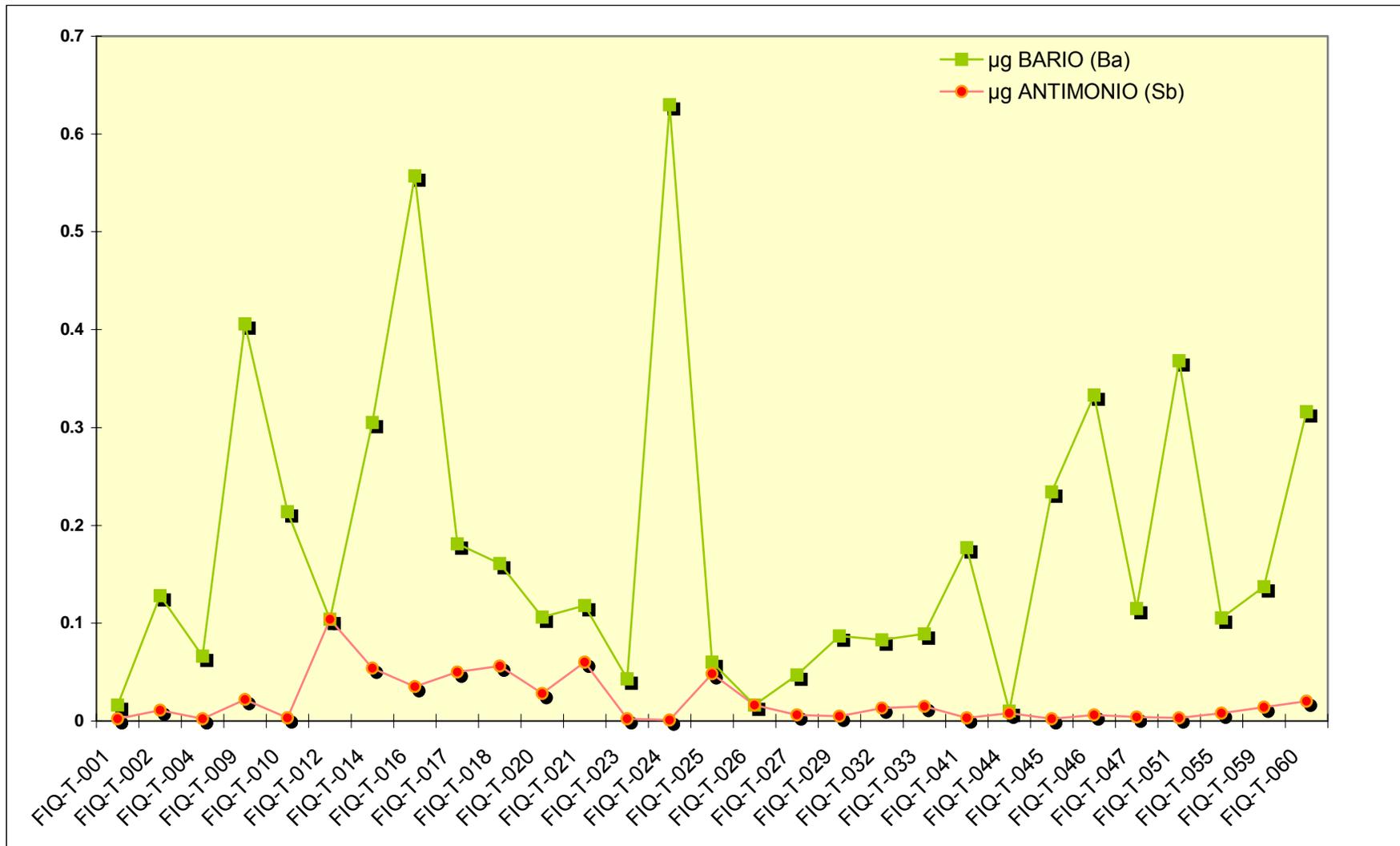


Grafico No. 3: Unión del Grafico 1 Y 2, para observar el comportamiento de las muestras de la Tabla-anexo 13.18, en una misma escala.

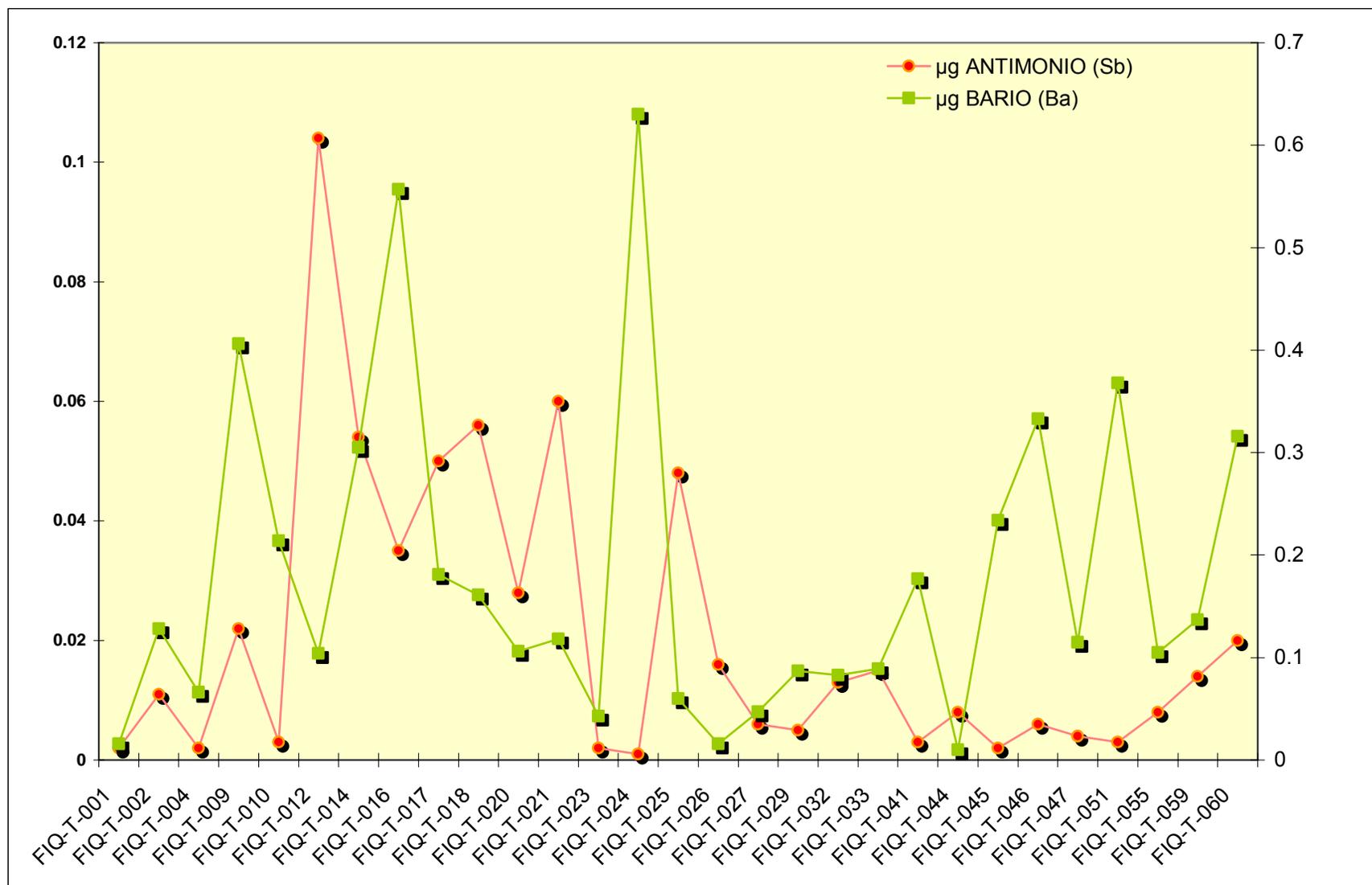


Gráfico No. 4: Unión del gráfico 1 Y 2, para comparar las muestras de la Tabla-anexo 13.18, en escalas paralelas. Escala izquierda para el Bario (Ba) y la derecha para el Antimonio (Sb), cada escala representa el comportamiento típico de cada metal.

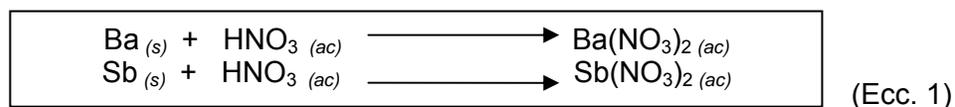
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El fulminante contiene la carga explosiva que, al ser percutido, explota e impulsa al proyectil propiamente dicho, el cual puede estar en el centro o en los bordes de la base del cartucho. El contenido esta compuesto de sales de plomo, bario y antimonio siendo las más frecuentes sulfatos de los metales mencionados (37).

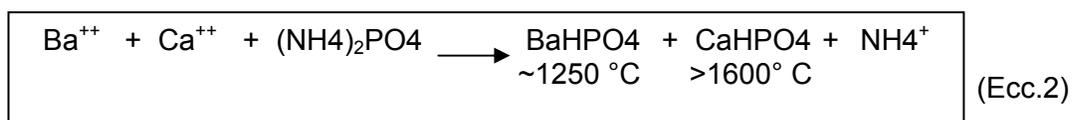
Los elementos bario (Ba) y antimonio (Sb) son componentes del fulminante y según se determinó el 80% de los mismos los contienen (3). Pueden ser encontrados como residuos, en las manos de quien dispara un arma de fuego (2), y también pueden ser encontrados en el ambiente (6).

9.1 Recolección y análisis.

La remoción por medio de ácido nítrico y algodón de los metales de interés se realizó como se muestra a continuación (Ecc. 1), del dorso de las personas en forma de nitratos (20), en la recolección de las muestras:



Las especies producidas anteriormente se diluyen y analizan por Espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito. Para el bario se utiliza un modificador de fosfato de amonio (Ecc.2), debido a que la señal es aumentada por presencia de carbonatos y calcio de la muestra (14, 17, 20):



De donde la sal formada de bario se volatiliza a menos temperatura que la formada por calcio (43).

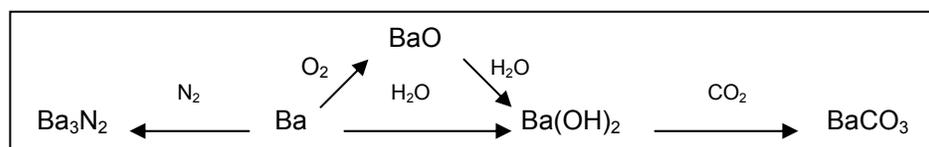
Cada día de análisis se prepararon junto con las muestras: un juego de estándares y un control de calidad interno del laboratorio (3,5,7 y 8).

9.2 Análisis de los resultados por las 6 áreas delimitadas.

De los estudios reportados sobre metales pesados no se tiene definida la fuente y comportamiento de las especies químicas que generan los elementos en estudio en el ambiente¹⁷. La dificultad proviene de que no existe un programa de control de emanaciones de gases a nivel vehicular e industrial, quema deliberada de bosques, terrenos y basura (37) así como el crecimiento acelerado de la población (Anexo 13.4), es difícil controlar la proliferación de elementos contaminantes de carácter químico que producen o son reactivos para posteriores reacciones de elementos metálicos para el bario y antimonio.

La especie química en la que se encuentran los metales bario y antimonio en el ambiente se encuentra en forma de hidróxidos, los cuales dan lugar a otros productos por componentes presentes en el ambiente, humedad y la misma contaminación. etc.

El Ba^{++} es muy reactivo frente a ciertas especies generando compuestos como se muestra en el siguiente diagrama de reacciones (39):



En el anexo 13.5 y 13.6, se caracterizan los lugares muestreados:

9.2.1 Área I, (Verde): Sujeta a actividad comercial y paso vial (Anexo 13.7 al 13.11).

9.2.2 Área II (Amarillo), actividad vial circundante que contiene niveles altos de antimonio (Anexo 13.9-13.11).

9.2.3 El Área III (Café), IV (Rosa) son lugares tipo asentamiento sin características predominantes (Anexo 13.13-13.14).

¹⁷ Fuente: Ministerios de Ambiente y de Energía y Minas.

9.2.4 En el Área V (Celeste), se encuentra enmarcada por transporte vial, recicladora de plástico y fábricas de block, cisternas, pipas y asfalto.

9.2.5 El área VI (violeta), rodeada de regiones de mediana vegetación (Anexo 13.10)

A la presencia de bario y antimonio en el ambiente además de los factores anteriormente mencionados se suman: La contaminación industrial, actividad comercial, frecuente tránsito de transporte pesados y livianos, que ayudan a mantener los niveles altos de dichos metales, que se ven disminuidos por lugares forestados o de mediana vegetación, debido a la presencia de corrientes de aire que los diluyen en algunas áreas como en el mezquital. El efecto de la disminución de los niveles de bario por la vegetación no es por una causa metabólica de los árboles y plantas ya que éstos solo son una barrera física, y no tienen efecto mas allá del CO_2 y H_2O ¹⁸.

Es interesante notar que dentro de los lugares muestreados con constante paso vehicular liviano y pesado los niveles de bario se incrementan, no así para el antimonio el cual es mínimo o casi nulo, por lo que al inicio se sospechó de los hidrocarburos en general. Por lo que se realizó una revisión de certificados de calidad de los hidrocarburos (gasolinas, diesel, bunker, etc.) en lo cuales no se encontró ninguna sal o sustancia de bario y antimonio que los derive (Anexo 13.15). Luego se procedió a revisar las partes, materiales y mecanismos generales de los vehículos, encontrándose que el bario se utiliza para la aleación empleada en bujías por su facilidad con que emite electrones al calentarse. (20).

De todos los valores obtenidos destacan los muestreados luego de que los voluntarios fumaron (Anexo 13.16), los cuales no se incluyeron intencionalmente sino por casualidad en el primer muestreo observándose cantidades significativas de bario, algunos arriba de la referencia, no así con el antimonio. Luego de ello se incluyó a propósito para comprobar la similitud y/o persistencia en los valores. Al fumar un

¹⁸ Fuente: Lic. Pablo Oliva Jefe de Investigaciones de Monitoreo del Aire-USAC.

cigarrillo los gases de combustión generan y mantienen partículas las cuales pueden permanecer cargadas iónicamente en el ambiente, para el caso del tabaco, sus componentes en el ambiente interaccionan en la superficie de la piel, el bario es de recordar, es un elemento regularmente abundante y utilizado en fertilizantes (41). El bario puede ser liberado o cargado iónicamente por la combustión a escala micro.

Del antimonio, no se encontró información bibliográfica alguna sobre la presencia, especie y comportamiento en el ambiente. Los únicos resultados que muestran un alza del elemento a límites cercanos a la referencia pertenece a la zona tres, El Gallito al que únicamente se le puede asociar con detonaciones de arma de fuego por lo que se infiere éste último como causa de la presencia del metal.

9.3 Comportamiento general de los resultados y análisis estadístico.

Entre los valores tabulados de cada área (Tabla no. 1), muestran un comportamiento similar, tanto en el bario como en el antimonio, con excepciones que quedan fuera de éste patrón, por lo que se acude a la información expuesta en la entrevista: oficio y actividad antes del muestreo para luego apreciar las posibles influencias de los mismos.

Los gráficos 1 y 2 muestran la dispersión de los valores tanto del bario como del antimonio y su tendencia. Los niveles del bario presentan una mayor dispersión y complejidad lo que es completamente contrario en el antimonio obteniéndose incluso ausencia del mismo. Lo anterior confirma la abundancia isotópica del bario con relación al antimonio, siendo útil este comportamiento, para el discernimiento de los valores positivo de disparo por fulminante, el cual tiene niveles de antimonio notablemente más altos (Anexo 13.17).

El análisis estadístico de la Tabla-anexo 13.19, amplía mejor la información anterior debido a que la distribución de los resultados no siguen una curva normal definida o

definida cuyos valores altos y positivos de desviación estándar y los promedios respectivos para el bario y antimonio no representan una curva de Gauss. Aunque los percentiles 0.5 y 99.5 de ambos metales indican una dispersión aleatoria de los niveles del bario contrario a la relación más homogénea para los niveles del antimonio. Por lo que los valores no pueden ser utilizados como los de una distribución normal.

Lo anteriormente indicado permite establecer que no es prudente caracterizar con valores rígidos los límites entre tiradores y no tiradores, sin descartar el ambiente. La información más importante que provee es que facilita el discernimiento de una conclusión válida acerca de la exposición de una persona a un ambiente de disparo pues una vez caracterizado el ambiente es fácil observar las cantidades incidentes por el mismo.

9.4 Discriminación de los resultados ambientales por medio de criterios aplicados a un ambiente de disparo por arma de fuego.

Para discriminar los resultados de los residuos provenientes de un arma de fuego y del ambiente se utilizan ciertos criterios:

- 9.4.1 Los resultados depositados en manos de un tirador son generalmente más altos en los dorsos que en las palmas (6 y 11).
- 9.4.2 La relación de masa $1 \leq \text{Bario} : \text{Antimonio} \leq 10$, según el método de cuantificación (6 y 11). Los valores de la Tabla 2 revelan que el 24% de las muestras, de 66, tienen una razón 1 a 10 sin importar el área.
- 9.4.3 Parámetros de referencia: La tabla No.1 muestra que a excepción de los fumadores el bario de los dorsos es variable pero que se mantiene por debajo de $0.5 \mu\text{g}$, lo mismo para el antimonio el cual se mantiene alto sólo por exposición a un ambiente de disparo por arma de fuego, manteniéndose por debajo de $0.04 \mu\text{g}$. Por lo que los valores mínimos que se sugieren como producto de la investigación son para el

Bario: 0.4 µg/dorso y Antimonio: 0.04 µg/dorso de mano como referencia sin caer en un criterio rígido (6 y 11).

Los criterios fueron tomados en cuenta para el diseño del análisis estadístico junto a las observaciones analíticas empíricas del Laboratorio Físico-químico de la Dirección técnico-científico del Ministerio Público (DTC-MP) y las sugeridas por el Instituto de Ciencias Forenses (ICF) de San Juan, Puerto Rico.

Se deben aplicar todos los criterios en el discernimiento de la exposición a ambiente de disparo, esto evitará confundir un caso de contaminación por Residuos de disparo con otro de contaminación por otra fuente como uno producto del ambiente. Con un criterio que no coincida se excluye al sospechoso¹⁹.

¹⁹ Fuente: Dr. Ramón Orlando Díaz del Instituto de Ciencias Forenses de San Juan, Puerto Rico.

10 CONCLUSIONES

- 10.1 Los niveles mínimos de bario y antimonio que están presentes en el dorso de las manos de personas que no están expuestas a ambiente de disparo son respectivamente: 0.016 μg y 0.002 μg en zona 1, 0.104 μg y 0.028 μg en El gallito, 0.016 μg y 0.006 μg en San Rafael La Laguna II, 0.074 μg y 0.003 μg en El Milagro, 0.044 μg y 0.002 μg Ciudad Real, 0.028 μg y 0.009 μg en El Mezquital, todas áreas de la Metrópoli de la República de Guatemala.
- 10.2 Se cuantificaron los niveles de bario y antimonio que están presentes en el dorso de las manos de personas que no están expuestas a ambiente de disparo por Espectroscopía de Absorción Atómica por horno de grafito.
- 10.3 Se clasificaron los niveles mínimos de bario y antimonio encontrados en el dorso de las manos que no están expuestas a ambiente de disparo en el área metropolitana de la república de Guatemala por zonas de riesgo las cuales son: Área I-Zona 1 centro, Área II-zona 3-El Gallito, Área III-Zona 18 San Rafael La laguna II, Área IV-Zona 19 El Milagro, Área V-Zona 21 Ciudad Real y Área VI-Zona 18 El Mezquital.
- 10.4 La concentración mínima que se debe emplear como patrón de descarte es: 0.4 μg para el bario y 0.04 μg para el antimonio.
- 10.5 La utilidad real de los valores de Bario y Antimonio queda sujeta a ser sometidos a análisis de criterios: referencias máximas y relación de masa de cada elemento.

- 10.6 El Antimonio puede utilizarse para indicar exposición a Residuos de fulminante de arma de fuego si excede los valores de referencia por ser un elemento menos frecuente en el medio ambiente.
- 10.7 A las personas fumadoras pueden encontrárseles niveles altos de bario pero no de antimonio, por lo que estos valores no pueden ser confundidos con los generados por fulminante de arma de fuego.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Se debe aplicar el conjunto de criterios: Valores de referencia y relación de masas, para discriminar sobre la posible procedencia de bario y antimonio en los individuos sujetos al estudio.
- 11.2 El criterio de relación de masas (1 a 10) no es el único elemento a considerar para hacer un pronunciamiento sobre exposición a ambiente de disparo, debe incluirse también el set de criterios antes mencionados.
- 11.3 No debe excluirse el comportamiento del arma, dado que algunas de ellas son herméticas, otras tienen mucha fuga de gases y otras modernas no emplean bario y antimonio sus fulminantes (20% de los mismos).
- 11.4 Es importante enfatizar la toma de muestra en el dorso de las manos de las personas para la prueba de residuos de disparo por fulminante ya que los resultados dependen de un correcto muestreo.
- 11.5 El estudio en cuestión es útil para el área metropolitana y no puede ser representativo para toda la república.

12. REFERENCIAS

1. Seijo, Lorena. **SOCIEDAD ARMADA**. Matutino Prensa Libre, No. 17165 Año LIII. 10/11/2003. Guatemala, Guatemala, pp: 02-03.
2. Kilty, J. W. **ACTIVITY AFTER SHOOTING AND ITS REFRACTS ON THE PRIMER RESIDUE**. Journal Of Forensic Sciences, JFSCA, Vol 20, No. 2, April 1975, pp-219-230.
3. **MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE RESIDUOS DE DISPARO**. Caparra Heights Station San Juan, Puerto Rico 00922-1878, Gobierno de Puerto Rico. Instituto de Ciencias Forenses de Puerto Rico, Laboratorio de Criminalística. Call Box 11878. Tel 7650615, ext. 406, (787) 759-5066.
4. **GUÍAS PARA EL ANÁLISIS DE RESIDUOS DE DISPARO EN MANOS**. Instituto de Ciencias Forenses. San Juan, Puerto Rico. carta-memo dirigida a todas las fiscalías de puerto rico. Por Alvarez, Livia, MD, M:R:O: Directora Ejecutiva 24/08/99 Puerto Rico. Propiedad del Ministerio Público de la República de Guatemala. 74-80.
5. Blanco Molina **VALIDACIÓN DEL MÉTODO ICF-1063: ANALISIS DE BARIO Y ANTIMONIO POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO EN MUESTRAS LEVANTADAS DE LAS MANOS POR MEDIO DE APLICADORES**. Instituto de ciencias Forenses, Laboratorio de Criminalística, Sección de Investigación y Desarrollo. 1993. Julio 1996. pp. 60.
6. Blanco Molina, Luis y Rivera Cruz, Oscar. **ESTUDIO SOBRE LOS NIVELES NORMALES DE BARIO (Ba) Y ANTIMONIO (Sb) EN LAS MANOS DE INDIVIDUOS RESIDENTES DE PUERTO RICO NO TIRADORES**. Instituto de ciencias Forenses, Laboratorio de Criminalística, Sección de Investigación y Desarrollo. 1993. pp-98.
7. Koons, R.A., Havekost, D.G. and Peters, C.A. **ANALYSIS OF GUNSHOT PRIMER RESIDUO COLLECTION SWABS USING FLAMELESS ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY: A REEXAMINATION OF EXTRACTION AND INSTRUMENTS PROCEDURES**. Journal Of Forensic Sciences, JFSCA, Vol 32, No. 4, July 1987, pp-846-865.
8. Koons, R.A., Havekost, D.G. and Peters, C.A. **ANALYSIS OF GUNSHOT PRIMER RESIDUE COLLECTION SWABS USING FLAMELESS ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY: EFFECTS OF A MODIFIED EXTRACTUM PROCEDURE AND STORAGE OF STANDARS**. Journal of Forensic Sciences, JFSCA, Vol 34, No. 1, January 1989, pp-218-221.

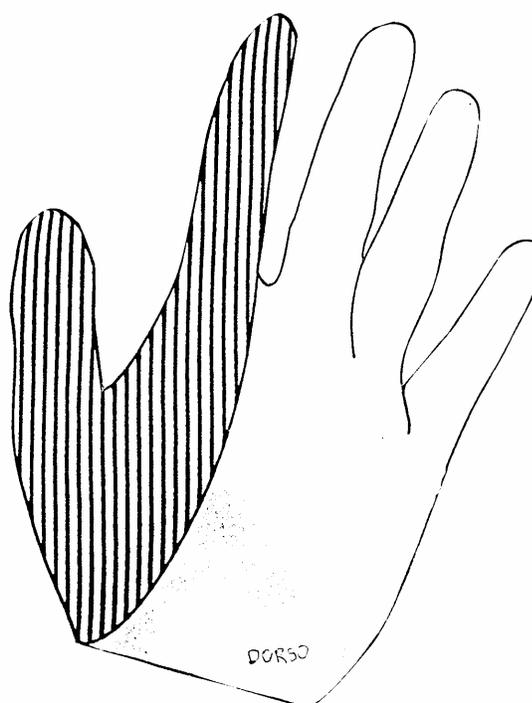
9. **GUNSHOT PRIMER EXAMINATION, RESIDUE EXAMINATION GUIDELINES. FBI LABORATORY (GSR).** Fax 11/02/99 del Laboratorio del FBI. Copias del Ministerio Público. Pp-3
10. Chang Raymon. **QUÍMICA.** 6ta ed. Editorial McGraw-Hill, México 1999. pp-220.
11. Havekost, D.G., Peters, C.A., Koons, R.A. **BARIUM AND ANTIMONY DISTRIBUTIONS ON THE HANDS OF NONSHOOTERS.** Journal Of Forensic Sciences, JFSCA, Vol 35, No. 35, September 1990, pp-1096-1114.
12. **MICROSOFT ® ENCARTA ® BIBLIOTECA DE CONSULTA 2002.** © 1993-2001 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
13. Beaty, Richard D. **CONCEPTOS, INSTRUMENTACION Y TECNICAS EN ABSORCIÓN ATÓMICA.** 1ra ed, McGraw-Hill/Interamericana S.A de C. V., México DF, 1998. pp-183
14. Harris, Daniel C. **QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS.** 5 th edition, Freeman and Company with included supplementary CD-Room, USA, 2001. pp-620-3.
15. Skoog, Douglas y Leary, James J. **ANALISIS INSTRUMENTAL.** 4ta, edición, Traducido por: Cristina Ariño, McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. Madrid, España, 1994. pp-200-260.
16. Koirttyyohann y M.L. Kaiser, **ELECTROTHERMICAL ATOMIZATION FOR ATOMIC ABSORTION.** Analysis Chemistry No. 54, 1982. pp 1515A.
17. **GBC AVANTA ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETER OPERATION MANUAL.** Publication number 01-0810-00. GBC Scientific Equipment Pty Ltd. 12 Monterey Road Dandenony Victoria 3175, Australia. Marh 1996. pp-12.
18. Graeme Chapple and Athanasopoulos, Nick. **SYSTEM 2000/3000 GRAPHITE FURNACE.** Gbc Scientific Equipment PT Ltd. Edition 1.1 Manual 01-0202-00. July 1991. pp-07.
19. L'vov B.V. **ELECTROTHERMICAL ATOMIZATION: THE WAY TO WARDS ABSOLUTE METHODS OF ATOMIC ABSORPTION ANALYSIS SPECTROCHION.** GBC-Acta., Vol 338, 1978, Pp-153.
20. Whitten, Roberth. **QUIMICA GENERAL.** 4ta ed. Editorial McGraw –Hill, México 1990. pp-332.
21. **"THE MERCK INDEX OF CHEMICALS AND DRUGS",** editor: Paul G. Stecher, 12 edición, por Merck & Co. Inc. 1642 Pp. EEUU, 1996. pp-20,30,59,33,891.
22. Bock, R. **HANDBOOK OF DESCOMPOSITION METHODS IN ANALYTICAL CHEMISTRY.** 1th edition , Wiley. New York, 1979. pp-02-05.
23. García, Oscar. **ASESINATOS EN SERIE POR CARTEL EN EL GALLITO.** Sección Barrio Matutino Al Día, No. 2606 Edición familiar 27576 Año 08. 15/02/2004. Guatemala, Guatemala, pp: 06.

24. López Ovando, Olga. **EXPUESTOS A SALTOS.** Matutino Prensa Libre, No. 17202 Año LIII. 18/12/2003. Guatemala, Guatemala, pp: 15.
25. Matías Rodríguez, Anthony. **IFC-1039 BORRADOR: ANALISIS FORENSE DE RESIDUOS DE DISPARO EN ROPA.** Pp: 1-14.
26. **TECNICAS DE INVESTIGACION DOCUMENTAL: SERIE MATERIALES DE COMPILADOS.** Editorial Universitaria. Facultad de Economía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Pp-45-9
27. Villaseñor, Claudia Méndez. **PANDILLAS, MARCAN TERROR Y MUERTE.** Matutino Prensa Libre, No. 17132 Año LIII. 8/10/2003. Guatemala, Guatemala, pp: 02-03
28. Villaseñor, Claudia Méndez. **CRIMEN ORGANIZADO TRAS ASESINATOS DE MUJERES.** Matutino Prensa Libre, No. 17146 Año LIII. 22/10/2003. Guatemala, Guatemala, pp: 03
29. Newton, J. T . **RAPID DETERMINATION OF ANTIMONY, BARIUM AND LEAD IN GUBSHOT RESIDUE VIA AUTOMED ABSORTION SPECTROPHOTOMETRY.** Journal of Forensic Sciences, JFSCA, Vol 26, No. 2, April 1981, pp-302-312.
30. Krishnan, S.S. **DETECTION OF GUNSHOT RESIDUES ON THE HANDS BY TRACE ELEMENT ANALYSIS.** Journal Of Forensic Sciences, JFSCA, Vol 22, No. 2, April 1977, pp-305-324.
31. Koons, R.A., Havekost, D.G. and Peters, C.A. **DETERMINATION DE BARIUM GUNSHOT RESIDUE COLLECTION SWABS USING INDUCTIVELY COUPLED PLASMA-ATOMIC EMISSION SPECTROMETRY.** Journal of Forensic Sciences, JFSCA, Vol 33, No. 1, January 1988, pp-034-041.
32. Carnrick G.R. and Slavin, W. **ATOMIZATION ELCTROTHERMICAL.** American Laboratory No. 11, 1988 pp 88. y No. 2 pp 90.
33. Ediger R.D., Peterson G.F. and Keror J.D. **ATOMIC ABSORPTION NEWSLETTER.** Vol 13, 1974. Pp 13.
34. Caroli, S. **IMPROVED HOLLOW CATHODE LAMPS FOR ATOMIC SPESCTROSCOPY.** 1th edition, Wiley. New York, 1985. pp-45
35. García-Pelayo y Gross. **PEQUEÑO LAROUSSE en color.** 1ra ed. Ediciones Larousse. Libraire Larousse, Paris, 1972.
36. Slavin Walter. **GRAFITE FURNACE ATOMIC ABSORTION SPECTROSCOPY, A Source Book.** Perkin Elmer Furnace. 1ª ed. 1984.
37. Vargas Alvarado, Eduardo. **MEDICINA LEGAL.** 2ª ed. Editorial Trillas S.A. de C. V., México, D.F. 2003. Pp.503.

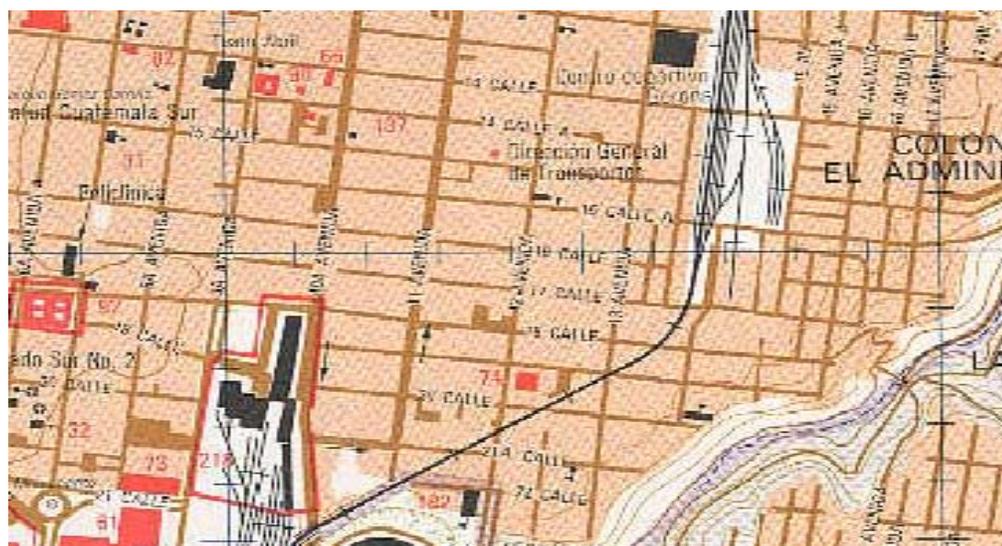
13. ANEXOS

ANEXO 13.1DIAGRAMA PARA LA TOMA DE MUESTRA

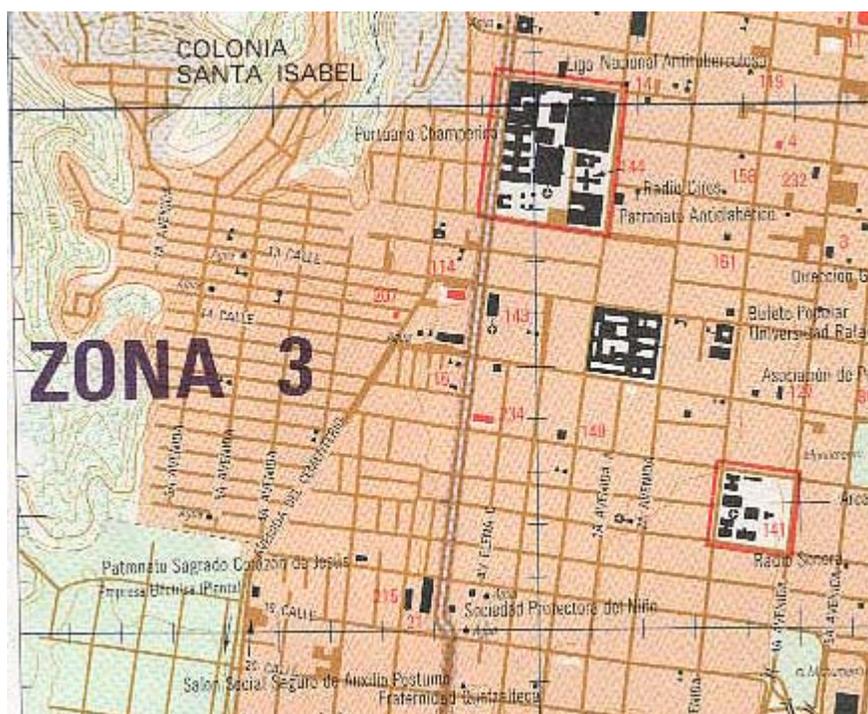
La zona sombreada corresponde a la toma de muestra en todos los casos.



Mapa 13.2.1: Área, región de la 4ta a 16va Ave. y de 12 a 22 calle de la zona 1.



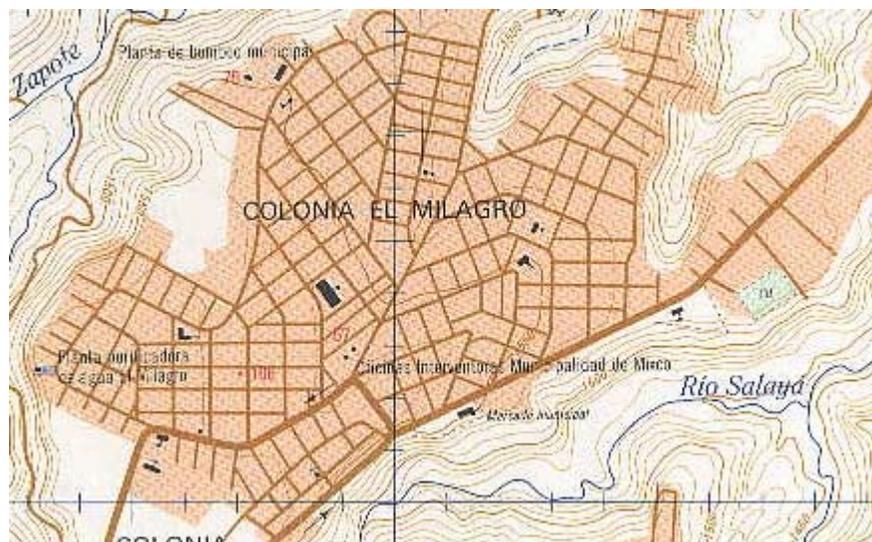
Mapa 13.2.2: Área II, El gallito, zona 3.



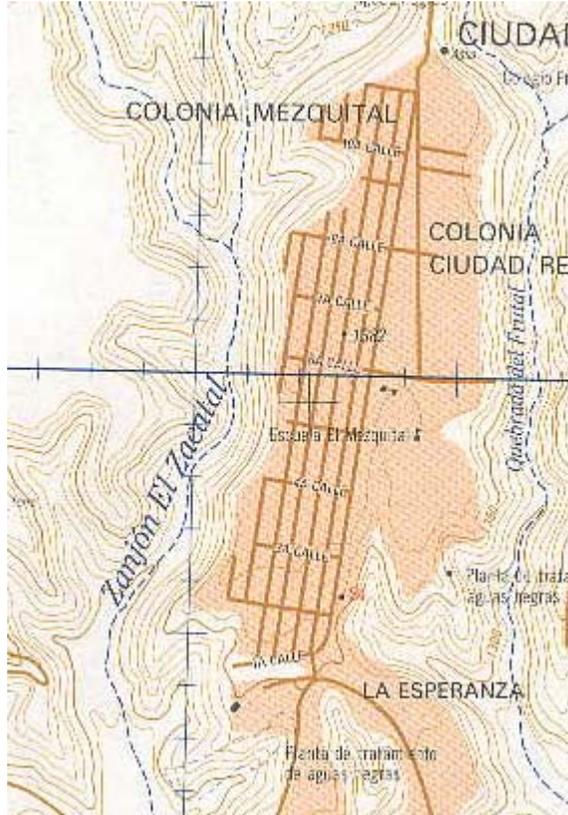
Mapa 13.2.3: Área III; San Rafael La Laguna II, zona 18.



Mapa 13.2.4: Área IV, El Milagro, zona 19.



Mapa 13.2.6: Área VI, Mezquital, zona 12.



ANEXO 13.3

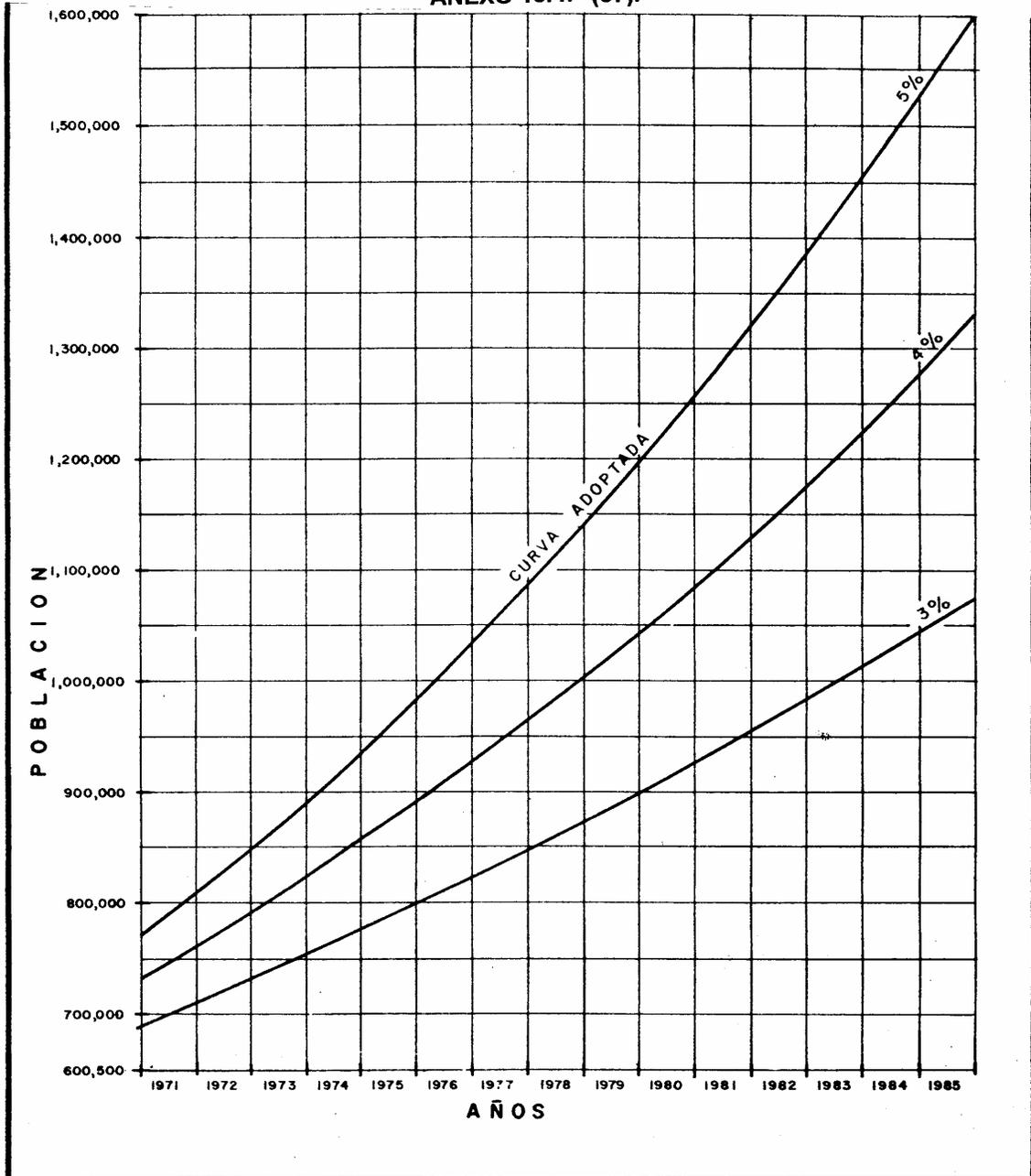
CUESTIONARIO PREVIO A REALIZAR EL MUESTREO

1. Fecha de muestreo: _____
2. Área de muestreo: I ف II ف III ف IV ف V ف VI ف.
3. Código de la muestra: _____
4. Dirección de la toma de muestra: Calle _____ Avenida: _____

5. Hora de toma de muestra: فف : فف (8:00-10:00)
6. Sexo: Femenino ف Masculino ف
7. Edad: فف (rango de 18-45 años cumplidos)
8. Dorso de Mano muestreada, (Se tomará dependiendo si la persona es diestro o izquierdo. Si es ambidiestro, se toma una de manera indistinta):
Derecha ف Izquierda ف
9. Residencia de la persona: (sólo asegurese que vive dentro del área del muestreo)
Si ف No ف
10. Profesión u oficio: _____
11. Actividad antes del muestreo: _____
12. Porta arma: Si ف No ف. (La respuesta es sí, el individuo se descarta para muestreo).
13. Ha disparado un arma de fuego: sí ف No ف.
14. Si la respuesta anterior es sí: ¿Hace cuánto, fue la última vez? _____
15. Observaciones durante el muestreo: _____

Las respuestas de éste cuestionario son confidenciales, utilizando su contenido para la elaboración del estudio de tesis a cargo de la persona que realiza el muestreo. Ésta no puede utilizarlo para acciones legales o de orden incriminatorio.

ANEXO 13.4: (37).



MUNICIPALIDAD DE LA CIUDAD DE GUATEMALA
DIRECCION DE AGUAS Y DRENAJES

DISENO
DIV. DE PROYECTOS
CALCULO
DIV. DE PROYECTOS
DIBUJO
LUIS F. BURMESTER

CURVA DE CRECIMIENTO DE POBLACION
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

GRAFICO No 1

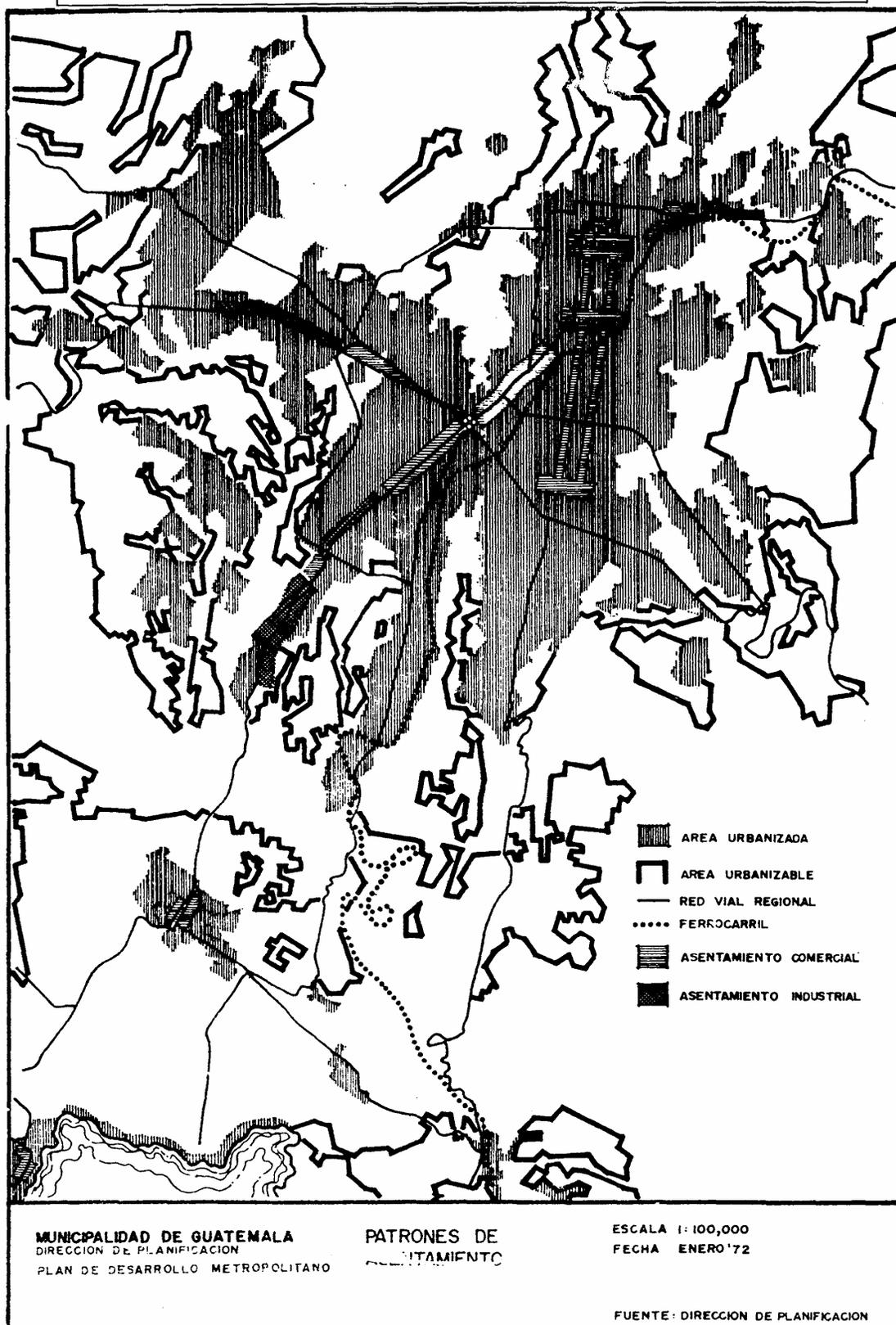
DIRECTOR
ING. E. WILLEMSSEN
ALCALDE LIC.
MANUEL COLOM A.
FECHA
ABRIL DE 1971

ANEXO 13.5. : Caracterización de los lugares muestreados en los aspectos más relevantes para el estudio de Niveles de Barrio y Antimonio en la regiones de estudio.

| MUESTREO | TIPO FORESTAL | | | INDUSTRIAS Y/O FABRICAS. | | | TIPO DE INFRAESTRUCTURA HABITACIONAL | COMERCIOS | | | TIPO DE COMERCIOS | | | | PASO VEHICULAR | | | | |
|--|---------------|---|---|--------------------------|---|---|--|-----------|---|---|---|---|--|---|----------------|---|---|---|---|
| | E | M | A | N | D | F | | E | M | A | | | | | L | P | L | P | |
| A R E A I ZONA 1- CENTRO | x | | | x | | | Predomina vivienda urbana tipo hispano-colonial de una fuerte mezcla con el uso comercial (37). | x | | | Panaderías, ventas varias informales y formales, tenderos, Supermercados, zapaterías, Oficinas jurídicas y/o trámites, Ventas, Restaurantes de comida rápida y comedores, librerías, etc. | | | | | x | | x | |
| A R E A II ZONA 3 – EL GALLITO | x | | | x | | | Casas sencillas de calles angostas, manzanas estrechas y alargadas (38). | x | | | Pequeñas ventas de insumos básicos, librerías, comedores improvisados en casas y mercado. | | | | | x | | x | |
| A R E A III ZONA 18 – SAN RAFAEL LA LAGUNA II | x | | | x | | | supermanzana: Callejones y caminamientos peatonales internos, con parqueos y vías de circulación vehicular en la periferia (38). | x | | | Insumos de la canasta básica, librerías, mercado. | | | x | | x | | | |
| A R E A IV ZONA 19 – EL MILAGRO | x | | | x | | | Tipo asentamiento igual al anterior. | | x | | Insumos de la canasta básica, librerías, mercado. | x | | | | | | | x |
| A R E A V ZONA 21 – CIUDAD REAL | x | | | | x | x | Casas sencillas de distribución irregular y espontánea (38). | | x | | Insumos básicos, mercado, farmacias, venta informal, ropa y artículos de limpieza. | | | | | x | | x | |
| A R E A IV ZONA 12 – EL MEZQUITAL | | x | | x | | | Asentamiento en cima plana sobre terreno accidentado (barrancos) (38). | x | | | Insumos de la canasta básica, talleres mecánicos. | x | | | | | | | x |

- ✓ Tipo Forestal: Cantidad de vegetación en especial árboles frondosos **E:** Escaso, **M:** Moderado, **A:** Abundante.
- ✓ Industrias y/o Fábricas: Sólo las de un potencial contaminante y de producción importante. **N:** Ninguna, **D:** Dentro de la zona del muestreo, **F:** Fuera o en la periferia del lugar muestreado.
- ✓ Comercios: Cualquiera que implique demanda peatonal. Nomenclatura igual al de Tipo forestal.
- ✓ Paso Vehicular: Dentro y en la periferia del lugar muestreado. **I:** Inusual o inconstante, **F:** Frecuente o constante, **L:** Liviano (motos, vehículos con un máximo de 5 personas). **P:** Pesado: Vehículos de grandes capacidades (buses urbanos y extraurbanos, camiones de expendio, no se toman en cuenta los furgones y trailers.)

ANEXO 13.6 PATRONES DE ASENTAMIENTO DEL ÁREA METROPOLITANA (40)



ANEXO 13.7 (37).

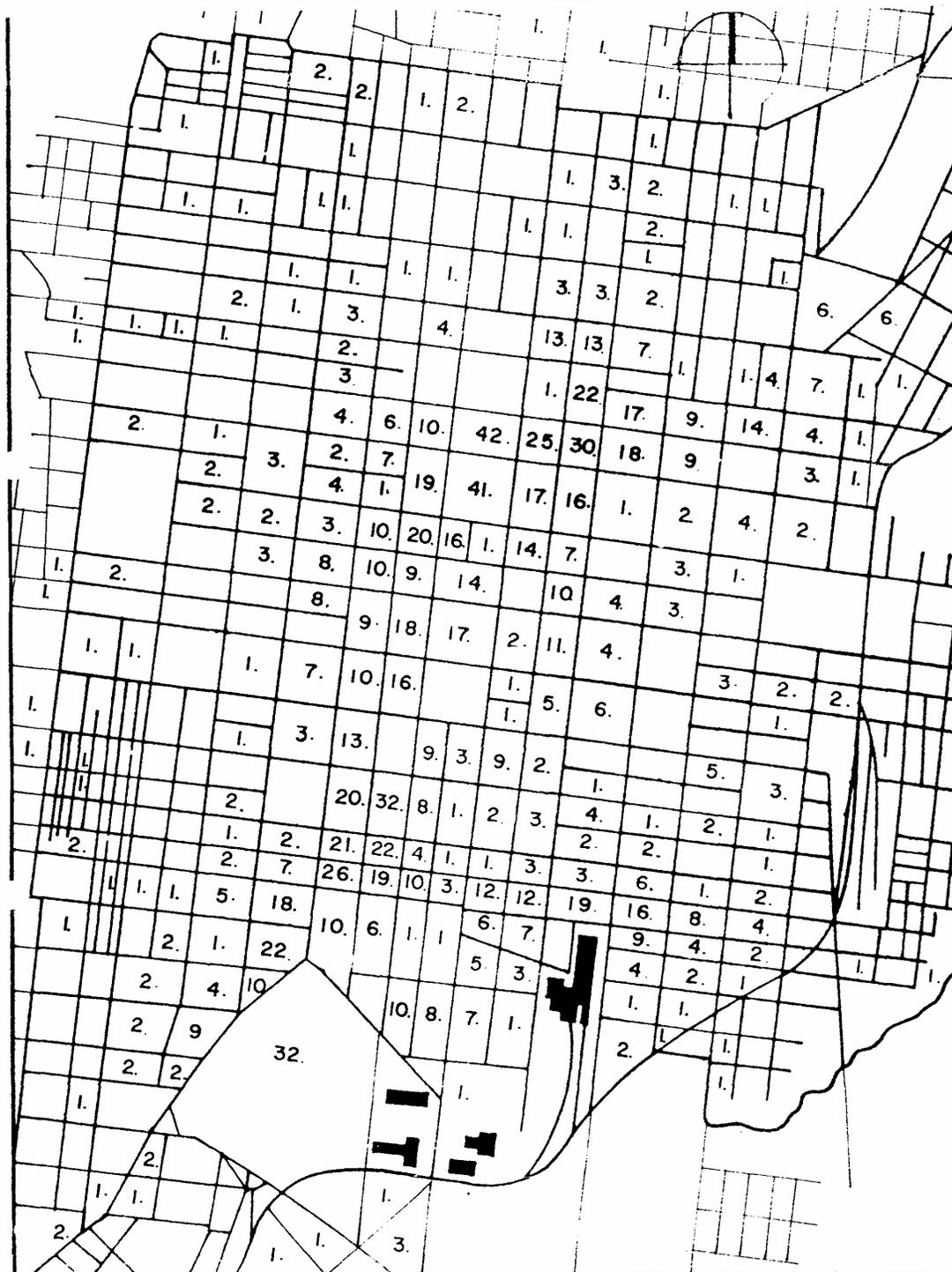
CUADRO No. 4

CLASIFICACION DE COMERCIO POR TIPO Y ZONA
PARA LA CIUDAD DE GUATEMALA

| TIPO DE COMERCIO | Z O N A S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|
| | TOTAL | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Distribuidora | 11 | 5 | | | | | 2 | | | 1 | 3 | | | | | | | | | | |
| Muebles | 33 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abarrotería | 146 | 49 | 4 | 15 | 12 | 9 | 11 | 13 | 6 | 5 | 3 | 10 | 6 | 1 | | 1 | | | | 1 | |
| Marranería | 89 | 7 | | 16 | 1 | 6 | 4 | 8 | 14 | | | 1 | 24 | 3 | | 1 | 1 | | | 2 | 1 |
| Panadería | 241 | 33 | | 40 | 6 | 36 | 27 | 11 | 19 | 4 | 3 | 17 | 33 | 3 | 1 | 1 | 2 | | | 1 | 1 |
| Tienda | 4916 | 632 | 142 | 365 | 30 | 535 | 706 | 549 | 196 | 15 | 68 | 325 | 470 | 66 | 51 | 14 | 21 | 10 | 104 | 617 | |
| Veterinaria | 6 | 1 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mpatería | 145 | 110 | | 10 | | | 9 | 4 | 9 | 1 | | | 2 | | | | | | | | |
| Discos | 6 | 5 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Decorados | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Repuestos | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ferretería | 9 | 8 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Vidrieras | 5 | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| Electrónica | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Pinturas | 6 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Almacén | 527 | 489 | | 4 | 14 | | 14 | 2 | | 3 | | | 1 | | | | | | | | |
| Floristería | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Talabartería | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Librerías | 5 | 1 | | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opticas | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Joyería | 42 | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| laires | 6 | 3 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Restaurant | 188 | 92 | 3 | 3 | 8 | 8 | 14 | 8 | 11 | 15 | 7 | 1 | 5 | 4 | | | 1 | | 4 | 4 | |
| Cafetería | 236 | 153 | 1 | 16 | 13 | 8 | 7 | 7 | 3 | 8 | 1 | 5 | 2 | 4 | | 1 | | | 1 | 6 | |
| Gasolinera | 24 | 6 | | | 9 | | | | | 6 | 3 | | | | | | | | | | |
| Cantina | 562 | 140 | 12 | | 15 | 43 | 84 | 57 | 37 | 4 | 11 | 22 | 67 | 9 | 8 | | 7 | 4 | 10 | 32 | |
| Helados | 58 | 7 | | 48 | 1 | | | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| Pensiones | 12 | 6 | | | | | 1 | | 2 | 3 | | | | | | | | | | | |
| Lavandería | 10 | 4 | | | 3 | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| Barbería | 295 | 82 | 8 | 33 | 2 | 13 | 47 | 28 | 12 | 1 | 2 | 4 | 18 | 5 | 3 | 2 | | | | 9 | 26 |
| Salón de Belleza | 251 | 106 | 17 | 19 | 6 | 3 | 18 | 16 | 8 | 12 | 8 | 3 | 17 | 5 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 9 | |
| Baños de Vapor | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| Fotos | 7 | 6 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Avícolas | 2 | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Lechería | 2 | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | |

FUENTE: Censo Comercial por Sterling Products - Febrero 1,969.

ANEXO 13.8 (37).



MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA
 DIRECCION DE PLANIFICACION
 PLAN DE DESARROLLO METROPOLITANO

PATRONES DE ASENTAMIENTO
 COMERCIAL
 NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS
 ZONA I. AÑO 1965

ESCALA INDICADA
 FECHA DIC 1971

FUENTE DIRECCION DE PLANIFICACION

MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA
DIRECCION DE PLANIFICACION
PLAN DE DESARROLLO METROPOLITANO

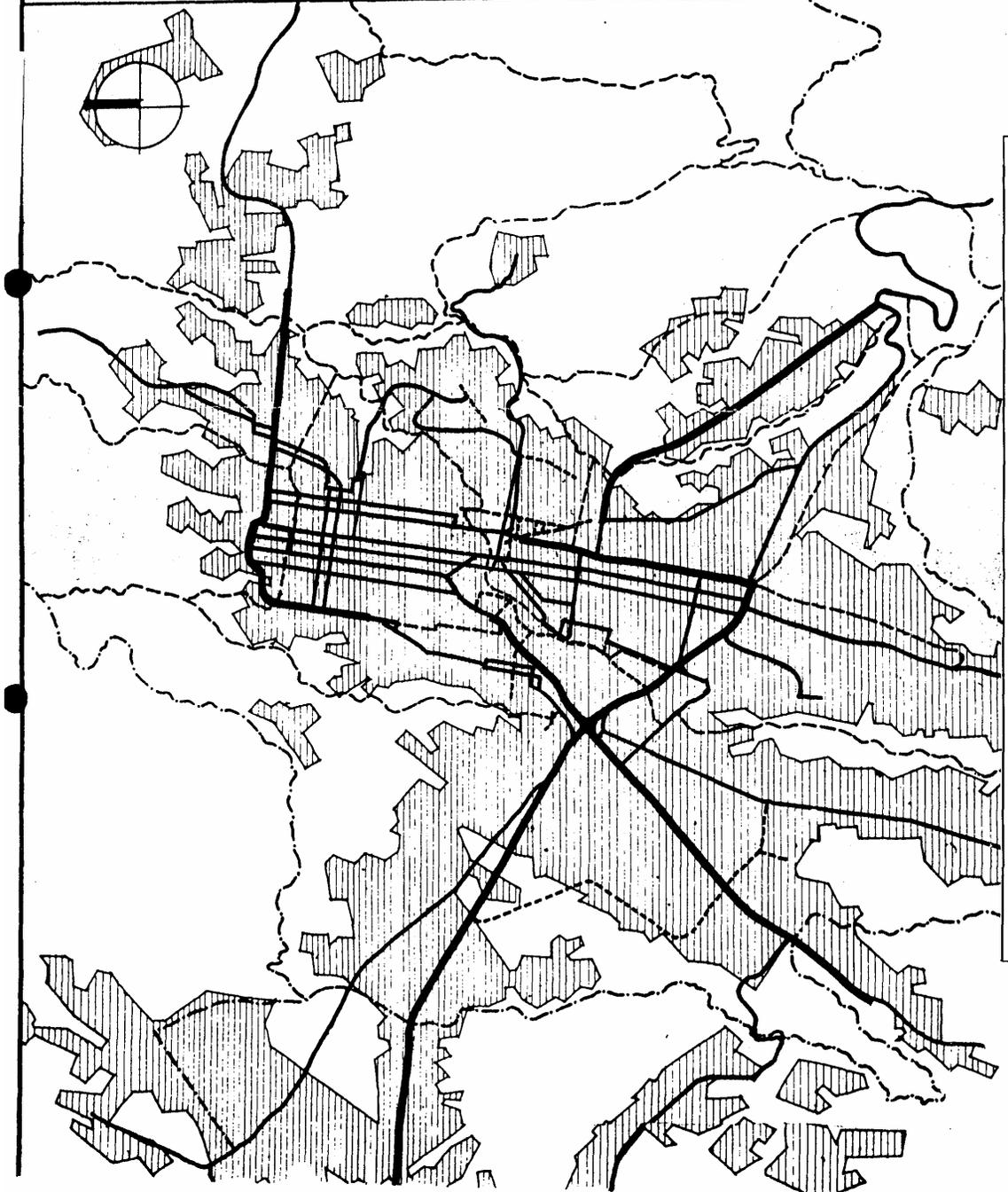
RED VIAL PRINCIPAL

ESCALA: 1: 50,000
FECHA: 27 DIC. 1971
REFERENCIAS:

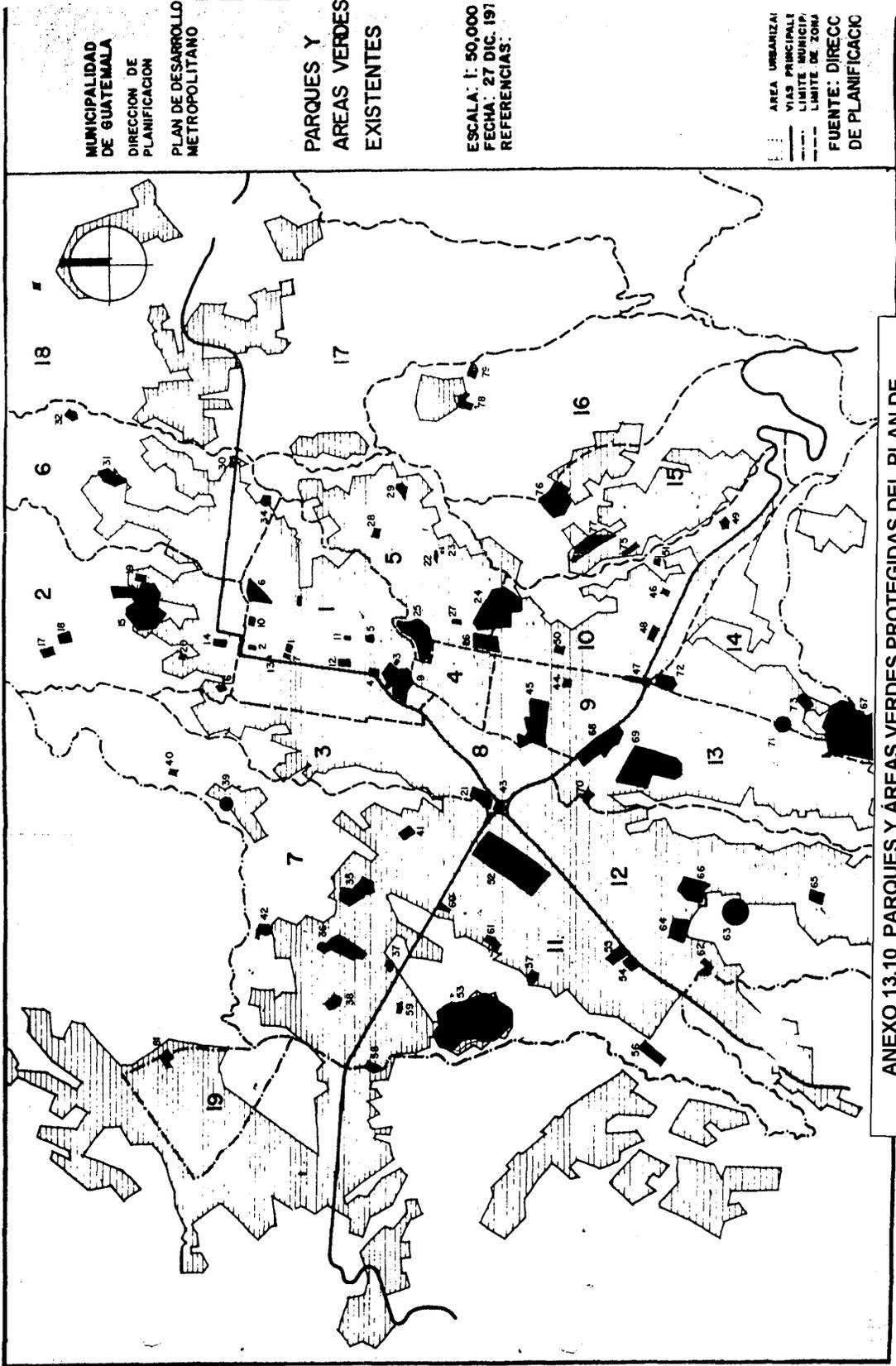
- ARTERIA
- VIAS COLECTIVAS
- - - VIAS EN PROYECTO

- ▨ AREA URBANIZADA
- ▬ VIAS PRINCIPALES
- - - LIMITE MUNICIPAL
- - - LIMITE DE ZONAS

FUENTE: DIRECCION DE PLANIFICACION

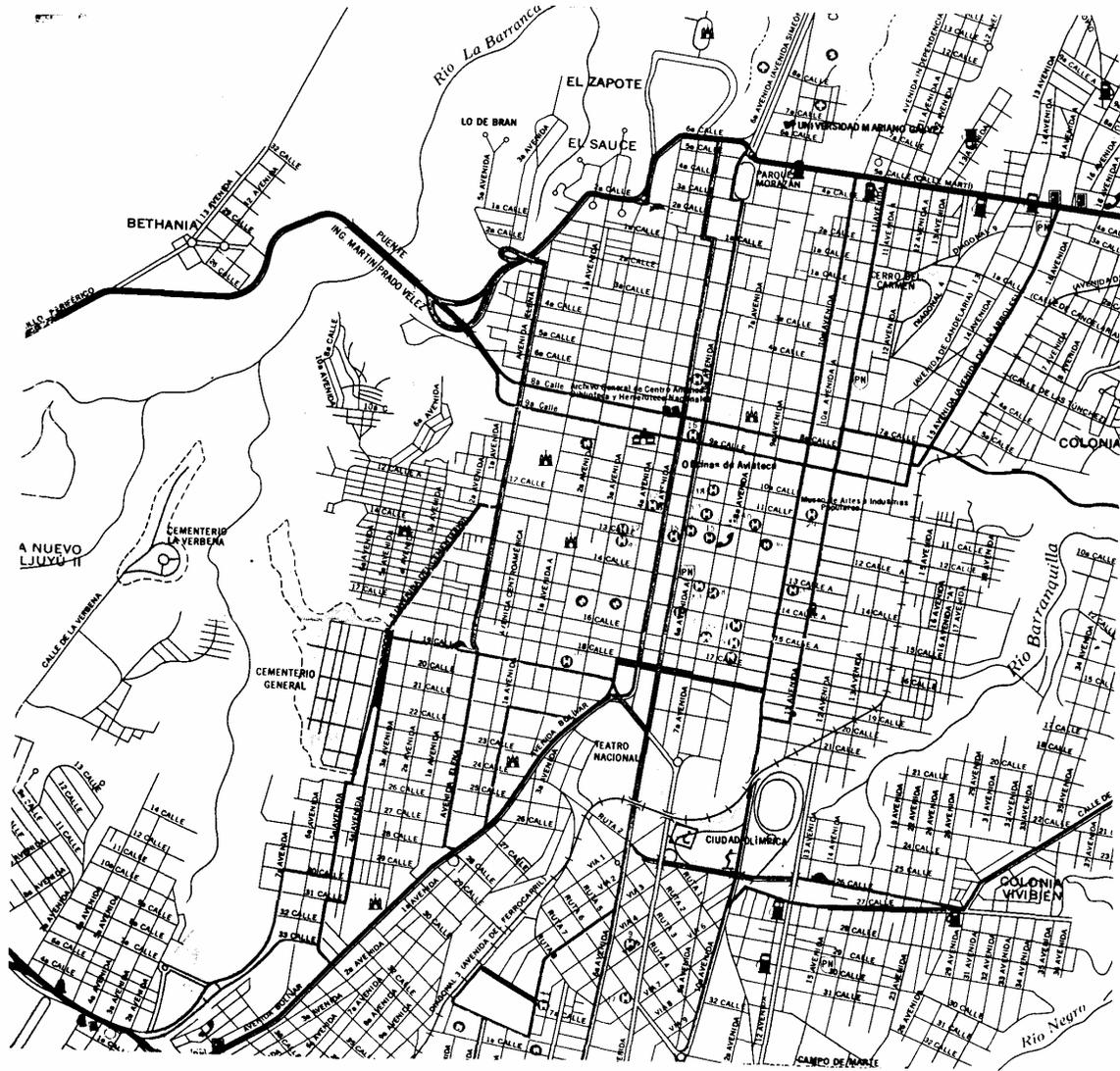


ANEXO 13.9 RED VIAL PRINCIPAL DE LA CIUDAD METROPOLITANA NO SUJETA A CAMBIOS (40).



ANEXO 13.10 PARQUES Y AREAS VERDES PROTEGIDAS DEL PLAN DE DESARROLLO METROPOLITANO. (40).

ANEXO 13.11 MAPA URBANÍSTICO DE LAS ÁREAS I Y II: CENTRO Y TRES (42)



**ANEXO 13.12: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA III: SAN RAFAEL LA LAGUNA
II-ZONA 18 (38).**

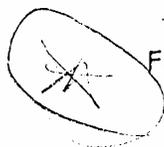
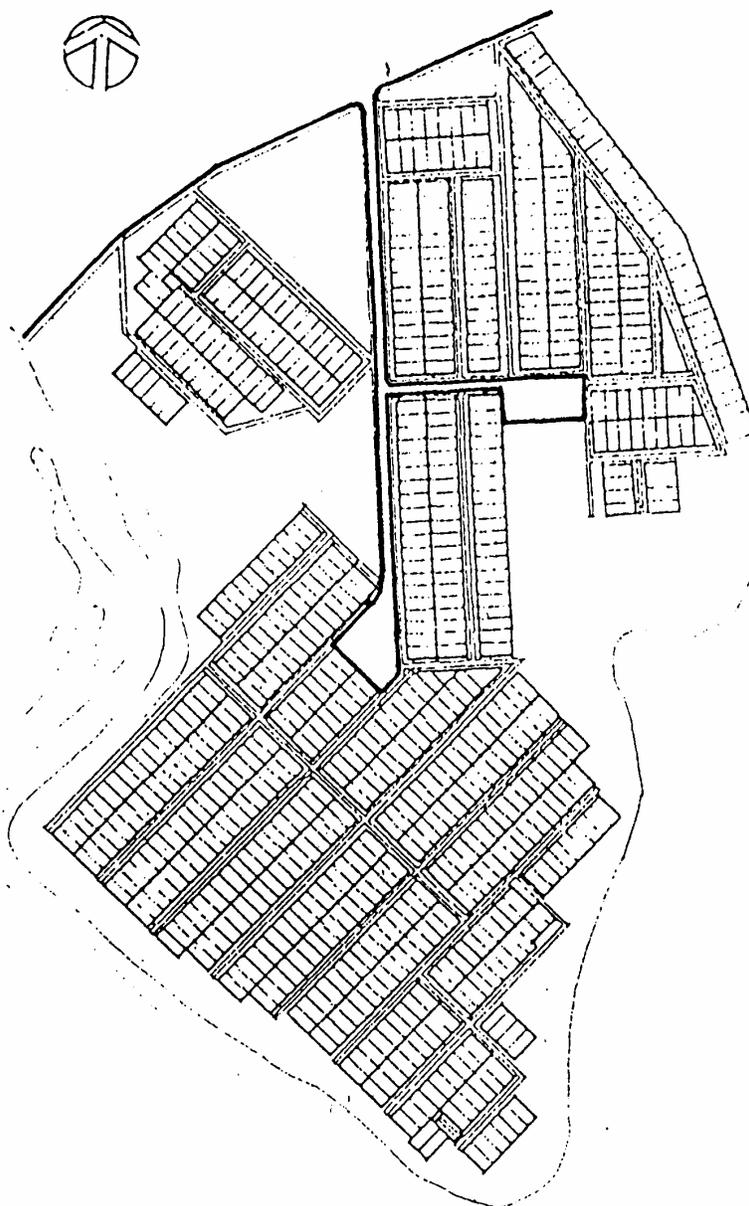


Fig. 26. Trazado de supermanzana en San Rafael La Laguna II.
Fuente: BANVI.

ANEXO 13.13: EL SOMBRADO INDICA LAS ÁREAS FORESTADAS (38)

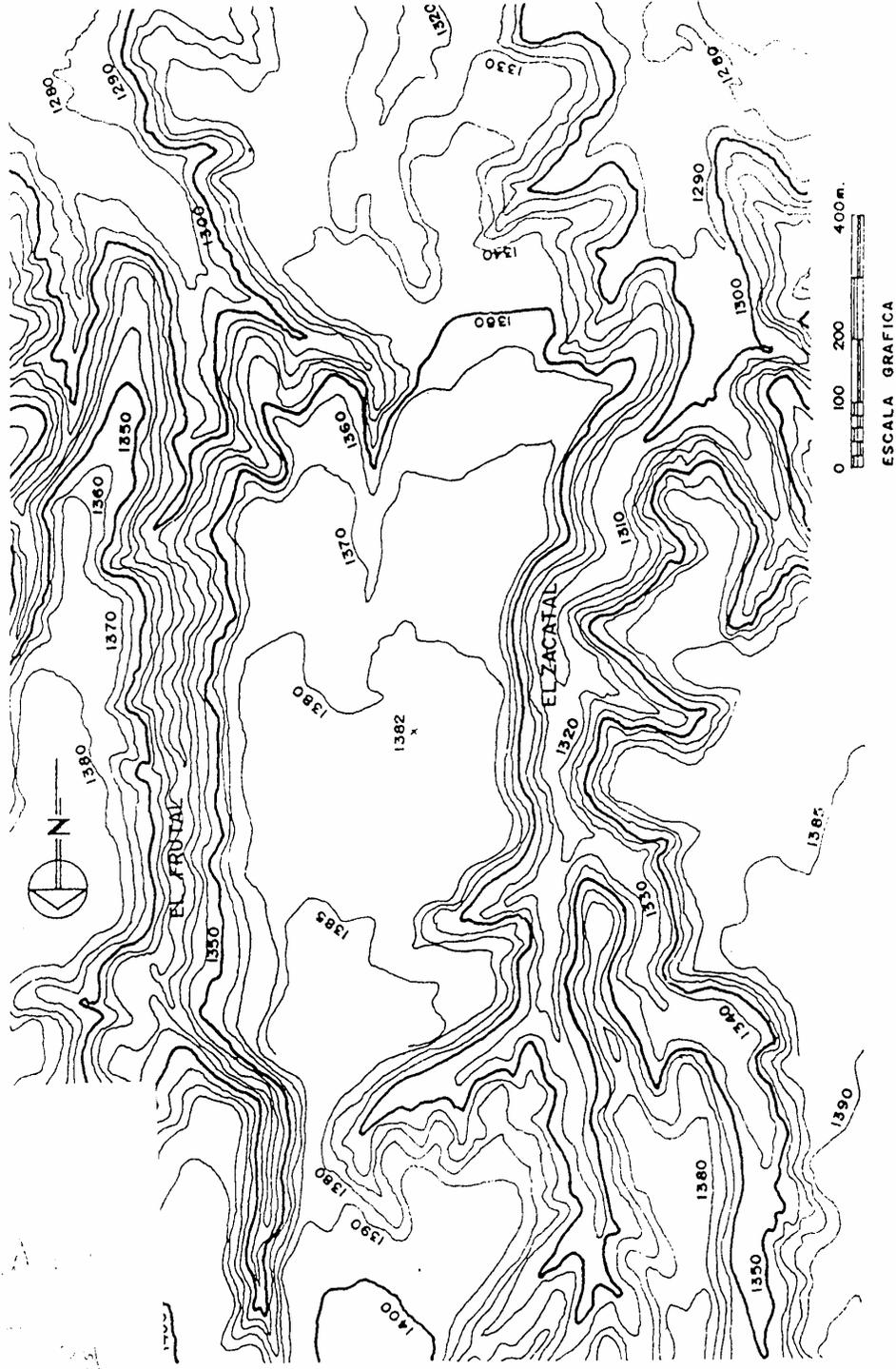


Fig. 46. Relieve topográfico de la península de El Mezquital.
Fuente: IGN.

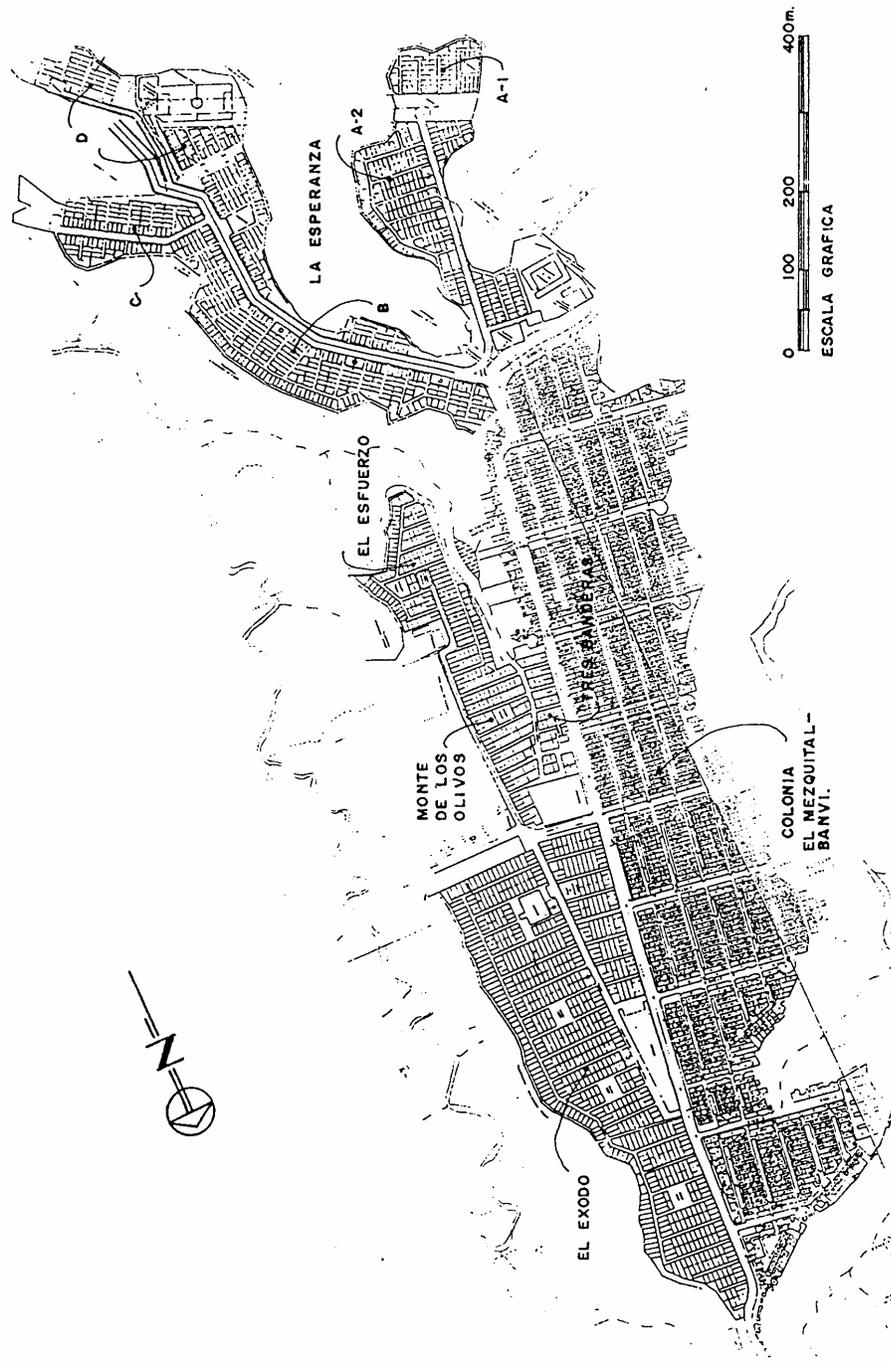


Fig. 48. Reordenamiento urbano realizado en los Asentamientos Unidos de El Mezquital. Fuente: DAHYI.

ANEXO 13.14: MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA VI: EL MEZQUITAL-ZONA 18 (38).

ANEXO 13.15

Guatemala 8 de septiembre de 2,004

Mirsa Adela Soto de León
Presente.

Por este medio le informo sobre lo solicitado por su persona, que luego de una revisión minuciosa a los certificados de calidad de los productos derivados del petróleo (Gasolina Superior, Gasolina Regular y Diesel), no se encuentran reportados los elementos de bario y antimonio. El único metal que se encuentra en la actualidad es el plomo en cantidades mínimas permitidas, debido a que en la actualidad se utilizan productos oxigenados y aromáticos para realizar la misma función que el plomo.

Además el laboratorio no analiza estos metales ya que en el único que ha encontrado y analiza es el plomo.

Atentamente



Cesar Augusto Cerdo Elias
Jefe Departamento de Ingeniería y Operaciones
Dirección General de Hidrocarburos



ANEXO 13.16: ARCHIVO DE LOS 66 INDIVIDUOS MUESTREADOS EN LAS 6 AREAS, INFORMACIÓN PROVENIENTE DE LA ENTREVISTA.

| MUESTRA | AREA DE MUESTREO | OCUPACION ACTUAL | ACTIVIDADES ANTES DE MUESTREO | µg DE BARIO (Ba) | µg DE ANTIMONIO (Sb) |
|----------|------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------|----------------------|
| FIQ-T-01 | I | PANADERO | DESPACHAR PAN | 0.016 | 0.002 |
| FIQ-T-02 | I | CONSERJE | LIMPIEZA | 0.128 | 0.011 |
| FIQ-T-03 | I | TRAMITADOR | MANEJAR DINERO | 0.075 | ND |
| FIQ-T-04 | I | BODEGUERO | REGAR SU JARDÍN | 0.066 | 0.002 |
| FIQ-T-05 | I | TENDERO | BARRER LA CALLE | 0.199 | ND |
| FIQ-T-06 | I | ASISTENTE DE IMPRENTA | MANEJAR PAPELERÍA | 0.116 | ND |
| FIQ-T-07 | I | MAESTRA DE KINDER | CORTAR Y PEGAR PAPEL | 0.062 | ND |
| FIQ-T-08 | I | ABOGADO Y NOTARIO | FUMAR | 0.643 | ND |
| FIQ-T-09 | I | MECANICO | REPARAR UN AUTO | 0.406 | 0.022 |
| FIQ-T-10 | I | FERRETERO | DESPACHAR Y ALMACENAR MERCADERÍA | 0.214 | 0.003 |
| FIQ-T-11 | I | TÉCNICO DE LABORATORIO | VER TELEVISIÓN | 0.22 | ND |
| FIQ-T-12 | II | PERITO CONTADOR | SACAR LA BASURA | 0.104 | 0.022 |
| FIQ-T-13 | II | INGENIERO AGRÓNOMO | DESCANSAR EN SU CAMA | 0.19 | ND |
| FIQ-T-14 | II | REPARADOR ELECTRÓNICO | REPARANDO UNA MÁQUINA SUMADORA | 0.305 | 0.054 |
| FIQ-T-15 | II | VENTAS | ESCRIBIR EN MÁQUINA MECÁNICA | 0.197 | ND |
| FIQ-T-16 | II | DIBUJANTE | FUMAR Y MASCAR CHICLE | 0.557 | 0.035 |
| FIQ-T-17 | II | ANALISTA DE SUELOS | IR A LA TIENDA | 0.181 | 0.05 |
| FIQ-T-18 | II | MAESTRA DE PRIMARIA | VER TELEVISIÓN | 0.161 | 0.056 |
| FIQ-T-19 | II | AMA DE CASA | LIMPIEZA Y TENDER ROPA AL SOL | 0.11 | ND |
| FIQ-T-20 | II | TRADUCTORA | DAR DE COMER A SU BEBE | 0.106 | 0.028 |
| FIQ-T-21 | II | RECEPCIONISTA | COCINAR | 0.118 | 0.06 |
| FIQ-T-22 | II | OFICINISTA | HACER LIMPIEZA | 0.142 | ND |
| FIQ-T-23 | III | ZAPATERO | PEGAR SUELOS DE HULE. | 0.043 | 0.002 |
| FIQ-T-24 | III | BODEGUERO DE REPUESTOS | FUMAR | 0.63 | 0.001 |
| FIQ-T-25 | III | PROGRAMADOR | COMER Y BARRER | 0.06 | 0.048 |
| FIQ-T-26 | III | VENTAS | ORDENAR CRITALERÍA | 0.016 | 0.013 |
| FIQ-T-27 | III | PERITO CONTADOR | LEER EL PERIÓDICO | 0.047 | 0.006 |
| FIQ-T-28 | III | PERITO CONTADOR | REVISAR ARCHIVOS | 0.047 | ND |
| FIQ-T-29 | III | PROGRAMADOR | ESCRIBIR EN COMPUTADORA | 0.087 | 0.005 |
| FIQ-T-30 | III | PERITO CONTADOR | LEER UN LIBRO | 0.135 | ND |
| FIQ-T-31 | III | HERRERO INDUSTRIAL | INSTALAR REJAS A LA VECINDAD | 0.238 | ND |
| FIQ-T-32 | III | BARBERO | CORTE DE PELO Y BARBA | 0.083 | 0.013 |
| FIQ-T-33 | III | TENDERO | BARRER LA CALLE Y LIMPIAR MOSTRADOR | 0.089 | 0.015 |
| FIQ-T-34 | IV | AMA DE CASA | LAVAR ROPA A MANO | ND | ND |
| FIQ-T-35 | IV | CARPINTERO | ARMAR UN GABINETE | 0.298 | ND |
| FIQ-T-36 | IV | DEPENDIENTE DE TIENDA | HACER LIMPIEZA | 0.242 | ND |
| FIQ-T-37 | IV | BOCEADOR | VENDER PERIODICO EN ESQUINA | 0.291 | ND |
| FIQ-T-38 | IV | SECRETARIA | COMER Y LEER | 0.248 | ND |
| FIQ-T-39 | IV | OFICINISTA | ESCRIBIR | 0.192 | ND |
| FIQ-T-40 | IV | JUBILADO | LIMPIAR EL PATIO DE SU CASA | ND | 0.01 |
| FIQ-T-41 | IV | VENDEDOR DE MERCADO | DESPACHAR Y MANEJO DE DINERO | 0.177 | 0.003 |
| FIQ-T-42 | IV | COMERCIANTE | MANEJO DE MERCADERÍA Y LIMPIEZA | 0.122 | ND |
| FIQ-T-43 | IV | AMA DE CASA | COCINAR | 0.074 | ND |
| FIQ-T-44 | IV | AMA DE CASA | IR DE COMPRAS AL MERCADO | 0.01 | 0.008 |
| FIQ-T-45 | V | ALBAÑIL | CORTAR LOSAS Y BLOCK | 0.234 | 0.002 |
| FIQ-T-46 | V | TRABAJO DE IMPRENTA | FOTOCOPIAR Y LIMPIAR LA FOTOCOPIADORA | 0.333 | 0.006 |
| FIQ-T-47 | V | SECRETARIA | ARCHIVAR Y REFACCIONAR | 0.115 | 0.004 |

| | | | | | |
|----------|----|--------------------------|---|-------|-------|
| FIQ-T-48 | V | DEPENDIENTE DE FARMACIA | DESPACHAR MEDICINAS Y PLATICAR | 0.089 | ND |
| FIQ-T-49 | V | EBANISTA | PULIR TABLAS BARNIZADAS | 0.227 | ND |
| FIQ-T-50 | V | BACHILLER | VER TELEVISIÓN | 0.044 | ND |
| FIQ-T-51 | V | PINTOR | CORTAR MANTAS Y MEZCLAR PINTURA DE HULE | 0.368 | 0.003 |
| FIQ-T-52 | V | TENDERO | FUMAR Y PLATICAR | 0.339 | ND |
| FIQ-T-53 | V | MECÁNICO | ARMAR UN LLANTA | 0.479 | ND |
| FIQ-T-54 | V | AUXILIAR DE CONTABILIDAD | PAPELEO | 0.203 | ND |
| FIQ-T-55 | V | AYUDANTE DE BODEGA | COMER | 0.105 | 0.008 |
| FIQ-T-56 | VI | OFICINISTA | MECANOGRAFIAR DOCUMENTOS | 0.028 | ND |
| FIQ-T-57 | VI | BACHILLER | ENCARGADO DE BODEGA-TALLER. | ND | ND |
| FIQ-T-58 | VI | DEPENDIENTE DE TIENDA | MANEJO DE MERCADERÍA | 0.072 | ND |
| FIQ-T-59 | VI | RECEPCIONISTA | PAPELEO | 0.137 | 0.014 |
| FIQ-T-60 | VI | SECRETARIA | USO DE COMPUTADORA | 0.316 | 0.02 |
| FIQ-T-61 | VI | PERITO CONTADOR | LIMPIAR VIDRIOS | 0.159 | ND |
| FIQ-T-62 | VI | ESTUDIANTE | LIMPIAR UNA BODEGA Y FUMAR | 0.413 | ND |
| FIQ-T-63 | VI | AMA DE CASA | SACAR LA BASURA AL PATIO | ND | 0.01 |
| FIQ-T-64 | VI | ENCARGADA DE ALMACEN | JUGAR CON SU NIETO | ND | 0.009 |
| FIQ-T-65 | VI | FOTOGRAFO | TOMAR FOTOGRAFIAS | 0.268 | ND |
| FIQ-T-66 | VI | ESTUDIANTE | TRABAJOS ESCOLARES | 0.048 | ND |

Anexo 13.17: Resultados de positivos de disparo para comparación con el Análisis “Residuos de disparo” del estudio de Niveles Mínimos de Bario (Ba) y Antimonio (Sb) en manos de personas no expuestas a ambientes de disparo en el Área Metropolitana de la República de Guatemala, por medio de la técnica de Absorción Atómica en la sección Físico-Química.

| CÓDIGO | µg BARIO (Ba) | µg ANTIMONIO (Sb) | RELACIÓN Ba-Sb |
|----------------|---------------|-------------------|----------------|
| FIQ-04-R1 (1) | 0.243 | 0.024 | 10.13 |
| FIQ-04-R2 (2) | 1.038 | 0.092 | 11.29 |
| FIQ-04-R3 (3) | 2.372 | 0.256 | 9.57 |
| FIQ-04-R4 (4) | 3.988 | 0.406 | 9.82 |
| REFERENCIA (5) | 0.400 | 0.040 | 10 |

- (1) Antes del disparo. (la persona tiene contacto con armas de fuego)
- (2) Un disparo a los 10 minutos.
- (3) Tres disparos a los 15 minutos.
- (4) Nueve disparos luego de 1 hora.
- (5) Referencia: Valores límite o de parámetro que se utiliza para discriminar niveles provenientes de disparo, junto con otros criterios.

Tabla-anexo 13.18: Muestras que guardan relación entre sí dentro de los resultados obtenidos en la tabla No.1 de del Análisis “Residuos de disparo” por cuantificación de metales para el estudio de Niveles Mínimos de Bario (Ba) y Antimonio (Sb) en manos de personas no expuestas a ambientes de disparo de 6 zonas rojas muestreadas.

| | CÓDIGO | µg BARIO (Ba) | µg ANTIMONIO (Sb) | RELACIÓN Ba-Sb | PROMEDIO | |
|--|-----------|---------------|-------------------|----------------|----------|-------|
| | | | | | µg Ba | µg Sb |
| A R E A I ZONA 1- CENTRO | FIQ-T-001 | 0.016 | 0.002 | 8.00 | 0.166 | 0.008 |
| | FIQ-T-002 | 0.128 | 0.011 | 11.64 | | |
| | FIQ-T-004 | 0.066 | 0.002 | 33.00 | | |
| | FIQ-T-009 | 0.406 | 0.022 | 18.46 | | |
| | FIQ-T-010 | 0.214 | 0.003 | 71.30 | | |
| A R E A II ZONA 3 – EL GALLITO | FIQ-T-012 | 0.104 | 0.022 | 4.73 | 0.219 | 0.043 |
| | FIQ-T-014 | 0.305 | 0.054 | 5.65 | | |
| | FIQ-T-016 | 0.557 | 0.035 | 15.91 | | |
| | FIQ-T-017 | 0.181 | 0.050 | 3.62 | | |
| | FIQ-T-018 | 0.161 | 0.056 | 2.88 | | |
| | FIQ-T-020 | 0.106 | 0.028 | 3.79 | | |
| | FIQ-T-021 | 0.118 | 0.060 | 1.97 | | |
| A R E A III ZONA 18 – SAN RAFAEL LA LAGUNA II | FIQ-T-023 | 0.043 | 0.002 | 21.50 | 0.132 | 0.012 |
| | FIQ-T-024 | 0.630 | 0.001 | 630.00 | | |
| | FIQ-T-025 | 0.060 | 0.048 | 1.25 | | |
| | FIQ-T-026 | 0.016 | 0.013 | 1.23 | | |
| | FIQ-T-027 | 0.047 | 0.006 | 7.80 | | |
| | FIQ-T-029 | 0.087 | 0.005 | 17.40 | | |
| | FIQ-T-032 | 0.083 | 0.013 | 6.39 | | |
| | FIQ-T-033 | 0.089 | 0.015 | 5.93 | | |
| A R E A IV ZONA 19 – EL MILAGRO | FIQ-T-041 | 0.177 | 0.003 | 59.00 | 0.093 | 0.005 |
| | FIQ-T-044 | 0.010 | 0.008 | 1.25 | | |
| A R E A IV ZONA 21 – CIUDAD REAL | FIQ-T-045 | 0.234 | 0.002 | 117.00 | 0.231 | 0.004 |
| | FIQ-T-046 | 0.333 | 0.006 | 55.50 | | |
| | FIQ-T-047 | 0.115 | 0.004 | 28.75 | | |
| | FIQ-T-051 | 0.368 | 0.003 | 122.67 | | |
| | FIQ-T-055 | 0.105 | 0.008 | 13.13 | | |
| A R E A VI ZONA 12 - MEZQUITAL | FIQ-T-059 | 0.137 | 0.014 | 9.79 | 0.137 | 0.014 |

Tabla-anexo 13.19: Resultados Representativos obtenidos de la Tabla No. 1 sobre el Análisis de “Residuos de disparo” por cuantificación de metales para el estudio de Niveles Mínimos de Bario (Ba) y Antimonio (Sb) en manos de personas no expuestas a ambientes de disparo de 6 zonas rojas muestreadas (11 muestras por cada una), del Área Metropolitana de la República de Guatemala, por medio de Espectroscopía de Absorción Atómica en la sección Físico-Química.

| MUESTREO | Promedio de μg BARIO (Ba) | Promedio de μg ANTIMONIO (Sb) | Promedio de la RELACIÓN Ba-Sb |
|--|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| A R E A I ZONA 1- CENTRO | 0.208 | 0.004 | 12.95 |
| A R E A II ZONA 3 – EL GALLITO | 0.197 | 0.030 | 3.50 |
| A R E A III ZONA 18 – SAN RAFAEL LA LAGUNA II | 0.134 | 0.009 | 8.32 |
| A R E A IV ZONA 19 - EL MILAGRO | 0.150 | 0.004 | 5.48 |
| A R E A V ZONA 21 – CIUDAD REAL | 0.235 | 0.002 | 30.64 |
| A R E A VI ZONA 12 - MEZQUITAL | 0.131 | 0.005 | 2.33 |

- ☞ El límite de detección para el antimonio es menor a 0.001 μg .
- ☞ El límite de detección para el Bario es de 0.010 μg .

Anexo 13.20-a: Análisis estadístico de los niveles del Antimonio (Sb) de la Tabla No. 1, las muestras No Detectadas (ND) no se tomaron en cuenta debido a que no presentan valor numérico específico.

| INTERVALOS | LIMITES REALES | fi | Fa | Xi | fiXi | \bar{X} | (Xi - x) | (X - x) ² | fi(X - x) ² |
|-------------|----------------|----|-----|-------|-------|-----------|-----------|----------------------|------------------------|
| 0.001-0.011 | 0.0095-0.0115 | 18 | 18 | 0.006 | 0.108 | 0.0034839 | 0.0025161 | 6.33091E-06 | 0.000114 |
| 0.012-0.022 | 0.0115-0.0225 | 6 | 24 | 0.017 | 0.102 | 0.0032903 | 0.0137097 | 0.000187955 | 0.0011277 |
| 0.023-0.033 | 0.0225-0.0335 | 1 | 25 | 0.028 | 0.028 | 0.0009032 | 0.0270968 | 0.000734235 | 0.0007342 |
| 0.034-0.044 | 0.0335-0.0445 | 1 | 26 | 0.039 | 0.039 | 0.0012581 | 0.0377419 | 0.001424454 | 0.0014245 |
| 0.045-0.055 | 0.0445-0.0555 | 3 | 29 | 0.05 | 0.15 | 0.0048387 | 0.0451613 | 0.002039542 | 0.0061186 |
| 0.056-0.066 | 0.0555-0.0665 | 2 | 31 | 0.061 | 0.122 | 0.0039355 | 0.0570645 | 0.003256359 | 0.0065127 |
| Σ | | 31 | 153 | 0.201 | 0.549 | 0.0177097 | 0.1832903 | 0.007648876 | 0.0160317 |

VARIANZA 0.000517152 PERCENTIL 0.5 0.00157
DESVIACIÓN ESTÁNDAR 0.022741 PERCENTIL 99.5 0.0623

Anexo 13.20-b: Análisis estadístico de los niveles del Bario (Ba) de la Tabla No. 1, las muestras No Detectadas (ND) no se tomaron en cuenta debido a que no presentan valor numérico específico.

| INTERVALOS | LIMITES REALES | fi | Fa | Xi | fiXi | \bar{X} | (Xi - x) | (X - x) ² | fi(X - x) ² |
|-------------|----------------|----|-----|-------|--------|-----------|-----------|----------------------|------------------------|
| 0.010-0.100 | 0.0095-0.1005 | 19 | 19 | 0.055 | 1.045 | 0.0171311 | 0.0378689 | 0.001434 | 0.0272469 |
| 0.101-0.191 | 0.1005-0.1915 | 18 | 37 | 0.146 | 2.628 | 0.043082 | 0.102918 | 0.0105921 | 0.1906582 |
| 0.192-0.218 | 0.1915-0.2185 | 11 | 48 | 0.237 | 2.607 | 0.0427377 | 0.1942623 | 0.0377378 | 0.4151162 |
| 0.282-0.372 | 0.2815-0.3725 | 7 | 55 | 0.327 | 2.289 | 0.0375246 | 0.2894754 | 0.083796 | 0.5865721 |
| 0.373-0.462 | 0.3725-0.4625 | 2 | 57 | 0.418 | 0.836 | 0.0137049 | 0.4042951 | 0.1634545 | 0.326909 |
| 0.463-0.552 | 0.4525-0.5525 | 1 | 58 | 0.508 | 0.508 | 0.0083279 | 0.4996721 | 0.2496722 | 0.2496722 |
| 0.553-0.643 | 0.5525-0.6435 | 3 | 61 | 0.598 | 1.794 | 0.0294098 | 0.5685902 | 0.3232948 | 0.9698843 |
| Σ | | 61 | 335 | 2.289 | 11.707 | 0.191918 | 2.097082 | 0.8699816 | 2.766059 |

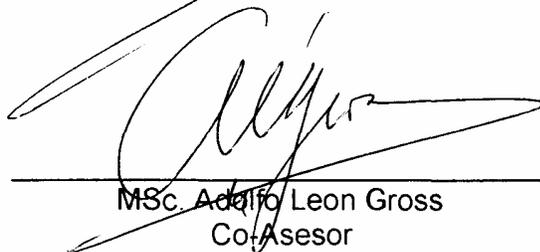
VARIANZA 0.04534523 PERCENTIL 0.5 0.00644
DESVIACIÓN ESTÁNDAR 0.2129442 PERCENTIL 99.5 0.5335



Br. Mirsa Adera Soto de León



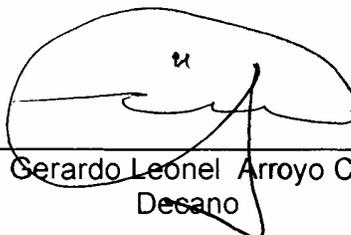
Licda. Myriam Dolores Ovalle de Monroy
Asesora



MSc. Adolfo Leon Gross
Co-Asesor



Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto
Director Escuela de Química.



MSc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán
Decano