FACULTAD DE MEDICINA – DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA

MAESTRIA EN TOXICOLOGIA

"EFECTO DEL MATERIAL PARTICULADO PM_{10} SOBRE SÍNTOMAS RESPIRATORIOS Y LOS NIVELES DE METABOLITOS DE LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS PIRENO Y BENZO(A)PIRENO EN UNA POBLACIÓN EXPUESTA A CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. BOGOTÁ 2008 - 2009."

INFORME FINAL PRESENTADO A LA
SECRETARIA DISTRITAL DE MEDIO AMBIENTE DE BOGOTA

GRUPO DE INVESTIGACION
"TOXICOLOGIA AMBIENTAL Y OCUPACIONAL – TOXICAO"
DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGIA
FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVESTIGADOR PRINCIPAL. Alba Isabel Rodríguez Pulido

INVESTIGADORES
ALBA ISABEL RODRIGUEZ MD, MsC Toxicología.
Departamento de Toxicología. Facultad de Medicina.
MAURICIO RESTREPO MD, MsC Epidemiología.
Departamento de Salud Pública. Facultad de Medicina.
PLUTARCO GARCIA HERREROS MD, Esp. Neumología.
Departamento de Medicina Interna. Facultad de Medicina.
NESTOR Y. ROJAS Ing. Químico, PhD Combustibles.
Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería.
JOSE URREGO Químico Farmacéutico, MsC Toxicología.
Departamento de Toxicología. Facultad de Medicina.
JESUS ALEJANDRO ESTEVEZ MD, Esp. Epidemiología, Cand. Msc Toxicología
Departamento de Toxicología. Facultad de Medicina
CRISTIAN CAMILO DIAZ Químico, Cand. MsC Toxicología.
Departamento de Toxicología. Facultad de Medicina

CREDITOS
INVESTIGADORES:
Alba Isabel Rodríguez, Directora del Proyecto.
Jesús Alejandro Estévez, Co-investigador, coordinador componente médico.
Cristian Camilo Díaz, Co-investigador, coordinador componente analítico.
Mauricio Restrepo, Co-investigador, asesor metodológico componente médico.
Plutarco García-Herreros, Co-investigador, asesor temático componente médico.
Néstor Rojas, Co-investigador, asesor temático componente ambiental.
José Urrego, Co-investigador, asesor temático componente analítico.

EQUIPO DE CAMPO:

Lucila Rodríguez, enfermera, realización espirometrías.
Ana María Rubio, ingeniera ambiental, apoyo componente ambiental.
Andrea Leguizamón, ingeniera ambiental, apoyo componente ambiental.

RECOPILACION Y ANALISIS DE DATOS:
Marian Dalila Rodríguez, química farmacéutica, recopilación bases de datos
Paola Arístizabal, estadística, asesor análisis de datos

FINANCIACION
Universidad Nacional de Colombia - División de Investigaciones Sede Bogotá y Maestría en Toxicología.
Secretaria Distrital de Ambiente

TABLA DE CONTENIDO

1. PROBLEMA **10**

2. ANTECEDENTES **13**

3. ASPECTOS METODOLOGICOS **15**

3.1. TIPO DE ESTUDIO 15
3.2. ÁREA GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO 15
3.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO 15
3.4. POBLACIÓN DE REFERENCIA 15
3.5. TAMAÑO DE LA MUESTRA 15
3.6. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN 16
3.7. SELECCIÓN DE LA MUESTRA 16
3.8. VARIABLES 16
3.9. EVALUACIÓN MÉDICO TOXICOLÓGICA 17

4. RESULTADOS **20**

4.1. MUESTREO PERSONAL AMBIENTAL AL MATERIAL PARTICULADO MP_{10} 21
*4.1.1. **Estrategia de muestreo*** *21*
4.2. ANALISIS DE DATOS 26
4.2.1. Análisis descriptivo *27*
4.2.1.1. Caracterización de la población de policías de transito con diferentes grados de exposición (administrativos vs operativos) a material particulado PM_{10}. *27*
4.2.1.2. Descripción de los principales efectos respiratorios en la salud de los policías estudiados. *30*
4.2.1.3. Reporte de síntomas respiratorios altos y (alteraciones en el interrogatorio y) hallazgos en la valoración médica toxicológica (examen clínico). *43*
4.2.1.4. Descripción del comportamiento de la función pulmonar y frecuencia de hallazgos en los dos grupos estudiados. *45*
4.1.2.5. Monitoreo ambiental personal al material particulado *49*
4.2.2.1. Correlación de los niveles de medición a exposición personal ocupacional de pm_{1o} con la frecuencia de efectos respiratorios en los grupos de policías del estudio y alteraciones en la función pulmonar. *54*
4.2.3.1. Análisis factorial múltiple *57*
4.2.3.2. Análisis de los planos factoriales. *58*
4.3. COMPONENTE ANALITICO 64
4.3.1. Condiciones de la muestra. *64*
4.3.2. Respuesta cromatográfica. *64*
4.3.3. Condiciones de la validación de la técnica analítica *65*
4.4. Selectividad *65*
4.5. Linealidad del sistema *65*
4.6. Linealidad del método *66*
4.7. Precisión y exactitud *66*
4.8. Precisión intermedia *67*
4.9. Limite de detección y límite de cuantificación *68*
5. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS DEL COMPONENTE ANALITICO 72

5.1. Análisis de los resultados de concentraciones de 1-hidroxipireno (1-OHP) en la muestra estudiada. *72*

5.1.1. Test de Mann-Whitney para Concentración de 1-OHP EXPUESTOS. Concentración de 1.OHP NO EXPUESTOS *74*

5.1.2. Test de Mann-Whitney para concentración de 1-OHP en fumadores y no fumadores. ... *75*

5.1.3. Test de Mann-Whitney para concentraciones de 1OHP en población que reportó el consumo de alimentos asados y los que no. *76*

5.1. ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE 3-OHP ENCONTRADAS EN LA POBLACIÓN ESTUDIADA. 77

5.1.4. Test de Mann-Whitney para concentraciones de 3-BAP en población fumadora y no fumadora. 80

5.1.5. Test de Mann-Whitney para concentración de 3BAP en población que reporta el consumo de alimentos asados y los que no. *81*

5.2. PREVALENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE 1OHP Y 3BAP VERSUS FACTORES DE RIESGO TABAQUISMO VS 1 OHP 87

5.2.1. Tabaquismo vs 3-BAP *88*

5.2.2. Exposición vs 1-OHP *89*

5.2.3. Exposición versus 3BAP *90*

5.2.4. Consumir alimentos asados versus 1-OHP *91*

5.2.5. Consumidores de alimentos asados versus 3-BAP *92*

5.2.6. Material particulado versus 1-OHP *93*

5.2.7. Material particulado PM10 versus 3-BAP *94*

5.2.8. Comparación de los resultados obtenidos con otros estudios similares. *95*

CONCLUSIONES **97**

RECOMENDACIONES **103**

ANEXOS **105**

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. RESUMEN DE INDIVIDUOS VALORADOS POR ÁREA CON EXAMEN MÉDICO TOXICOLÓGICO 20
TABLA 2. TAMAÑO DE MUESTRA MÍNIMO (N) PARA INCLUIR (CON 90% DE NIVEL DE CONFIANZA) AL MENOS UN EMPLEADO EN RIESGO (CASOS ÍNDICE) 21
TABLA 3.RESUMEN DE MUESTRAS MONITOREO AMBIENTAL POR GRUPOS DE ESTUDIO 22
TABLA 4. DISTRIBUCIÓN SEGÚN RANGOS DE EDAD EN GRUPOS DE ESTUDIO 28
TABLA 5. DISTRIBUCIÓN SEGÚN NIVEL EDUCATIVO Y GRUPOS DE ESTUDIO 28
TABLA 6. DISTRIBUCIÓN POR TIEMPO DE RESIDENCIA EN BOGOTÁ SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 29
TABLA 7. PRESENCIA SÍNTOMA TOS SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 30
TABLA 8. PRESENCIA DE SÍNTOMA EXPECTORACIÓN SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 31
TABLA 9. PRESENCIA DE SÍNTOMA SIBILANCIAS POR GRUPOS DE ESTUDIO. 32
TABLA 10. PRESENCIA DE SÍNTOMA DISNEA DE GRANDES Y MEDIANOS ESFUERZOS 33
TABLA 11. PRESENCIA DE SÍNTOMAS RESPIRATORIOS BAJOS Y GRUPOS DE ESTUDIO 34
TABLA 12. REPORTE DE ANTECEDENTES DE ENFERMEDAD PULMONAR EN GRUPOS DE ESTUDIO 35
TABLA 13. ANTECEDENTES DE EXPOSICIÓN LABORAL PREVIA A MATERIAL PARTICULADO EN GRUPOS DE ESTUDIO....36
TABLA 14. TIEMPO PERMANENCIA EN POLICÍA Y GRUPOS DE ESTUDIO. 37
TABLA 15. DISTRIBUCIÓN SEGÚN HORAS JORNADA LABORAL Y GRUPOS DE ESTUDIO. 38
TABLA 16. DISTRIBUCIÓN SEGÚN TIPO DE CONTAMINANTE INTRAMUROS SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 38
TABLA 17. DISTRIBUCIÓN SEGÚN HÁBITO TABAQUISMO SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 39
TABLA 18. DIAGNÓSTICO DE ALTERACIÓN RESPIRATORIA ALTA Y TABAQUISMO 40
TABLA 19. DIAGNÓSTICO DE ALTERACIÓN RESPIRATORIA BAJA Y TABAQUISMO 41
TABLA 20. USO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN LABORAL SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 42
TABLA 21. DIAGNÓSTICO DE ALTERACIÓN RESPIRATORIA BAJA Y USO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN LABORAL....43
TABLA 22. REPORTE DE SÍNTOMAS RESPIRATORIOS ALTOS, OCULARES Y DÉRMICOS SEGÚN GRUPO DE ESTUDIO....44
TABLA 23. PRESENCIA DE SIGNOS DE IRRITACIÓN AL EXAMEN FÍSICO SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO....45
TABLA 24 TIPO DE DIAGNÓSTICO ESPIRO MÉTRICO SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 45
TABLA 25. PRESENCIA DE HIPERREACTIVIDAD BRONQUIAL SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 46
TABLA 26. RESUMEN ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS VARIABLES CONTINUAS....49
TABLA 27. VALORES PROMEDIO DE EXPOSICIÓN PERSONAL GLOBAL A MP_{10} SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 50
TABLA 28. RESUMEN DE PREVALENCIAS Y ODDS RATIO DE PREVALENCIA SEGÚN GRUPO DE ESTUDIO 55
TABLA 29. AGRUPACIÓN DE VARIABLES QUE MIDEN UN CONSTRUCTO O TEMA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS FACTORIAL MÚLTIPLE....56

TABLA 30: RESULTADOS DE CONCENTRACIONES DE 1-HIDROXIPIRENO PARA TRES DIFERENTES MUESTRAS PREPARADAS EN DOS DÍAS DIFERENTES POR ANALISTAS DIFERENTES. 67
TABLA 31: RESULTADOS DE CONCENTRACIONES DE 3-HIDROXIBENZO(A)PIRENO PARA TRES DIFERENTES MUESTRAS EN PREPARADAS EN DOS DÍAS DIFERENTES POR ANALISTAS DIFERENTES 67
TABLA 32: RESULTADOS PARA LA VALIDACIÓN DE LA TÉCNICA PARA EL METABOLITO 1-OHP 70
TABLA 33: RESULTADOS PARA LA VALIDACIÓN DE LA TÉCNICA PARA EL METABOLITO 3-BAP 72
TABLA 34: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN PERCENTILES 72
TABLA 35: MUESTRA LOS RECUENTOS DE LA POBLACIÓN CON HÁBITOS DE TABAQUISMO Y NO CON CONCENTRACIONES DE 1-OHP CUANTIFICABLE. 87
TABLA 36: MUESTRA LOS VALORES DE ODDS RATIO PARA POBLACIÓN CON HÁBITO DE TABAQUISMO O NO Y NIVELES CUANTIFICABLES DE 1-OHP 87
TABLA 37: MUESTRA EL RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN FUMADORA O NO CON NIVELES DE 3-BAP CUANTIFICABLE. 88
TABLA 38: MUESTRA LOS VALORES DE ODDS RATIO PARA POBLACIÓN CON HÁBITO DE TABAQUISMO O NO Y NIVELES CUANTIFICABLES DE 3-BAP. 88
TABLA 39: MUESTRA EL RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA CON NIVELES DE 1-OHP CUANTIFICABLE. 89
TABLA 40: MUESTRA LOS VALORES DE ODDS RATIO PARA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA CON NIVELES CUANTIFICABLES DE 1-OHP. 89
TABLA 41: MUESTRA EL RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA CON NIVELES DE 3-BAP MEDIDOS. 90
TABLA 42: MUESTRA LOS VALORES DE ODDS RATIO PARA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA CON NIVELES DE 3-BAP. 90
TABLA 43: MUESTRA EL RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN QUE REPORTA CONSUMO DE ALIMENTOS ASADOS Y NIVELES CE 1-OHP. 91
TABLA 44: MUESTRA LOS VALORES DE ODDS RATIO PARA POBLACIÓN QUE REPORTÓ EL CONSUMO DE ALIMENTOS ASADOS Y NIVELES DE 1-OHP. 91
TABLA 45: MUESTRA EL RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN QUE REPORTA CONSUMO DE ALIMENTOS ASADOS O NO, CON NIVELES DE 3-BAP. 92
TABLA 46: MUESTRA LOS VALORES DE ODDS RATIO PARA POBLACIÓN QUE REPORTÓ EL CONSUMO DE ALIMENTOS ASADOS O NO, CON NIVELES DE 3-BAP. 92
TABLA 47:MUESTRA EL RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN CON ALTA Y BAJA EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO PM10 CON NIVELES DE 1-OHP. 93
TABLA 48: MUESTRA LOS VALORES DE ODDS RATIO PARA POBLACIÓN CON ALTA Y BAJA EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO, CON NIVELES DE 1-OHP. 94
TABLA 49: MUESTRA EL RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN CON ALTA Y BAJA EXPOSICIÓN Y CON NIVELES DE 3-BAP. 94
TABLA 50: MUESTRA LOS VALORES DE ODDS RATIO (PRIMERA FILA) Y RIESGOS RELATIVOS PARA CON ALTA Y BAJA EXPOSICIÓN A PM10 Y CON NIVELES DE 3-BAP. 95

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS OPERATIVAS POLICÍA DE TRÁNSITO DE BOGOTÁ. FUENTE: OFICINA DE GESTIÓN ESTACIÓN METROPOLITANA DE TRÁNSITO 26
FIGURA 2.DISTRIBUCIÓN POR GÉNERO SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO..... 27
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN POR RANGOS DE EDAD SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 28
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN SEGÚN NIVEL EDUCATIVO POR GRUPOS DE ESTUDIO..... 29
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN TIEMPO DE RESIDENCIA BOGOTÁ..... 30
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN SEGÚN REPORTE DE SÍNTOMA TOS EN GRUPOS DE ESTUDIO. 31
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN SEGÚN REPORTE SÍNTOMA EXPECTORACIÓN EN GRUPOS DE ESTUDIO 32
FIGURA 8.DISTRIBUCIÓN SEGÚN REPORTE DE SÍNTOMA SIBILANCIAS EN GRUPOS DE ESTUDIO 32
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN SEGÚN REPORTE DE SÍNTOMA DE DISNEA DE GRANDES Y MEDIANOS ESFUERZOS..... 33
FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN SEGÚN PRESENCIA DE SÍNTOMAS RESPIRATORIOS BAJOS EN GRUPOS DE ESTUDIO 34
FIGURA 11. DISTRIBUCIÓN SEGÚN REPORTE DE ANTECEDENTES DE ENFERMEDAD PULMONAR EN GRUPOS DE ESTUDIO 35
FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN SEGÚN EXPOSICIÓN LABORAL PREVIA EN GRUPOS DE ESTUDIO 36
FIGURA 13.DISTRIBUCIÓN SEGÚN ANTIGÜEDAD EN LA POLICÍA EN GRUPOS DE ESTUDIO 37
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓN SEGÚN HORAS PROMEDIO DE JORNADA LABORAL DIARIA EN GRUPOS DE ESTUDIO 38
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN SEGÚN EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES INTRAMUROS EN GRUPOS DE ESTUDIO 39
FIGURA 16. DISTRIBUCIÓN SEGÚN TABAQUISMO EN GRUPOS DE ESTUDIO 40
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE PRESENCIA ALTERACIÓN RESPIRATORIA ALTA Y TABAQUISMO..... 41
FIGURA 18. PRESENCIA DE ALTERACIÓN RESPIRATORIA BAJA Y TABAQUISMO 41
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN SEGÚN USO DE ELEMENTOS PROTECCIÓN PERSONAL EN GRUPOS DE ESTUDIO 42
FIGURA 20. PRESENCIA DEL DIAGNÓSTICO DE ALTERACIÓN RESPIRATORIO BAJA Y USO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL 43
FIGURA 21. REPORTE DE SÍNTOMAS EN GRUPOS ESTUDIOS..... 44
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN DE TIPOS DE ALTERACIONES AL EXAMEN FÍSICO EN GRUPOS DE ESTUDIO 45
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN SEGÚN PATRONES DE ESPIROMETRÍA EN GRUPOS DE ESTUDIO 46
FIGURA 24. PRESENCIA DE HIPERREACTIVIDAD BRONQUIAL SEGÚN GRUPOS DE ESTUDIO 47
FIGURA 25. DIAGRAMA DE CAJAS QUE MUESTRA VARIACIÓN EN LA CAPACIDAD VITAL FORZADA 47
FIGURA 26. DIAGRAMA DE CAJAS QUE MUESTRA VARIACIÓN EN EL VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO 48
FIGURA 27.DIAGRAMA DE CAJAS QUE MUESTRA VARIACIÓN EN LA RELACIÓN VEF/CVF 48

FIGURA 28. DIAGRAMA DE CAJAS QUE MUESTRA PORCENTAJE DE VARIACIÓN EN LA CV 49
FIGURA 29. DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP10 EXPOSICIÓN PROMEDIO SEGÚN ÁREA DE TRABAJO 50
FIGURA 30. DISTRIBUCIÓN VALORES PROMEDIO DE EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO Y DISPERSIÓN SEGÚN ÁREAS DE TRABAJO....51
FIGURA 31. DISTRIBUCIÓN VALOR PROMEDIO DE EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO Y DISPERSIÓN SEGÚN JORNADA DE LABORAL. 52
FIGURA 32. COMPARACIÓN SEGÚN TURNOS DE TRABAJO EN ÁREAS OPERATIVAS....52
FIGURA 33.PLANO QUE PRESENTA LA COMBINACIÓN DEL EJE X "CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS Y OCUPACIONALES DE LOS POLICÍAS CON EL EJE Y "ALTERACIONES AL EXAMEN FÍSICO" Y SUS RESPECTIVOS GRUPOS DE VARIABLES ACTIVAS. 59
FIGURA 34. PLANO FACTORIAL CON LAS ASOCIACIONES ENTRE LA INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA Y EL REPORTE DE SÍNTOMAS RESPIRATORIOS BAJOS ENTRE EXPUESTOS Y NO EXPUESTOS....60
FIGURA 35. PLANO FACTORIAL CON LAS ASOCIACIONES ENTRE LA EXPOSICIÓN LABORAL ACTUAL Y REPORTE DE SÍNTOMAS RESPIRATORIOS ALTOS, OCULARES Y DÉRMICOS....61
FIGURA 36. PLANO FACTORIAL CON LAS ASOCIACIONES ENTRE FACTORES DE RIESGO E IMPRESIÓN DIAGNOSTICA. 62
FIGURA 37.PLANO FACTORIAL CON LAS ASOCIACIONES ENTRE SIGNOS CLÍNICOS, CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO (PM) E IMPRESIÓN DIAGNOSTICA. 63
FIGURA 38.DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN 73
FIGURA 39. BOX PLOT PARA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA, MUESTRA QUE HAY UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE 1-OHP EN POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA. 74
FIGURA 40. BOX PLOT PARA POBLACIÓN CON HABITO DE TABAQUISMO Y NO, MUESTRA QUE HAY UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE 1-OHP EN POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA. 75
FIGURA 41. BOX PLOT PARA POBLACIÓN QUE REPORTÓ CONSUMO DE ALIMENTOS ASADOS EN DÍAS ANTERIORES A LA TOMA DE MUESTRAS, MUESTRA QUE HAY UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE 1-OHP EN POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA. 76
FIGURA 42. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA QUE PRESENTARON NIVELES CUANTIFICABLES DE 3-BAP....77
FIGURA 43.BOX PLOT PARA CONCENTRACIÓN DE 3-BAP A NIVELES CUANTIFICABLES EN POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA, MUESTRA QUE NO HAY UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE ESTE METABOLITO. 78
FIGURA 44. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN CON HÁBITO DE TABAQUISMO Y NO, QUE PRESENTARON NIVELES CUANTIFICABLES DE 3-BAP....78
FIGURA 45. BOX PLOT PARA CONCENTRACIÓN DE 3-BAP A NIVELES CUANTIFICABLES EN POBLACIÓN CON HABITO DE TABAQUISMO Y NO, MUESTRA QUE NO HAY UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE ESTE METABOLITO. 79

FIGURA 46.DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN CON HÁBITO DE TABAQUISMO Y NO ENTRE LA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA. 79
FIGURA 47. BOX PLOT PARA CONCENTRACIÓN DE 3-BAP A NIVELES CUANTIFICABLES EN POBLACIÓN CON HÁBITO DE TABAQUISMO Y NO, EN POBLACIÓN DE ALTA EXPOSICIÓN (OPERATIVOS) 80
FIGURA 48. BOX PLOT PARA CONCENTRACIÓN DE 3-BAP A NIVELES CUANTIFICABLES EN POBLACIÓN QUE REPORTÓ CONSUMO DE ALIMENTOS ASADOS DÍAS ANTES DE LA TOMA DE LA MUESTRA, MUESTRA QUE NO HAY UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE ESTE METABOLITO. 81
FIGURA 49. DIAGRAMA PARA ANÁLISIS DE COMPONENTES PROPIOS PARA CONCENTRACIONES DE 1-OHP, 3-BAP Y MATERIAL PARTICULADO. 82
FIGURA 50. DIAGRAMA DE VALORES PROPIOS, PARA ANÁLISIS DE LOS FACTORES CONCENTRACIÓN DE 1-OHP Y 3-BAP VERSUS CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO. 83
FIGURA 51. DIAGRAMA DE PLANO FACTORIAL DONDE SE MUESTRAN CUATRO CUADRANTES DONDE SE RELACIONA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA CON LAS VARIABLES CONCENTRACIÓN DE 1-OHP, 3-BAP Y MATERIAL PARTICULADO PM10. 85
FIGURA 52. DIAGRAMA QUE MUESTRA LA POBLACIÓN TOTAL AGRUPADA EN CLUSTERS DONDE ESTÁN PRESENTES LAS VARIABLES CONCENTRACIÓN DE 1-OHP. 3-BAP, TABAQUISMO Y EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO. 86
FIGURA 53. GRÁFICO DE BARRAS QUE MUESTRA EN RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN CON HABITO DE TABAQUISMO Y PRESENCIA DE 1-OHP A NIVELES CUANTIFICABLES. 87
FIGURA 54. GRÁFICO DE BARRAS QUE MUESTRA EN RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN CON HÁBITO DE TABAQUISMO Y PRESENCIA DE 3-BAP A NIVELES CUANTIFICABLES. 88
FIGURA 55. GRAFICO DE BARRAS QUE MUESTRA EN RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA CON PRESENCIA DE 1-OHP A NIVELES CUANTIFICABLES. 89
FIGURA 56. GRAFICO DE BARRAS QUE MUESTRA EN RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN EXPUESTA Y NO EXPUESTA CON PRESENCIA O AUSENCIA DE 3-BAP. 90
FIGURA 57. GRAFICO DE BARRAS QUE MUESTRA EN RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN QUE REPORTÓ CONSUMO DE ALIMENTOS ASADOS O NO, CON PRESENCIA O AUSENCIA DE 1-OHP. 92
FIGURA 58. GRÁFICO DE BARRAS QUE MUESTRA EN RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN QUE REPORTÓ CONSUMO DE ALIMENTOS ASADOS O NO, CON PRESENCIA O AUSENCIA DE 3-BAP. 93
FIGURA 59.GRAFICO DE BARRAS QUE MUESTRA EN RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN CON ALTA Y BAJA EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO Y CON PRESENCIA O AUSENCIA DE 1-OHP. 94
FIGURA 60. GRÁFICO DE BARRAS QUE MUESTRA EN RECUENTO POBLACIONAL PARA POBLACIÓN CON ALTA Y BAJA EXPOSICIÓN Y CON PRESENCIA O AUSENCIA DE 3-BAP. 95

1. PROBLEMA

La polución aérea por el tráfico vehicular causa un gran impacto en la salud de los habitantes de las grandes ciudades en todo el mundo. En los últimos años, ha resultado un creciente interés por los efectos en salud del material particulado emitido por los vehículos en la salud humana, sin embargo existe poca evidencia que asocie la medición de la exposición personal al material particulado con la presencia de efectos respiratorios y la cuantificación de biomarcadores de exposición a dichas sustancias en el ser humano.

Bogotá es una de las grandes ciudades de Latinoamérica[1, 2], y por lo tanto, su creciente expansión demográfica, económica y social, acarrea la presencia de grandes emisiones de contaminantes a la atmósfera que afectan la salud pública. Los diagnósticos ambientales evidencian que los principales contaminantes son el Ozono troposférico y el Material Particulado a partir de las fuentes principalmente móviles (vehículos). El Material Particulado en las mediciones ambientales ha sobrepasado los límites permisibles vigentes tanto en las legislaciones nacionales como internacionales, y su impacto en la salud humana, especialmente en niños, se ha podido demostrar mediante investigaciones exploratorias en zonas de alta polución de Bogotá, donde la presencia de síntomas respiratorios y episodios de enfermedad respiratoria aguda se relacionan con los niveles de material particulado específicamente. [1, 2]

Sin embargo, no se describen los efectos de este contaminante en otros grupos de alta susceptibilidad como los son los expuestos laboralmente. Entre estos grupos están: conductores, policías de tránsito, vendedores ambulantes, etc.

Este trabajo busca explorar las asociaciones entre la exposición laboral al Material Particulado y el efecto en la salud de los policías de tránsito, para brindar argumentos que aporten al diagnóstico en salud de este grupo poblacional de la ciudad de Bogotá y aportar evidencia científica que permita en un corto tiempo proponer medidas de mejoramiento en la calidad del aire que respiran sus habitantes, como parte de la misión institucional de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

Debido al gran crecimiento del parque industrial y automotor a nivel mundial, los subproductos de la combustión como el Monóxido de Carbono, el Benceno, los Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos generados por diferentes tipos de combustibles, han sido, arrojados a la atmósfera sin un control adecuado, acarreando como consecuencia la elevación de los niveles de contaminantes en la atmósfera, con los consecuentes efectos en la salud humana.

Es bien sabido que las ciudades con mayor grado de industrialización son las que tienen, también, un mayor grado de contaminación atmosférica y que entre más vertiginoso es el crecimiento industrial, las medidas tomadas para minimizar el impacto ambiental de este desarrollo son menos eficientes debido a su relativa lenta implementación.

Según la OMS, entre el 1% y el 4% de la mortalidad de la población mundial se atribuye al material particulado suspendido en el aire. En las ciudades de América Latina, cerca de 200.000 personas mueren tempranamente cada año por la exposición a niveles altos de material particulado en el aire[1, 3].

El Material Particulado ha sido directamente asociado con la morbimortalidad poblacional en numerosos estudios a nivel mundial. Causa irritación, inflamación alveolar, alergias respiratorias y está relacionado con enfermedades cardiovasculares; además es un material cancerígeno comprobado y presenta efectos mutagénicos en células y tejidos.

En las mediciones ambientales, el material particulado ha sobrepasado los límites permisibles vigentes tanto en las legislaciones nacionales como internacionales, y su impacto en la salud humana, especialmente en niños, se ha podido demostrar mediante investigaciones exploratorias en zonas de alta polución de Bogotá, donde la presencia de síntomas respiratorios y episodios de enfermedad respiratoria aguda se relacionan con los niveles de material particulado específicamente PM_{10}.

Según datos del Banco Mundial en su estudio World Development Indicators 2005, Bogotá se encuentra ubicada en el puesto 37 entre 110 ciudades en cuanto a niveles anuales de contaminación por PM10 (polvo y hollín), siendo más contaminada que ciudades como Sao Pablo, Río de Janeiro, Barcelona o Los Ángeles[1, 2].

Según la Red de Monitoreo de Aire, administrada por la Secretaría Distrital de Ambiente, las máximas concentraciones de contaminantes como material particulado, óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx) y Ozono en la ciudad coinciden con las horas de mayor tráfico vehicular, es decir, hacia las 9:00 a.m[4]. Sus principales fuentes son el transporte, por el uso del combustible líquidos pesados y la industria que usa carbón y combustibles pesados[5, 6]. Las emisiones de material particulado tanto de fuentes fijas como móviles además de ser un contaminante primario, transporta otros contaminantes como los HAPs, metales pesados, etc.

Los motores Diesel y su uso a escala industrial afectan todos los aspectos del medio ambiente, tierra, agua y aire. Los gases de escape contienen los típicos productos de combustión como dióxido de carbono, hidrogeno, oxigeno, vapor de agua, y a su vez monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles (VOCs), hidrocarburos aromáticos como benceno, hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (PAHs) y óxidos de azufre (SOx), compuestos resultantes de una combustión incompleta. Las emisiones de hidrocarburos (HC) y de óxidos nitrosos (NOx) contribuyen a la formación de smog, y de material particulado (PM)[2].

También se pudo determinar que los sectores más afectados por la contaminación atmosférica en la ciudad, son el centro y sur occidente, correspondientes a las localidades de ciudad Bolívar, Kennedy, Puente Aranda y Fontibón. Entre tanto, el sector que presenta la mejor calidad del aire, es la zona nororiental, correspondiente a la localidad de Usaquén[4].

Según lo presentado por la SDA en el Foro taller internacional de calidad del aire realizado en nuestra capital en junio de 2006, se estima que la contaminación del aire exterior causa la muerte de 1.5 millones de personas todos los años en el mundo, aproximadamente 3% de todas las muertes anuales[3]. En Bogotá, se cuenta con los estudios realizados por el Grupo de Investigación de Calidad del Aire y la maestría en

Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia, en los cuales García et al reportan el hallazgo de compuestos orgánicos volátiles y PAHs (polyaromatic hydrocarbons) o compuestos aromáticos policíclicos presentes en el material particulado[7, 8].

En Bogotá existe un gran número de empresas, ubicadas principalmente en las localidades de Kennedy, Fontibón y Puente Aranda, de las cuales el 68% usa como combustible gas natural, 11% Diesel, 9% carbón mineral, 4% carbón coque, 6% GLP y un 2% usa otro tipo de combustible. En ese orden de ideas, el aporte principal de material particulado, podría decirse que no proviene de las fuentes fijas de combustión externa si no de las fuentes móviles, cuyo uso de combustible se distribuye en un 88% para gasolina, 5% para A.C.P.M y 7% para GNV cuyas emisiones arrojan a la atmósfera de Bogota la mas alta carga contaminante de fuentes fijas representada en NOx, SOx, material particulado, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles, adsorbidos en este material particulado[4-6]

Dentro de los compuestos orgánicos volátiles están los hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (HAP), y en especial el benzo[a]pireno y pireno que son objeto de este estudio**.**

Como se comentó anteriormente, este trabajo busca explorar las asociaciones entre la exposición laboral a la contaminación ambiental donde se encuentran presentes tóxicos como monóxido de carbono, benceno, hidrocarburos policíclicos aromáticos y material particulado, mediante monitoreo personal y a través de la cuantificación de biomarcadores de exposición: pireno, 3 hidroxibenzo(a)pireno y el efecto en la salud en una población ocupacionalmente expuesta, con el fin de brindar argumentos al diagnóstico en salud ocupacional de la ciudad de Bogotá y ampliar los conocimientos sobre los efectos en la salud por la contaminación ambiental, que permitan implementar en un corto tiempo medidas de mejoramiento en la calidad del aire que respiran sus habitantes, y que finalmente también podrían afectar a otras regiones de la sabana de Bogotá.

A partir de esta introducción se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la frecuencia de síntomas respiratorios y alteraciones en la función pulmonar en los policías de tránsito del área metropolitana de Bogotá?

- ¿Cuál es la dosis externa de material particulado a la cual están expuestos ambientalmente por su ocupación los policías de tránsito?

- ¿Cuál es la concentración de biomarcadores de exposición a contaminantes ambientales en los policías de transito del área urbana de Bogotá?

- ¿En qué medida se podría asociar el efecto respiratorio con los niveles de exposición ambiental a Material Particulado y los niveles en orina de biomarcadores de exposición?

2. ANTECEDENTES

Con base en los estudios previos establecidos entre la Universidad Nacional y la Secretaría Distrital de Ambiente para la ejecución de este convenio, se definió que La Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, mediante las facultades establecidas por la Ley 99 de 1993 y sus Decretos reglamentarios, es la entidad encargada de velar por la calidad del medio ambiente en el Distrito Capital.

El Decreto 561 de Diciembre 29 de 2006 establece dentro de las funciones de la Secretaria Distrital de Ambiente la de promover y desarrollar programas educativos, recreativos e investigativos en materia ecológica, botánica, de fauna, medio ambiente y conservación de los recursos naturales y una de las funciones de la Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual es organizar el monitoreo de la calidad ambiental del Distrito Capital y evaluar su funcionamiento y resultados.

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud, Decreto 948 de Junio 05 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente y sus reglamentos complementarios, las Resoluciones 1015 de Abril 2005 de la SDA y Resolución 1208 de septiembre de 2003, le corresponde a la SDA llevar a cabo el control de la contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá.

Como parte de su misión institucional la Secretaría Distrital de Ambiente ha formulado una serie de proyectos para garantizar a la ciudadanía un ambiente sano y una apropiada administración de los recursos naturales y entre ellos se encuentra el Proyecto 574 dirigido al Control de deterioro ambiental en los componentes aire y paisaje donde se estableció que uno de problemas es la contaminación del aire y para resolverlo, se tiene el desarrollo de acciones tendientes a conocer en detalle la problemática asociada a la contaminación, por una parte, a través de proyectos de investigación con los que se pretenden identificar los efectos y riesgos en la salud y en la economía producidos por esta, la información sobre las condiciones reales del comportamiento de descargas a la atmósfera de sustancias contaminantes, se constituye en una herramienta administrativas para la toma de decisiones y la definición de políticas, planes, programas y proyectos tendientes al mejoramiento, recuperación, promoción y control de la calidad ambiental del Distrito Capital.

Igualmente, para la Maestría en Toxicología del Departamento de Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia es de gran importancia el desarrollo de este tipo de investigaciones que aporten a la consolidación de la Línea de Investigación en Toxicología Ambiental y al grupo de Investigación “TOXICAO” dentro del cual se inscribe este proyecto.

Con base en los estudios de caracterización realizados por el grupo de ingeniería ambiental de la Universidad Nacional, se sabe que el aire de la región metropolitana contiene cantidades importantes de material particulado y derivados poli cíclicos aromáticos entre otros.

OBJETO A CONTRATAR:

Evaluar el efecto del material particulado PM_{10} sobre síntomas respiratorios y los niveles de metabolitos de los hidrocarburos aromáticos policíclicos pireno y benzo(a)pireno en una población expuesta a contaminación ambiental.

Objetivos específicos

1. Cuantificar la exposición personal a PM_{10} en los policías expuestos y no expuestos mediante mediciones índices en la jornada de trabajo.

2. Evaluar los principales efectos respiratorios de los dos grupos estudiados e indagar sobre una posible asociación con la exposición a material particulado.

3. Determinar el comportamiento de la función pulmonar y la posible asociación de los hallazgos entre expuestos y no expuestos.

4. Validar la técnica analítica de cuantificación de 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo (a)pireno por cromatografía liquida de alta resolución con detector de fluorescencia.

5. Cuantificar los metabolitos 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno en orina como biomarcadores de exposición a material particulado en los policías objeto de estudio

6. Analizar las posibles relaciones entre las variables definidas en el estudio.

7. De acuerdo a los resultados obtenidos, presentar las recomendaciones específicas para el manejo de la exposición de la población objeto del estudio.

PLAZO DE EJECUCIÓN: Ocho (8) meses.

LUGAR DE EJECUCIÓN: La ejecución se realizó en el área metropolitana de Bogotá.

PRODUCTOS:

a) Informe trimestral del avance de la investigación.
b) Informe Final que contenga los resultados del estudio realizado de acuerdo a los alcances señalados en el objetivo principal y los objetivos específicos

3. ASPECTOS METODOLOGICOS

3.1. Tipo de Estudio

Se realizó un Estudio de Corte Transversal con componente Analítico durante un periodo de un año comparando Policías de Tránsito con Policías con funciones administrativas.

3.2. Área Geográfica del Estudio

Se definió como área geográfica del Estudio el Área Metropolitana de la ciudad de Bogotá definida por el Perímetro Urbano que corresponde a una línea que separa a la ciudad de Bogotá de las zonas rurales del Distrito Capital. Esta línea de perímetro urbano define a la ciudad completamente contenida dentro de los límites del Distrito, sin embargo se extiende hasta los límites del Distrito sobre el río Bogotá limitando los municipios de Cota, Funza, Mosquera y Soacha.

Área metropolitana de la ciudad de Bogotá definida como el perímetro urbano de la ciudad abarcando las 20 localidades.

3.3. Población de Estudio

Se tomó como población de referencia para este estudio, el total de agentes de tránsito y la de policías con función administrativa que prestan su servicio en Bogotá.

3.4. Población de Referencia

Se tomó como población de referencia, al total de agentes de tránsito que prestan su servicio en Bogotá.

3.5. Tamaño de la muestra

Para el cálculo de tamaño de la muestra, se realizó una revisión bibliográfica de los estudios desarrollados en poblaciones similares a las de la presente investigación y se evaluaron los resultados de las siguientes variables desenlace:

- Síntomas Respiratorios: presencia tos, sibilancias, expectoración, disnea, dolor toráxico.
- Parámetros función pulmonar: Capacidad Vital Forzada (CVF), Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (VEF1), Flujo Espiratorio Forzado 25 (FEF25).

En el cálculo de tamaño de muestra se utilizó el Programa STALCALC de Epininfo 6.04 empleando las razones de prevalencia, y el Programa STATA 9.0 para las variables cuantitativas.

En el cálculo de dicho tamaño de muestra se aplicaron los siguientes parámetros:

Confianza **95**%
Poder: **80**%
Prevalencia esperada de expectoración persistente No expuestos: **32.4%**
Prevalencia esperada de expectoración persistente Expuestos: **48.6%**
Relación Expuesto / No expuesto: **5:1**
Razón de Prevalencias: **1.5**
Peor resultado esperado: **30.6 %.**

Número individuos en grupo No expuesto: **94**
Número individuos en grupo Expuesto: **469**
Número Total de individuos de muestra: **563**

Definición de Individuo Expuesto

Policía de Tránsito actualmente activo con exposición laboral mínimo de 1 mes al ambiente externo de Bogotá.

Definición de Individuo No Expuesto

Policía vinculado a funciones administrativas sin exposición laboral mínima de 1 mes al ambiente externo de Bogotá.

3.6. Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión

- Policía de Tránsito activo al momento del examen con exposición laboral mínima de 1 mes al ambiente externo de Bogotá.
- Participación voluntaria en el estudio mediante el diligenciamiento del consentimiento informado.

Criterios de Exclusión

- Personas que no fueran capaces de entender o realizar las pruebas función pulmonar.
- Negación a participación en el estudio.

3.7. Selección de la Muestra

Se realizó un Muestreo Aleatorio Simple asignando a cada miembro de la lista de policías tanto de tránsito como administrativo un número y posteriormente mediante una tabla de números aleatorios generada por un programa estadístico computarizado, se procedió a seleccionar los individuos hasta completar el tamaño de muestra.

Este tipo de muestreo se adopta dado las diferentes exposiciones que se dan en los grupos de estudio.

3.8. Variables

Las variables que se evaluaron durante el periodo de estudio fueron:

Variables de identificación y sociodemográficas: nombre, edad, sexo, localización de la vivienda, nivel de escolaridad.

Variables Antecedentes: patológicos y familiares de importancia: presencia o no enfermedades alérgicas respiratorias anteriormente, antecedentes familiares de enfermedades congénitas o alérgicas pulmonares. También en dicho grupo se incluyeron variables como hábitos de tabaquismo, consumo de alimentos asados, otras fuentes de exposición a material particulado, contacto con otras personas con síntomas respiratorios.

Variables ocupacionales predictivas: tiempo de servicio, horas de exposición laboral diaria, zona o corredor vial donde labora, uso de elementos de protección, función que realiza en la institución o durante su jornada laboral.

Otras variables predictivas que se midieron mediante el examen médico y paraclínico incluyeron: peso, talla, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, Tensión arterial, hallazgos al examen físico tanto a nivel de vías respiratorias altas, como cardio - pulmonar.

La variable de medición de exposición fue:

Niveles de Exposición individual a material particulado: nivel de exposición promedio PM10 por jornada laboral, nivel de exposición promedio global por área de PM10.

Las variables desenlace fueron:

Reporte de síntomas respiratorios: la presencia o ausencia de tos, tipo de tos, producción de secreciones, dificultad para respirar, presencia de sibilancias en el pecho, sensación de presión en el pecho, irritación nasal, ocular y dérmica.

Hallazgos de signos de alteración: nasal, ocular, dérmica y respiratoria presente al examen clínico.

Hallazgos espirométricos: patrón alteración obstructiva, restrictiva, mixta en las pruebas de función pulmonar. Volumen Forzado Espiratorio en el primer segundo (VEF1), Capacidad Vital, Capacidad Vital Forzada, Relación VEF1/CVF, presencia hiper reactividad bronquial.

Niveles de metabolitos en orina: benzo(a)pireno, 1OH pireno.

3.9. Evaluación Médico Toxicológica

Se evaluaron 602 individuos que incluyeron al 100% de la muestra total del estudio (ver tabla No. 1). Es de resaltar que se excluyeron 32 individuos cuyas pruebas de valoración de función pulmonar no cumplieron con los parámetros de la Asociación Americana de Tórax (ATS). De este grupo de 602 personas, 100 individuos corresponden al grupo no expuesto (17,5%, administrativos). De estos, 15 Individuos no expuestos fueron evaluados en las instalaciones del Hospital Central de la Policía HOCEN.

Se realizó a los individuos de estudio una evaluación médico toxicológica mediante la aplicación de tres pruebas diagnósticas de manera simultánea:

1. Cuestionario de Síntomas Respiratorios validado y construido por la Asociación Americana de Tórax (ATS). Instrumento diseñado por la Sociedad Americana de Tórax-ATS-DLD-78 y adaptado por Maldonado y Cols, que evalúa la presencia de síntomas respiratorios y antecedentes médico-familiares y exposiciones ocupacionales a sustancias que causan dichas alteraciones. Este instrumento es recomendado para estudios epidemiológicos en personas de 13 años y más. El cuestionario se divide en dos componentes. El componente inicial es recomendado como un grupo mínimo de preguntas para cada encuestado, seguido de un grupo de preguntas opcionales que se aplicarán según las considere el investigador. Dicho instrumento contó con la documentación completa sobre la modalidad de las respuestas y se aplicó a los dos grupos del estudio. A su vez, se empleó para recolectar la información de las variables de exposición ocupacional para los dos grupos. Se revisaron fuentes de información adicional como: Historia Clínica Ocupacional. Se aplicó mediante encuesta realizada por los investigadores o personal de salud ocupacional previa capacitación y entrenamiento. Se aplicó este instrumento a 602 individuos.

2. Evaluación médica. Se evaluó de manera individual en las instalaciones de Sanidad de la Estación Metropolitana de Tránsito de Bogotá y en Dirección de Sanidad Seccional Bogotá el estado clínico de los individuos del estudio, con énfasis en la revisión del sistema cardiorespiratorio, signos de irritación de mucosas a nivel ocular, nasal y dérmico. Se evaluaron 602 individuos.

3. Evaluación de función pulmonar: Espirometría pre y postbroncodilatador. Para efectos del presente estudio se consideró la espirometría como la prueba estándar empleada para medir el funcionamiento pulmonar al finalizar su jornada laboral. La espirometría es el registro del aire espirado con un esfuerzo máximo a partir de una inspiración máxima, produce un trazado que se denomina espirograma espiratorio forzado, en el cuál se relacionan el volumen espirado con la unidad de tiempo. Su forma depende del conjunto de fuerzas que intervienen en la ventilación pulmonar y su análisis proporciona una información bastante cercana al tipo de alteración de la mecánica respiratoria que afecta al paciente. A su vez es una medida de la función dinámica del pulmón y se considera una medida relativamente independiente del esfuerzo y es muy reproducible, por lo general se obtienen tres a cinco medidas de espiración forzada. Con el objeto de obtener información útil, acerca de las funciones pulmonares, es necesario contar con un espirómetro preciso, así como con la realización de las maniobras adecuadas. Se evaluaron entre sus principales parámetros: Capacidad Vital (CV), Capacidad vital forzada (CVF), Volumen espiratorio Forzado en 1er segundo (VEF1) y relación CVF/VEF1. Dichos volúmenes fueron evaluados en condiciones basales (pre broncodilatador) y posterior a la administración de un medicamento broncodilatador (post broncodilatador), para poder determinar la presencia de hiperreactividad bronquial, la cuál se manifiesta por un incremento en los valores de los volúmenes pulmonares.

Como se aclaró arriba, se excluyeron 32 individuos cuyas pruebas de valoración de función pulmonar no cumplían con los parámetros de la ATS y por diversas razones no se les pudo repetir la prueba.

Las mediciones espirométricas se realizaron en tres oportunidades y se seleccionaron para lectura aquel grupo de mediciones cuya variación entre estas no fuera mayor al 5%. Los resultados se archivaron electrónicamente y posteriormente se analizaron. Las medidas espirométricas y de las curvas flujo-volumen fueron interpretadas por los investigadores con una segunda evaluación de forma ciega por un experto en el tema (Neumólogo) quien generó la interpretación final.

4. RESULTADOS

Los resultados presentados a continuación corresponde a 570 individuos (100%) del total de la muestra, los cuales tenían completos los datos de las valoraciones médicas, sus espirometrías cumplían los criterios de la Asociación Americana de Tórax ATS y tenían los valores del monitoreo ambiental personal para poder realizar una correlación entre la exposición y las variables de desenlace. Estos individuos fueron seleccionados de manera aleatoria, mediante lo cual se garantizó su representatividad e inferencia de los resultados a la población de estudio. Se excluyeron 32 individuos que no cumplieron con los criterios de la ATS para la validación de las pruebas espirométricas.

A continuación se presenta el número total de individuos evaluados discriminados por área operativa tanto del grupo expuesto como del no expuesto.

AREA	INDIVIDUOS VALORADOS	PORCENTAJE EVALUADO
1	35	100
2	37	100
3	35	100
4	33	100
5	38	100
6	40	100
7	31	100
8	28	100
9	35	100
10	26	100
11	26	100
12	24	100
AEROPUERTO	8	100
TERMINAL	7	100
ECOLOGIA	16	100
CARRETERAS	49	100
ADMINISTRATIVOS	115	100
OBRAS	17	100
TOTAL	602	100

Tabla 1. Resumen de individuos valorados por área con examen médico toxicológico

4.1. MUESTREO PERSONAL AMBIENTAL AL MATERIAL PARTICULADO MP_{10}

Se realizaron mediciones personales ambientales para medir la exposición a material particulado PM_{10} en los grupos de estudio tanto operativos de las 12 áreas como grupos especiales (ecología, obras, terminal de transportes, aeropuerto) carreteras, y administrativos mediante la metodología recomendada por el National Institute for Occupational Safety and Healt (NIOSH) la cual se presenta en el Anexo N° 1. Esta metodología incluye análisis gravimétrico de las muestras para calcular la concentración de exposición. Para este monitoreo, se emplearon equipos de medición personal previamente calibrados y certificados por un distribuidor de referencia marca Escort ELF (8 equipos) y Apex Pro marca Casella (6 equipos).

4.1.1. **Estrategia de muestreo**

Para obtener la máxima cantidad de información durante el curso del estudio con un número de muestras representativas, algunas estrategias de muestreo estadístico deben ser desarrolladas antes de conducir cualquier estudio. Varias piezas de información deben conocerse para avanzar en el plan de muestreo, incluyendo el tamaño del grupo de trabajo que ha ser muestreado, la exactitud del muestreo y del método de medición ha ser usado y la confiabilidad es uno de los objetivos ha valorar en la predicción de la exposición del grupo de trabajadores. En el presente estudio se empleo la estrategia de muestreo referenciada en el Manual de Métodos Analíticos de la NIOSH, capítulo d, donde se dan los lineamientos para muestreo de contaminantes aéreos. En este documento se encuentra la tabla para calcular el número de muestras a realizar en un grupo ocupacional con un nivel de confianza del 90% para asegurar que al menos un trabajador del grupo de trabajo pueda estar por encima del 10% de las exposiciones que ocurren en el grupo, y así determinar el número de empleados a muestrear según la Tabla No 2. Otras tablas han sido dadas en publicaciones con límites de confianza del 95% y con el límite de que se encuentre en el 20% de las exposiciones. De nuevo, el uso juicioso del muestreo estadístico puede optimizar el número de muestras necesarias, como se muestra a continuación.

Tamaño del Grupo de Empleados (N)																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 a 12	13 a 14	15 a 17	18 a 20	21 a 24	25 a 29	30 a 38	39 a 49	50	>50
Minimo Número de empleados a medir (n)																			
1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22
En exposiciones mayores al 10% del N																			

Tabla 2. Tamaño de muestra mínimo (n) para incluir (con 90% de nivel de confianza) al menos un empleado en riesgo (casos índice)

Las bombas de muestreo eran calibradas previamente a su instalación con un calibrador estandarizado de flujo marca Trical ®. Posteriormente los equipos eran ubicados en la cintura de los policías de cada área operativa y administrativa al inicio de sus jornadas de trabajo, posicionando la entrada de la línea de muestreo (ciclón y portafiltro) a la altura del área respiratoria del individuo. Los equipos se retiraban al final de la jornada verificando los parámetros de flujo y tiempo de muestreo para cada individuo. Los policías a los cuales se cuantificaba su exposición personal a MP10, diligenciaban un formato de recolección de datos de manera periódica (cada 2 horas) en su jornada de trabajo, de condiciones climatológicas y laborales que modificaran las mediciones (fuentes alternas de humo o material particulado diferentes a los vehículos

automotores, presencia de lluvia, flujo vehicular, funcionamiento de la bomba), así como ubicación exacta de su puesto de trabajo (corredor vial) (ver anexo No. 6).
El monitoreo personal se distribuyó en la diferentes grupos de estudio, según la metodología de casos índice, del NIOSH Manual of Analytical Methods (ver tabla No.2) [9] la cual se presenta en el Anexo N° 2. Los individuos de estos grupos compartían áreas geográficas o corredores viales comunes de trabajo, de tal manera que se obtenga una medición de los niveles promedio de exposición al material particulado, cuantificando la exposición en las tres jornadas laborales (mañana, tarde y noche) según el caso. Se emplearon ciclones para separar las partículas totales de las de 10 micras (partículas respirables), a un flujo constante calibrado previamente y posterior a la instalación del dispositivo de 1,7 L/min, simulando la tasa de respiración humana (ver anexo No. 1). Para el análisis gravimétrico, se siguieron los protocolos recomendados por la NIOSH en su técnica para medición de partículas respirables NIOSH 600[10], y en los cálculos de las mediciones de flujo se aplicaron los factores de corrección dados por la Secretaría Distrital de Ambiente para el día y el área donde se realizaba el respectivo muestreo. Entre los factores que se valoraron están: meteorológicos (humedad) y barométricos.

AREA	TOTAL INDIVIDUOS AREA LABORAL	INDIVIDUOS VALORADOS PRUEBAS MEDICO TOXICOLOGICAS Y ESPIROMETRIA	CRITERIO NIOSH MUESTREO AMBIENTAL	PORCENTAJE EVALUADO
1	55	35	22	100
2	58	37	22	100
3	66	35	22	100
4	71	33	22	100
5	72	38	22	100
6	69	40	22	100
7	56	31	22	100
8	65	28	22	100
9	75	35	22	100
10	57	26	22	100
11	43	26	18	100
12	36	24	16	100
AEROPUERTO	18	8	13	100
TERMINAL	9	7	8	100
ECOLOGÍA	25	16	15	100
CARRETERAS	120	49	22	100
OBRAS	34	17	16	100
ADMINISTRATIVOS	180	17	22	100
TOTAL	1109	602	362	100

Tabla 3.Resumen de muestras monitoreo ambiental por grupos de estudio

Se monitorearon 12 áreas operativas de tránsito más los grupos de Ecología, Terminal de Transporte, Aeropuerto, Obras, Policía de Carreteras y de Dirección de Sanidad de la Policía; representando 362 muestras que corresponden al 100% del total calculado. Las áreas operativas de la policía de tránsito de Bogotá se distribuyen en todo el Distrito Capital y su marco geográfico de referencia corresponde a ciertas localidades distribuidas así:

ZONA UNO: Norte.

Área 1: Localidad Usaquén: Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de Usaquén. Margen oriente se delimita desde la calle 100 hacia el norte del distrito capital y confines a los cerros orientales. Margen occidente, se delimita con la autopista norte desde la calle 100 hasta los límites del distrito capital

(peaje). Margen norte, limites de la ciudad desde la autopista norte y confines cerros orientales. Margen sur, calle 100 ambos sentidos entre la autopista norte y cerros orientales.

Área 2. Localidad Chapinero: Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de Chapinero. Margen oriente, desde la calle 100 sin tomarla desde la autopista norte hasta la av. Calle 39 en sus dos sentidos hasta confines cerros orientales. Margen occidente, desde la calle 100 (sin tomarla) siguiendo por la autopista norte (tomando los puentes) hacia el sur en sus dos sentidos conectando con la avenida caracas en sus dos sentidos hasta la calle 39 en sus dos sentidos. Margen norte, calle 100 (sin tomarla) desde la autopista norte en sus dos sentidos hasta con fines cerros orientales. Margen sur, av. Calle 39 (canal arzobispo) en sus dos sentidos desde la avenida Caracas en sus dos sentidos hasta confines de cerros orientales.

Área 3: Localidad Suba. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de Suba Margen oriental desde los límites del distrito capital, continuando por la autopista norte (sin tomarla) hasta la calle 100 en sus dos sentidos. Margen occidental, desde los límites del distrito capital continuando por el río Bogotá hasta el río Juan Amarillo. Margen norte, desde la autopista norte (sin tomarla) hasta los límites del río Bogotá. Margen sur, desde la calle 100 en sus dos sentidos, desde la autopista norte (sin tomarla) hasta la avenida 68 en sus dos sentidos hasta llegar a la calle 98 sin tomarla.

Área 4. Localidades de Barios unidos y Teusaquillo. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de Barrios Unidos y Teusaquillo. Margen oriental, desde la avenida calle 100 (sin tomarla) hasta la autopista norte-avenida Caracas (sin tomarlas) hasta la calle 26 en sus dos sentidos. Margen occidental, desde la avenida carrera 68 en sus dos sentidos desde la calle 98 (tomando la intersección) hasta la diagonal 22 (av. Ferrocarril) en sus dos sentidos. El margen norte, calle 100 (sin tomarla) desde la autopista norte (sin tomarla) hasta la calle 98 (tomando la intersección) y av. Carrera 68 en sus dos sentidos, desde la calle 98 hasta la diagonal 22ª en sus dos sentidos. Margen sur, calle 26 en sus dos sentidos, desde la avenida caracas sin tomarla, hasta empalmar con la Av. Las Américas con la calle 34 en sus dos sentidos, (incluyendo el tramo comprendido debajo del paso elevado de la av. De las Américas o calle 34 con av. Calle 26) continuando por esta hasta la Av. Ferrocarril Diag. 22ª en sus dos sentidos hasta la Av. Carrera 68 en sus dos sentidos.

Área 12. Autopista Norte. Policías que regulan el tránsito el corredor vial de Autopista Norte desde la Calle 94 a la 220.

ZONA DOS: Centro.

Área 8. Localidades de Ciudad Bolívar y Usme. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de Ciudad Bolívar, Usme. Margen oriental, desde límites del distrito capital por la antigua vía al llano en sus dos sentidos hasta el Túnel que conduce a Villavicencio. Margen occidental, desde límites con la autopista sur (sin tomarla) y municipio Soacha. Margen norte, desde la autopista, sur (sin tomarla) Av. Boyacá en sus dos sentidos hasta el río Tunjuelito o calle 60 sur, siguiendo por este hasta la Av. Caracas, continuando por los límites entre las localidades de San Cristóbal y Usme y tomando la Av. Usme en sus dos sentidos

hasta el pueblo de Sumapaz. Margen sur, desde los límites con Soacha hasta la antigua vía al Llano.

Área 9. Localidades Mártires, Candelaria, Santa Fe y Puente Aranda. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de Mártires, Candelaria, Santa fe y Puente Aranda. Margen oriental, desde el río Arzobispo hasta la Av. Calle 1 sur (Av. Hortúa). Margen occidental, av. Carrera 68 en ambos sentidos desde la av. Ferrocarril (Diag. 22ª) hasta la autopista Sur (sin tomarla). Margen norte, Av. Canal del río Arzobispo, Avenida calle 39 sin tomarla hasta la av. Caracas, en sus dos sentidos entre la calle 39 y la calle 26 sin tomarla, y desde la calle 26 entre la avenida Caracas y la intersección de la Av. Las Américas con la calle 34 sin tomarla; (sin incluir el tramo debajo del paso elevado de la calle 34) y desde la Av. Ferrocarril y Diag. 22ª sin tomarla hasta la Av. Carrera 68 en sus dos sentidos. Margen sur, desde la av. Calle 1 sur (en sus dos sentidos) y calle 8 sur (en sus dos sentidos) hasta la carrera 30 continuando por esta (sin tomarla) hasta la primero de Mayo (sin tomarla) y autopista Sur (sin tomarla) hasta la av. Carrera 68 (av. General Santander) en sus dos sentidos.

Área 10. Localidades: Antonio Nariño, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal y Tunjuelito. Policías que regulan el tránsito en la localidad de Antonio Nariño, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal y Tunjuelito. Margen Oriental, av. Calle 1 hasta el limite de la localidad de San Cristóbal sur y confines cerros orientales. Margen occidental, Autopista Sur con Av. Boyacá (sin tomar la Av. Boyacá) y continuando por la autopista Sur en ambos sentidos hasta la avenida Primero de Mayo (en ambos sentidos), Av. Primero de Mayo hasta la carrera 30, Carrera 30 en ambos sentidos desde la calle 8 sur (sin tomarla); hasta la glorieta de la carrera 27 sur y Av. Calle primera sin tomarlas.

Área 11. Avenida Norte Quito Sur NQS. Policías que regulan el tránsito el corredor vial de la avenida Norte Quito Sur NQS desde la calle 85 hasta la calle 11 sur.

ZONA TRES. Sur.

Área 5. Localidades: Fontibón y Engativá. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de Fontibón y Engativá. Margen oriental, desde la Av. Carrera 68 (sin tomarla) entre la av. Calle 13 en ambos sentidos hasta los límites del Río Juan Amarillo. Margen, occidental, límites del los ríos Bogotá y Juan Amarillo. Margen norte, límites del río Juan Amarillo desde la Avenida 68 (sin tomarla) hasta los límites del Río Bogotá. Margen sur, límites del Río Bogotá continuando hacia el oriente por los límites del Río Fucha empalmando con la calle 13 (en sus dos sentidos) con Carrera 69 continuando por esta hasta la av. Carrera 68 sin tomarla.

Aeropuerto. Grupo encargado de regular el tránsito en las inmediaciones al Aeropuerto Internacional el Dorado y el puente aéreo.

Terminal de Transporte. Grupo encargado de regular el tránsito en las inmediaciones del terminal de transporte intermunicipal de Bogotá.

Área 6. Localidad Kennedy. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de Kennedy. Margen oriental, av. Carrera 68 (sin tomarla) desde la Avenida Calle 13 (sin tomarla) hasta la Autopista Sur (sin tomarla).Margen occidental, límites del Río Bogotá hasta los límites del Río Tunjuelito. Margen norte, desde los límites del Río Bogotá- Río Fucha, calle 13 (sin tomarla) hasta la avenida Carrera 68 (sin tomarla). Margen sur, desde los límites de Bogotá, hasta la calle 48 sur

en ambos sentidos y continuando por el límite entre Bosa y Kennedy hasta el río Tunjuelito y empalma con la Autopista Sur (sin tomarla) hasta la avenida 68 8sin tomarla).

Área 7. Localidad Bosa. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales principales de la localidad de autopista sur hasta Bosa. Margen oriental, límites del río Bogotá, calle 48 sur (sin tomarla) límites entre Bosa y Kennedy continuando por el río Tunjuelito hasta la autopista Sur (en sus dos sentidos). Margen occidental, desde límites del Río Bogotá y jurisdicción del Distrito Capital hasta la autopista Sur en sus dos sentidos. Margen norte, desde los límites del Río Bogotá hasta los límites del Distrito Capital. Margen sur, Autopista Sur en toda su extensión en ambos sentidos desde la Av. Boyacá (sin tomarla), hasta los límites con Soacha.

GRUPOS ESPECIALES

Obras. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales de la fase III de Transmilenio, corresponden a la carrera 10 entre calles 1 a 19 y calle 26 entre carrera 30 y av. Ciudad de Cali.

Carreteras. Policías que regulan el tránsito en los corredores viales en las salidas de Bogotá, y se ubican en: Peaje Autopista Norte, Peaje Autopista Sur, Peaje autopista al llano y peaje Mosquera.

Ecología. Grupo encargado de las mediciones de emisiones los vehículos automotores públicos y particulares (fuentes móviles) que transitan en el perímetro urbano de Bogotá.

Dirección de Sanidad DISAN. Policías con funciones administrativas que laboran en la dirección de sanidad de la policía nacional de Colombia.

Es de resaltar que las 12 áreas operativas más los grupos de Terminal de transportes y aeropuerto laboran en 3 jornadas:
Turno 1 (5:00 am a 13:00 pm)
Turno 2 (13:00 pm a 21:00 pm)
Turno 3 (20:00 pm a 6:00 am)

Los grupos de ecología, obras y dirección de sanidad, solo laboran en horario diurno. El grupo de carreteras se monitoreó en el turno número uno que corresponde a 6:00 am a 6:00 pm.

Como se comentó anteriormente, para el análisis gravimétrico, se siguieron los protocolos recomendados por la NIOSH en su técnica para medición de partículas respirables NIOSH 600[10, 11], y las mediciones fueron corregidas por los factores meteorólogicos (humedad) y barimétricos durante el periodo de muestreo de manera diaria en la zona donde se encontraban regulando el tráfico los individuos de estudio.

Igualmente, los equipos personales eran calibrados previamente a la medición del individuo de estudio. Se seleccionaban los individuos según los corredores viales de influencia del área y jornada de trabajo, y posteriormente se les suministraba una hoja donde se detallaba en una lista de chequeo algunas actividades que realizaba el individuo como: la dirección donde se encontraba regulando el tráfico, si se encontraba de regulando a pie o se desplazaba por el área en motocicleta, la duración de su descanso, entre otras.

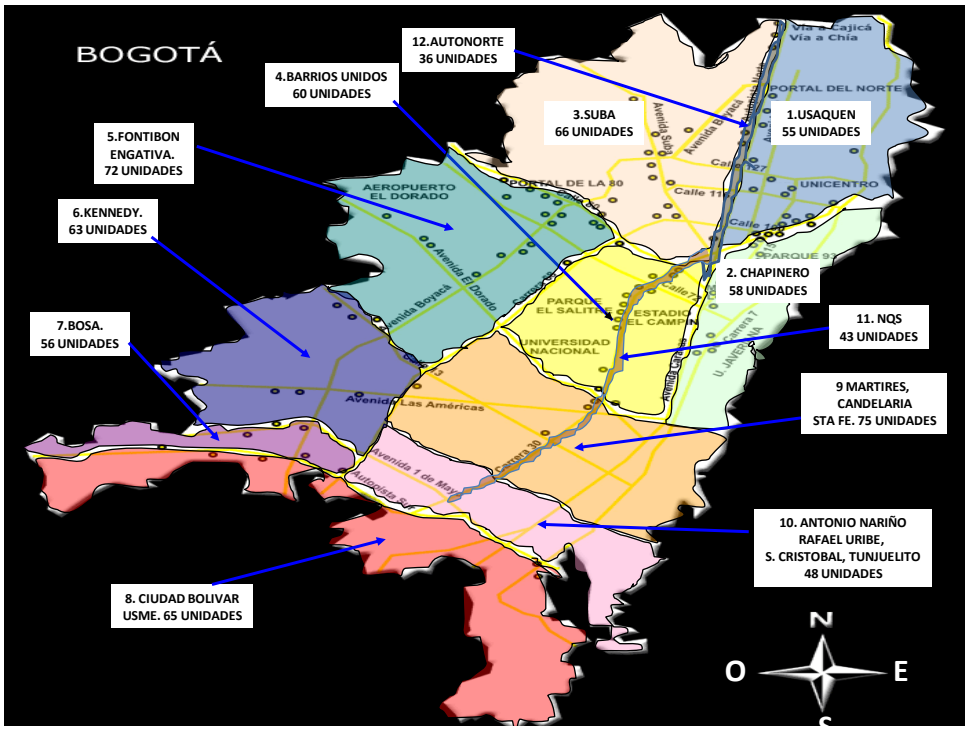


Figura 1. Distribución de áreas operativas policía de Tránsito de Bogotá. Fuente: Oficina de Gestión Estación Metropolitana de Tránsito

Para cumplir con el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto, consignados como Objeto del Convenio (cláusula primera y los Alcances del Objeto (cláusula segunda), el análisis de los resultados se procedió a realizarlo en tres fases:

4.2. ANALISIS DE DATOS

Para el análisis de los resultados se procedió a realizarlo en tres fases:
Los resultados presentados a continuación corresponden a 570 individuos, lo cuál permitió evaluar al 100% de los individuos de la muestra calculada del total. Estos 570 individuos, tenían completos los datos de las valoraciones médicas, y sus reportes espirométricos cumplían los criterios de evaluación de la ATS[12, 13]. Estos individuos fueron seleccionados de manera aleatoria, mediante lo cuál se garantizó su representatividad e inferencia de los resultados a la población de estudio.

- ANALISIS DESCRIPTIVO.
- ANALISIS BIVARIADO.
- ANALISIS MULTIVARIADO.

4.2.1. Análisis descriptivo

4.2.1.1. Caracterización de la población de policías de transito con diferentes grados de exposición (administrativos vs operativos) a material particulado PM_{10}.

Características Socio-demográficas

Grupos de Exposición según funciones: la mayor proporción de los individuos evaluados en el proyecto, correspondió al grupo de policías de tránsito con funciones operativas con 470 individuos (82,5%) en contraste con los policías con funciones administrativas con 100 individuos (17,5%).

Según el género, la mayor proporción de los individuos correspondió al sexo masculino con 512 personas (89,8%) y 58 (10,1%) individuos al sexo femenino. En el grupo operativo, la proporción de individuos de sexo masculino es mayor respecto al administrativo (95,9% vs. 61%). Sin embargo en la distribución según el género, es mayor la proporción de individuos de sexo femenino en el grupo administrativo con 39 individuos (39%) respecto al operativo (4,04%).

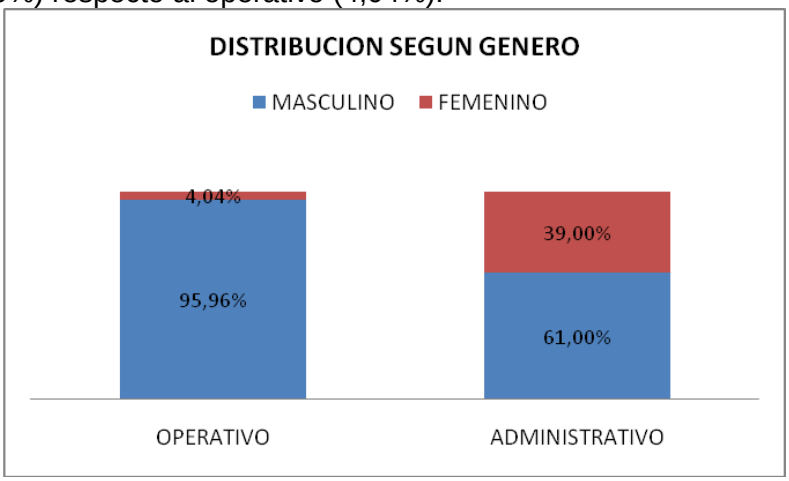


Figura 2.Distribución por género según grupos de estudio

En la distribución por categorías de edad, la mayor proporción de los individuos se encontraron en la categoría de 25 a 28 años con 200 individuos (35,09%). Respecto a los grupos, en el administrativo tuvo la mayor proporción de individuos en la categoría con edades mayores de 34 años (n=51 individuos 51%); en el operativo, el grupo la mayor proporción se encuentra en la categoría de 25 a 28 años (n=184 individuos 39,15%). En cuanto al promedio de edad, fue mayor en el grupo administrativo con 34,8 años respecto al operativo con 28,3 años.

		GRUPOS ETAREOS				
Grupo		**Menor de 25 años**	**25 a 28 años**	**29 a 34 años**	**Mayores de 34 años**	**TOTAL**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**116**	**184**	**110**	**60**	**470**
	% Grupo	**24,68**	**39,15**	**23,40**	**12,77**	**100**
	% G. Edad	**94,31**	**92,00**	**80,88**	**54,05**	**82,46**
	% Total	**20,35**	**32,28**	**19,30**	**10,53**	**82,46**
ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**7**	**16**	**26**	**51**	**100**
	% Grupo	**7**	**16**	**26**	**51**	**100**

	% G. Edad	5,69	8,00	19,12	45,95	17,54
	% Total	1,23	2,81	4,56	8,95	17,54
TOTAL	Frecuencia	123	200	136	111	570
	% Grupo	21,58	35,09	23,86	19,47	100
	% G. Edad	100	100	100	100	100
	% Total	21,58	35,09	23,86	19,47	100

Tabla 4. Distribución según rangos de edad en grupos de estudio

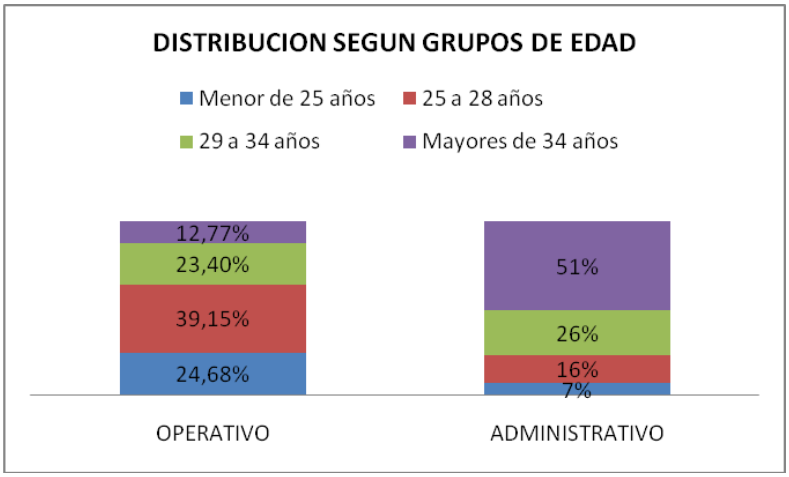


Figura 3. Distribución por rangos de edad según grupos de estudio

En la distribución según el nivel educativo, la mayor proporción de la población evaluada tiene un nivel educativo de bachillerato (73,9%). Respecto a los grupos, el administrativo tiene su mayor proporción de individuos tienen nivel educativo superior: técnico (32,1%) y universitario (22%). En el grupo operativo la mayor proporción de individuos tiene un nivel educativo bachiller o menor (82%).

		NIVEL EDUCATIVO				
		Bachillerato	Técnico	Universitario	Otros	Total
OPERATIVO	Frecuencia	388	0	74	8	470
	% G.Exp	82,55	0	15,74	1,70	100
	% Niv. Edu	90,87	0	69,16	25,81	82,46
	% of Total	68,07	0	12,98	1,40	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	39	5	33	23	100
	% G.Exp	39	5	33	23	100
	% Niv. Edu	9,13	100	30,84	74,19	17,54
	% of Total	6,84	0,88	5,79	4,04	17,54
TOTAL	Frecuencia	427	5	107	31	570
	% G.Exp	74,91	0,88	18,77	5,44	100
	% Niv. Edu	100	100	100	100	100
	% of Total	74,91	0,88	18,77	5,44	100

Tabla 5. Distribución según nivel educativo y grupos de estudio

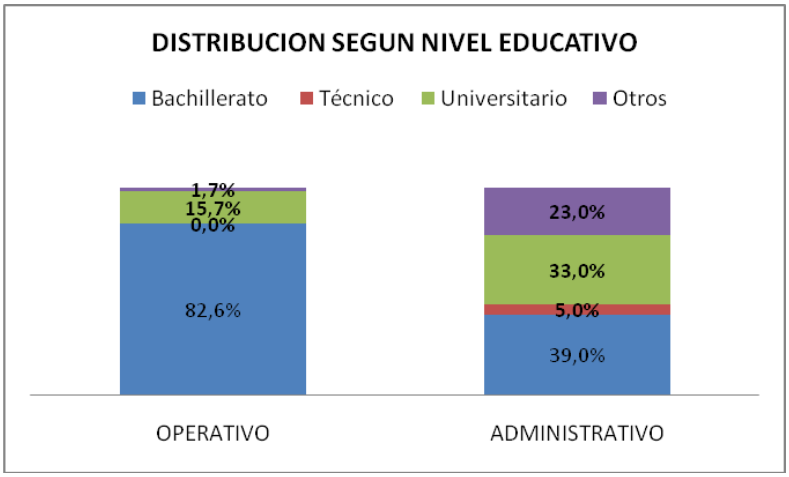


Figura 4. Distribución según nivel educativo por grupos de estudio

En la distribución según el tiempo de residencia en Bogotá en meses, el 48,5% (279 individuos) de la muestra evaluada ha residido más de 15 años en la ciudad (>180 meses). Por lo tanto los dos grupos tienen su mayor proporción de individuos en dicha categoría, el grupo operativo con 224 personas (47,6%) y el grupo administrativo con 55 individuos (55%).

En cuanto el tiempo de residencia promedio, fue mayor para el grupo administrativo con 243,5 meses con respecto al operativo cuyo valor fue de 187,05 meses.

		GRUPOS TIEMPO RESIDENCIA BOGOTA				
GRUPO		MENOS DE 60 MESES	ENTRE 60 A 120 MESES	ENTRE 121 A 180 MESES	MAS DE 180 MESES	TOTAL
OPERATIVO	Frecuencia	88	95	63	224	470
	% G.Exp	18,72	20,21	13,4	47,66	100
	% T. Res	85,44	84,82	82,89	80,29	82,46
	% Total	15,44	16,67	11,05	39,30	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	15	17	13	55	100
	% G.Exp	15	17	13	55	100
	% T. Res	14,6	15,2	17,1	19,7	17,5
	% Total	2,63	2,98	2,28	9,65	17,5
TOTAL	Frecuencia	103	112	76	279	570
	% G.Exp	18,1	19,7	13,3	48,95	100
	% T. Res	100	100	100	100	100
	% Total	18,1	19,7	13,33	48,95	100

Tabla 6. Distribución por tiempo de residencia en Bogotá según grupos de estudio

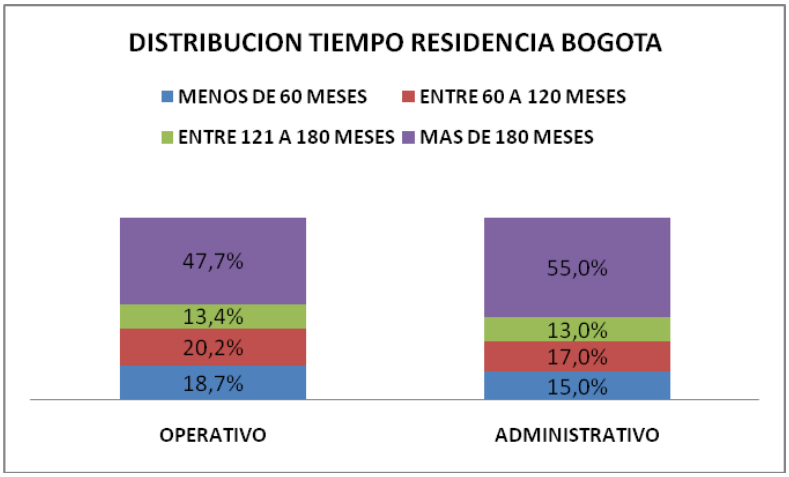


Figura 5. Distribución tiempo de residencia Bogotá

4.2.1.2. Descripción de los principales efectos respiratorios en la salud de los policías estudiados.

Reporte de Síntomas Respiratorios.

Síntoma Tos

El reporte del síntoma tos fue mayor en el grupo operativo con prevalencia de 15,1% (71 individuos). En el grupo administrativo, la proporción de presentación del síntoma fue menor 9% (9 individuos). La prevalencia global del síntoma reportada por la población de estudio fue de 14% (80 individuos).

		SINTOMA TOS		
GRUPO		**SI TOS**	**NO TOS**	**TOTAL**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**71**	**399**	**470**
	% Grupo	**15,11**	**84,89**	**100**
	% Sint.Tos	**88,75**	**81,43**	**82,46**
	% Total	**12,46**	**70**	**82,46**
ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**9**	**91**	**100**
	% Grupo	**9**	**91**	**100**
	% Sint.Tos	**11,25**	**18,57**	**17,54**
	% Total	**1,58**	**15,96**	**17,54**
TOTAL	**Frecuencia**	**80**	**490**	**570**
	% Grupo	**14,04**	**85,96**	**100**
	% Sint.Tos	**100**	**100**	**100**
	% Total	**14,04**	**85,96**	**100**

Tabla 7. Reporte de Síntoma tos según grupos de estudio

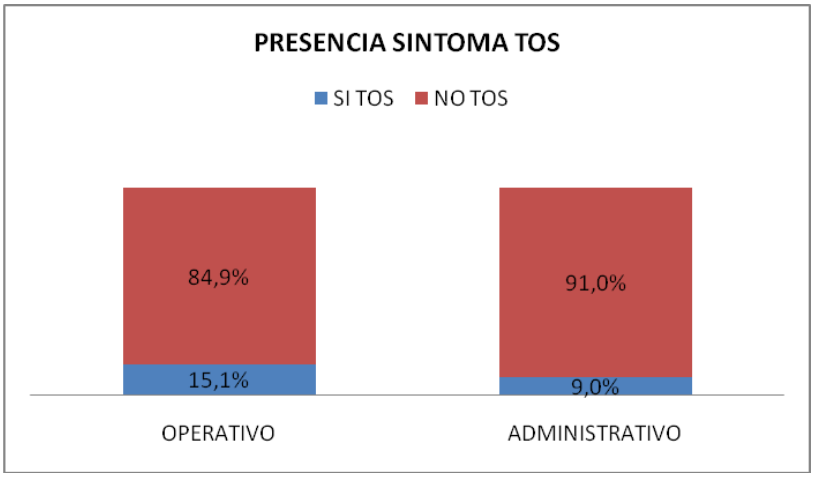


Figura 6. Distribución según reporte de síntoma tos en grupos de estudio.

Reporte de Expectoración

El reporte del síntoma expectoración fue mayor en el grupo operativo con una prevalencia de 17,02% (80 individuos) en comparación con el grupo administrativo con 10% (10 individuos). La prevalencia global del síntomas fue de 15,79% (90 individuos).

		SINTOMA EXPECTORACION		
GRUPO		**SI EXPECTORACION**	**NO EXPECTORACION**	**TOTAL**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**80**	**390**	**470**
	% Grupo	**17,02**	**82,98**	**100**
	% Expec.	**88,89**	**81,25**	**82,46**
	% Total	**14,04**	**68,42**	**82,46**
ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**10**	**90**	**100**
	% Grupo	**10**	**90**	**100**
	% Expec.	**11,11**	**18,75**	**17,54**
	% Total	**1,75**	**15,79**	**17,54**
TOTAL	**Frecuencia**	**90**	**480**	**570**
	% Grupo	**15,8**	**84,21**	**100**
	% Expec.	**100**	**100**	**100**
	% Total	**15,79**	**84,21**	**100**

Tabla 8. Reporte de síntoma expectoración según grupos de estudio

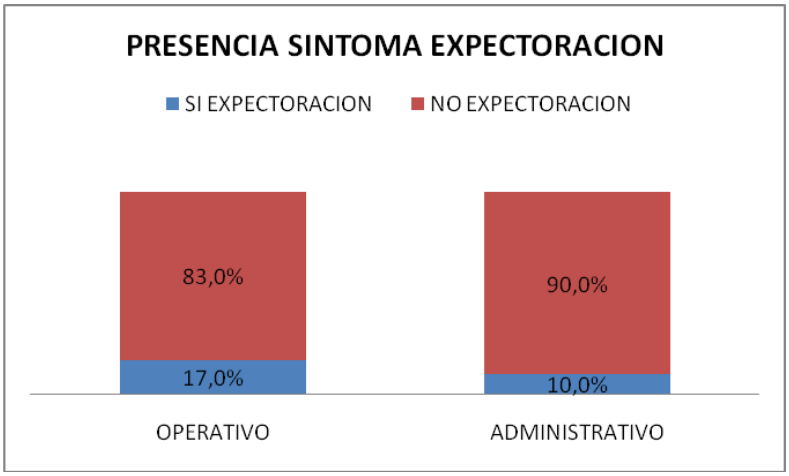


Figura 7. Distribución según reporte síntoma expectoración en grupos de estudio

Reporte de Sibilancias

El reporte de sibilancias fue mayor en el grupo administrativo con 21 individuos (21%) respecto a 81 individuos (17,23%) que la reportaron en el grupo operativo. La prevalencia de este síntoma en la población del estudio fue de 17,9% (102 individuos).

		SINTOMA SIBILANCIAS		
GRUPO		SIBILANCIAS	NO SIBILANCIAS	TOTAL
OPERATIVO	Frecuencia	81	389	470
	% Grup Exp.	17,23	82,77	100
	% Pres. Sibil	79,41	83,12	82,46
	% Total	14,21	68,25	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	21	79	100
	% Grup Exp.	21	79	100
	% Pres. Sibil	20,59	16,88	17,54
	% Total	3,68	13,86	17,54
TOTAL	Frecuencia	102	468	570
	% Grup Exp.	17,89	82,11	100
	% Pres. Sibil	100	100	100
	% Total	17,89	82,11	100

Tabla 9. Presencia de síntoma sibilancias por grupos de estudio.

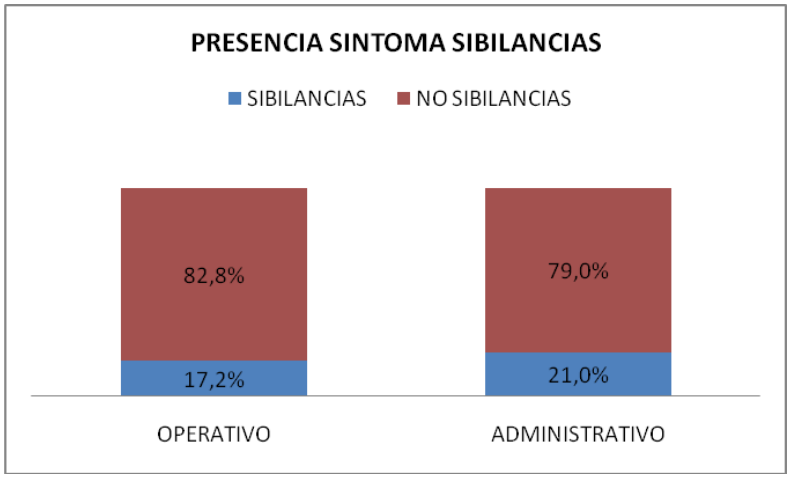


Figura 8.Distribución según reporte de síntoma sibilancias en grupos de estudio

Reporte de disnea de grandes y medianos esfuerzos.

El reporte de disnea de grandes y medianos esfuerzos (moderada) fue mayor porcentaje en el grupo administrativo en 11 individuos (11%) respecto al grupo operativo en 24 individuos (5,11%). En general, el síntoma fue reportado en 35 individuos (6,14%).

		SINTOMA DISNEA DE GRANDES Y MEDIANOS ESFUERZOS		
GRUPO		SI DISNEA	NO DISNEA	TOTAL
OPERATIVO	Frecuencia	24	446	470
	% G de Exp	5,11	94,89	100
	%PresDisnea	68,57	83,36	82,46
	% Total	4,21	78,25	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	11	89	100
	% G de Exp	11	89	100
	%PresDisnea	31,43	16,64	17,54
	% Total	1,93	15,61	17,54
TOTAL	Frecuencia	35	535	570
	% G de Exp	6,14	93,86	100
	%PresDisnea	100	100	100
	% Total	6,14	93,86	100

Tabla 10. Presencia de síntoma Disnea de grandes y medianos esfuerzos

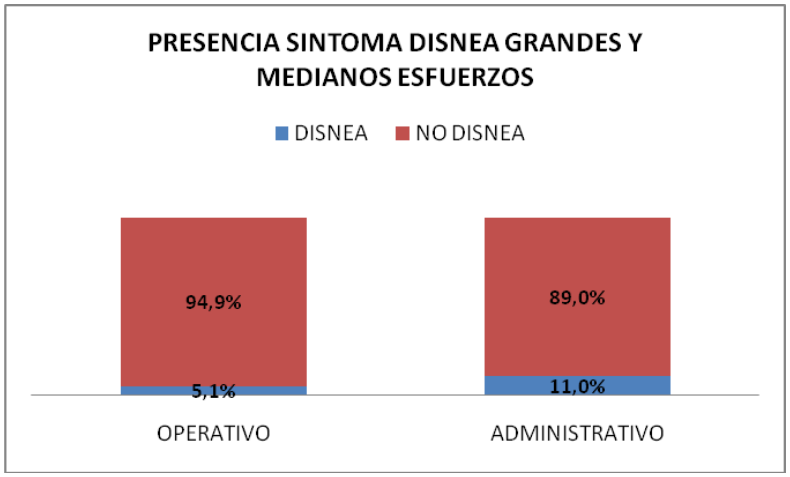


Figura 9. Distribución según reporte de síntoma de disnea de grandes y medianos esfuerzos

Reporte de síntomas respiratorios bajos

En resumen el reporte de síntomas respiratorios bajos (tos, expectoración, sibilancias y disnea) fue similar en los dos grupos, con una prevalencia general de 32,6% (186 individuos). En el grupo operativo, estos síntomas se presentaron en 152 individuos (32,34%) y en el grupo administrativo 34 individuos los presentaron (34%).

GRUPO		PRESENCIA SINTOMAS RESPIRATORIOS BAJOS		
		SI REPORTE	NO REPORTE	TOTAL
OPERATIVO	Frecuencia	152	318	470
	% G de Exp	32,34	67,66	100
	%Pres Sint.	81,72	82,81	82,46
	% Total	26,67	55,79	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	34	66	100
	% G de Exp	34	66	100
	%Pres Sint.	18,28	17,19	17,54
	% Total	5,96	11,58	17,54
TOTAL	Frecuencia	186	384	570
	% G de Exp	32,63	67,37	100
	%Pres Sint.	100	100	100
	% Total	32,63	67,37	100

Tabla 11. Presencia de síntomas respiratorios bajos y grupos de estudio

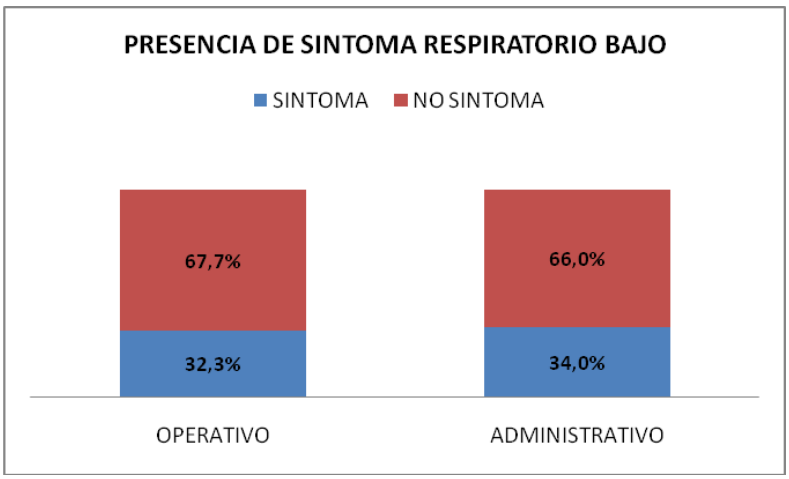


Figura 10. Distribución según presencia de síntomas respiratorios bajos en grupos de estudio

Antecedentes Enfermedades Respiratorias

Respecto los antecedentes de enfermedad respiratoria, el grupo administrativo tiene un mayor reporte de estos antecedentes pulmonares con 16% (16 individuos) en contraste con el grupo operativo con 10% (47 individuos). El 11,05% del total de individuos evaluados presentaron estos antecedentes, entre los cuales encontramos: asma, tuberculosis, neumonía, bronquitis aguda y cirugías.

		ANTECEDENTES ENF. PULMONARES		
GRUPO		Antecedentes Enfermedades Pulmonares	No Antecedentes Enfermedades Pulmonares	Total
OPERATIVO	Frecuencia	47	423	470
	% Grupo de Exp.	10	90	100
	% Ant. Enf Pulm	74,6	83,43	82,46
	% Total	8,25	74,21	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	16	84	100
	% Grupo de Exp.	16	84	100
	% Ant. Enf Pulm	25,40	16,57	17,54
	% Total	2,81	14,74	17,54
TOTAL	Frecuencia	63	507	570
	% Grupo de Exp.	11,05	88,95	100
	% Ant. Enf Pulm	100	100	100
	% Total	11,05	88,95	100

Tabla 12. Reporte de antecedentes de enfermedad pulmonar en grupos de estudio

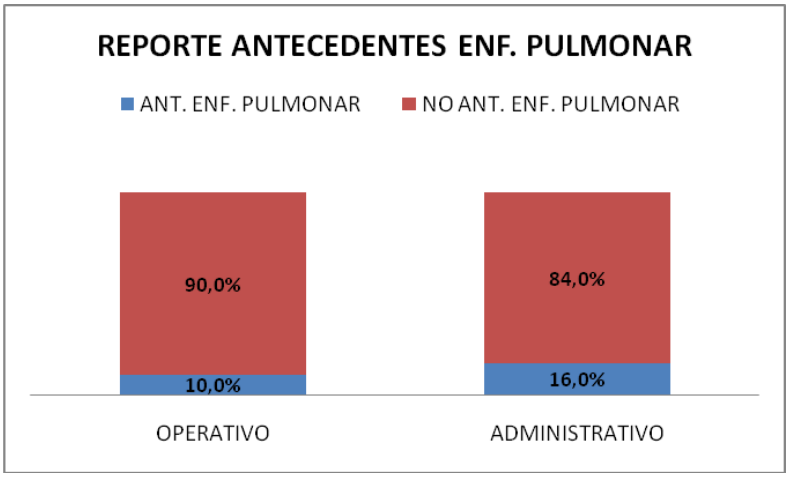


Figura 11. Distribución según reporte de antecedentes de enfermedad pulmonar en grupos de estudio

Entre los antecedentes personales de enfermedades respiratorias, se destaca que la presencia de bronquitis, neumonía y tuberculosis fueron mayores en el grupo administrativo con prevalencias de: 7% (7 individuos), 4% (4 individuos) y 1% (1 individuo) respectivamente, comparado con el grupo operativo con 4,7% (22 individuos), 2,6% (12 individuos) y 0,2% (1 individuo). En cuanto al asma, su reporte fue mayor en el grupo operativo con 4,5% (21 individuos) respecto a un 3% (3 individuos) del grupo administrativo. Los demás antecedentes respiratorios patológicos como bronquitis crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, no fueron reportados en ninguno de los dos grupos.

Respecto antecedentes de cirugías del tórax (toracostomía) fue mayor en el grupo operativo, reportándose en 7 individuos (1,5%) y en el grupo administrativo solo un individuo (1%) lo presentó. La prevalencia de trauma de tórax fue mayor en el grupo administrativo, presentándose en 7 individuos (7%) y en menor proporción 15 individuos (3,2%) en el operativo.

Antecedentes de exposición laboral a contaminantes del aire

El 43,3% (210 individuos) de la muestra evaluada, informaron antecedentes de exposición laboral a contaminantes del aire. Los individuos del grupo administrativo, reportan un mayor número de antecedentes de exposición laboral previa a gases, humos y polvo 40% (40 individuos) respecto al grupo operativo con 32,2% (152 individuos). Entre las actividades laborales previas donde existió dicha exposición en el grupo en general se encuentran: actividades de construcción (7,72%), operarios varios (6,32%), y funciones de vigilancia (5,44%), como se muestra en la Tabla N° 13.

		ANTECEDENTES EXPOSICION LABORAL PREVIA SEGUN TIPO OFICIO										
GRUPO		AGRICULTURA Y GANADERIA	CONSTRUCCION	CONDUCCION	MECANICO	OFICIOS BODEGA	LABORES ADMINISTRATIVAS	OPERARIOS VARIOS	VIGILANCIA	OTROS	NINGUNO	TOTAL
OPERATIVO	Frec	21	40	19	13	14	1	33	9	1	319	470
	% G. Exp.	4,47	8,51	4,04	2,77	2,98	0,21	7,02	1,91	0,21	67,87	100
	% Exp. P.	95,45	90,91	86,36	100	82,35	25	91,67	29,03	100	83,95	82,46
	% Total	3,68	7,02	3,33	2,28	2,46	0,18	5,79	1,58	0,18	55,96	82,46
ADMINISTRATIVO	Frec.	1	4	3	0	3	3	3	22	0	61	100
	% G. Exp.	1	4	3	0	3	3	3	22	0	61	100
	% Exp.P.	4,55	9,09	13,64	0	17,65	75	8,33	70,97	0	16,05	17,54
	% Total	0,18	0,70	0,53	0	0,53	0,53	0,53	3,86	0	10,70	17,54
TOTAL	Frec.	22	44	22	13	17	4	36	31	1	380	570
	% G. Exp.	3,86	7,72	3,86	2,28	2,98	0,70	6,32	5,44	0,18	66,67	100
	% Exp. P.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	% Total	3,86	7,72	3,86	2,28	2,98	0,70	6,32	5,44	0,18	66,67	100

Tabla 13. Antecedentes de exposición laboral previa a material particulado en grupos de estudio

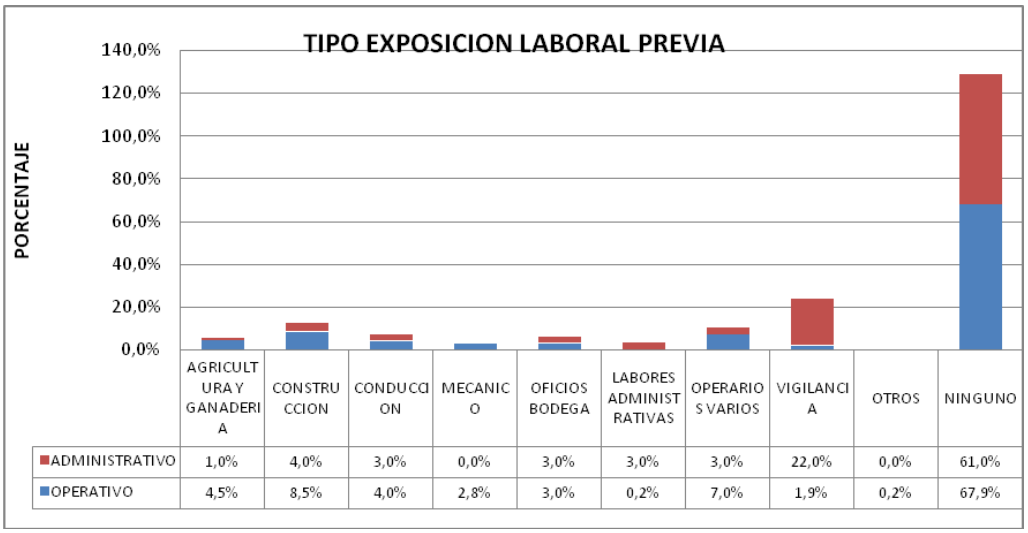


Figura 12. Distribución según exposición laboral previa en grupos de estudio

Tiempo de Permanencia en la Institución

En cuanto al tiempo de permanencia en la institución, el grupo operativo tiene la mayor proporción de individuos en el rango de tiempo de permanencia entre 1 a 5 años con 232 individuos (49,36%), en contraste con el grupo administrativo, cuya mayor proporción de individuos llevan trabajando más de 5 años en la institución 55 individuos (55%). El promedio de años en la institución fue mayor en el grupo operativo con 8,2 años respecto al operativo, quienes tuvieron un valor de 7,5 años.

		Años de antigüedad Policía			
GRUPO		Menos de un año	Entre 1 a 5 años	Mas de 5 años	Total
OPERATIVO	Frecuencia	6	232	232	470
	% Grup Exp.	1,28	49,36	49,36	100
	% Ant. Poli	85,71	84,06	80,84	82,46
	% Total	1,05	40,70	40,70	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	1	44	55	100
	% Grup Exp.	1	44	55	100
	% Ant. Poli	14,29	15,94	19,16	17,54
	% Total	0,18	7,72	9,65	17,54
TOTAL	Frecuencia	7	276	287	570
	% Grup Exp.	1,23	48,42	50,35	100
	% Ant. Poli	100	100	100	100
	% Total	1,23	48,42	50,35	100

Tabla 14. Tiempo permanencia en policía y grupos de estudio.

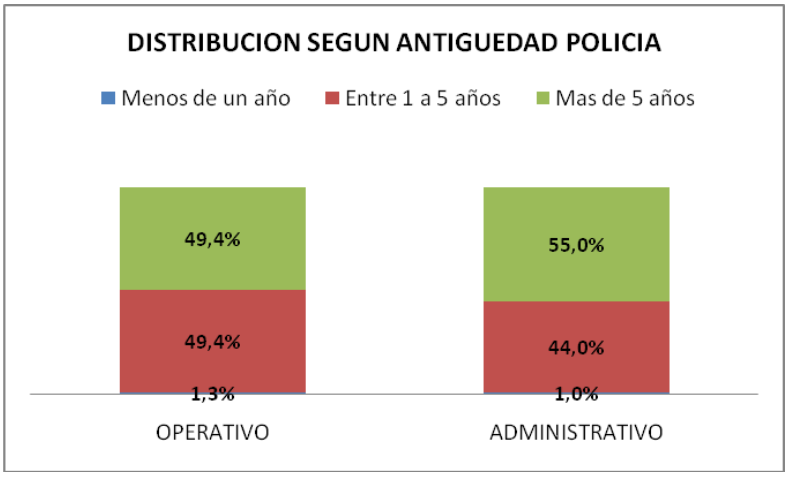


Figura 13.Distribución según antigüedad en la policía en grupos de estudio

Horas duración de jornada laboral diaria.

La mayor proporción de individuos operativos y administrativos tienen jornadas de trabajo de menos de 12 horas, con una distribución de 248 individuos (52,77%) y 53 individuos (53%) respectivamente. No se encontró mayor diferencia en las horas promedio de trabajo diarias, el grupo operativo obtuvo un valor de 11,02 horas respecto a 11,71 horas del grupo administrativo.

		Horas de Trabajo jornada laboral			
GRUPO		Menos de 12 horas diarias	Entre 12 a 18 horas	Mas de 18 horas diarias	Total
OPERATIVO	Frecuencia	248	221	1	470
	% G Exp.	52,77	47,02	0,21	100
	% Hor Jorn	82,39	83,08	33,33	82,46
	% Total	43,51	38,77	0,18	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	53	45	2	100
	% G Exp.	53	45	2	100
	% Hor Jorn	17,61	16,92	66,67	17,54
	% Total	9,30	7,89	0,35	17,54
TOTAL	Frecuencia	301	266	3	570

% G Exp.	52,81	46,67	0,53	100
% Hor Jorn	100	100	100	100
% Total	52,81	46,67	0,53	100

Tabla 15. Distribución según horas jornada laboral y grupos de estudio.

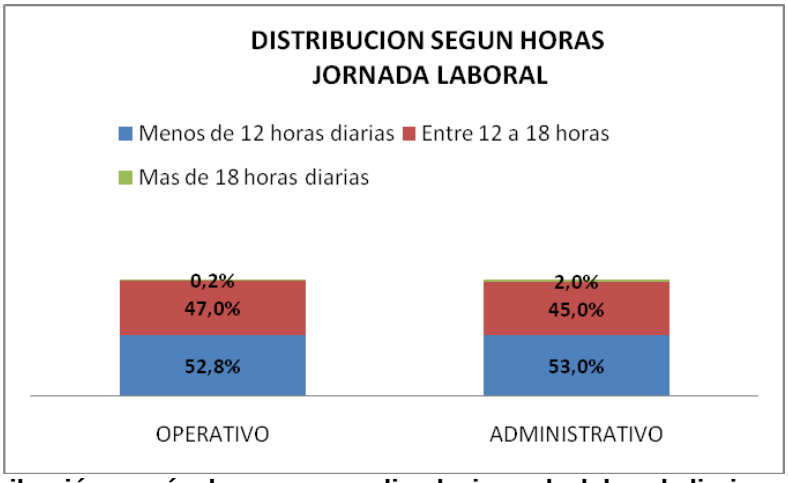


Figura 14. Distribución según horas promedio de jornada laboral diaria en grupos de estudio

Factores de Riesgo

Con respecto a la exposición intradomiciliaria a contaminantes del aire, el combustible al cuál reportan los individuos evaluados que se exponen en mayor frecuencia es el gas natural (95,09%), sin encontrar diferencias significativas entre los grupos de estudio (95,5% y 93% para grupo operativo y administrativo respectivamente).

		EXPOSICION TIPO CONTAMINACION INTRAMUROS			
GRUPO		Gas	Electricidad	Otro	Total
OPERATIVO	Frecuencia	449	15	6	470
	% Gru Exp.	95,53	3,19	1,28	100
	% Exp Cont Intra	82,84	71,43	85,71	82,46
	% Total	78,77	2,63	1,05	82,46
ADMINISTRATIVO	Frecuencia	93	6	1	100
	% Gru Exp.	93	6	1	100
	% Exp Cont Intra	17,16	28,57	14,29	17,54
	% Total	16,32	1,05	0,18	17,54
TOTAL	Frecuencia	542	21	7	570
	% Gru Exp.	95,09	3,68	1,23	100
	% Exp Cont Intra	100	100	100	100
	% Total	95,09	3,68	1,23	100

Tabla 16. Distribución según tipo de contaminante intramuros según grupos de estudio

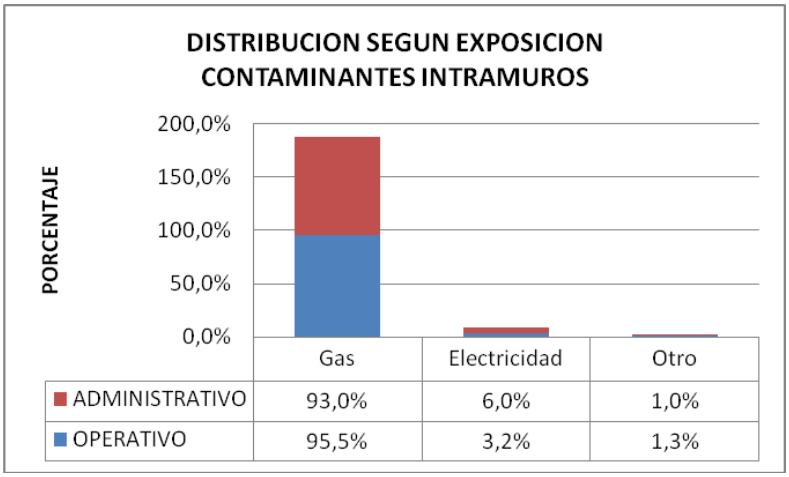


Figura 15. Distribución según exposición a contaminantes intramuros en grupos de estudio

Tabaquismo.

La proporción de personas fumadoras es mayor en el grupo operativo, con una prevalencia de 40,9% (192 individuos). En el grupo administrativo, el 37% (37 individuos). El hábito de fumar cigarrillo en la población es de 40,2% (229 individuos). El promedio de cigarrillos/día fue mayor en el grupo operativo con 1,2 cig/día respecto a 0,77 del grupo administrativo.

		TABAQUISMO		
GRUPO		**SI**	**NO**	**TOTAL**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**192**	**278**	**470**
	% Grupo Exp	**40,85**	**59,15**	**100**
	% Ant. Tabaq.	**83,84**	**81,52**	**82,46**
	% Total	**33,68**	**48,77**	**82,46**
ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**37**	**63**	**100**
	% Grupo Exp	**37**	**63**	**100**
	% Ant. Tabaq.	**16,16**	**18,48**	**17,54**
	% Total	**6,49**	**11,05**	**17,54**
TOTAL	**Frecuencia**	**229**	**341**	**570**
	% Grupo Exp	**40,18**	**59,82**	**100**
	% Ant. Tabaq.	**100**	**100**	**100**
	% Total	**40,18**	**59,82**	**100**

Tabla 17. Distribución según hábito tabaquismo según grupos de estudio

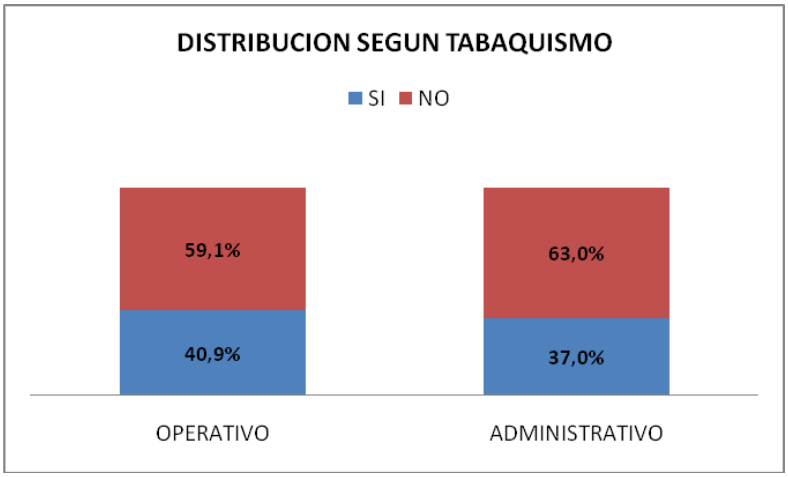


Figura 16. Distribución según tabaquismo en grupos de estudio

Diagnóstico de Alteracion Respiratoria Alta y Baja.

Se realizó un constructo de alteración respiratoria alta y baja mediante el análisis de los siguientes hallazgos:

Diagnóstico de Alteración Respiratoria Alta: reporte de síntoma de rinosinusitis y/o rinitis y/o otros síntomas respiratorios altos + presencia de signos de irritación nasal.

Diagnóstico de Alteración Respiratoria Baja: reporte de cualquier síntoma respiratorio bajo (tos , expectoración, disnea de grandes y medianos esfuerzos, sibilancias) + presencia de signos de alteración respiratoria baja (roncus y/o sibilancias).

De tal forma se obtuvieron los siguientes resultados:

El diagnóstico de alteraciones respiratorias altas (ARA) se presento en proporciones similares en los grupos de fumadores y no fumadores con 142 invididuos (77,6%) versus 298 individuos (77%). En comparación el diagnóstico de alteración respiratoria baja, tuvo una prevalencia mayor en los fumadores con 41,53% (76 individuos) respecto a los no fumadores 35,4% (137 individuos).

		DIAGNOSTICO ALTERACION RESPIRATORIA ALTA		
TABAQUISMO		**SI**	**NO**	**TOTAL**
SI	**Frecuencia**	**142**	**41**	**183**
	% Tab.	**77,60**	**22,40**	**100**
	% Pres ARA.	**32,27**	**31,54**	**32,11**
	% Total	**24,91**	**7,19**	**32,11**
NO	**Frecuencia**	**298**	**89**	**387**
	% Tab.	**77**	**23**	**100**
	% Pres ARA.	**67,73**	**68,46**	**67,89**
	% Total	**52,28**	**15,61**	**67,89**
TOTAL	**Frecuencia**	**440**	**130**	**570**
	% Tab.	**77,19**	**22,81**	**100**
	% Pres ARA.	**100**	**100**	**100**
	% Total	**77,19**	**22,81**	**100**

Tabla 18. Diagnóstico de alteración respiratoria alta y tabaquismo

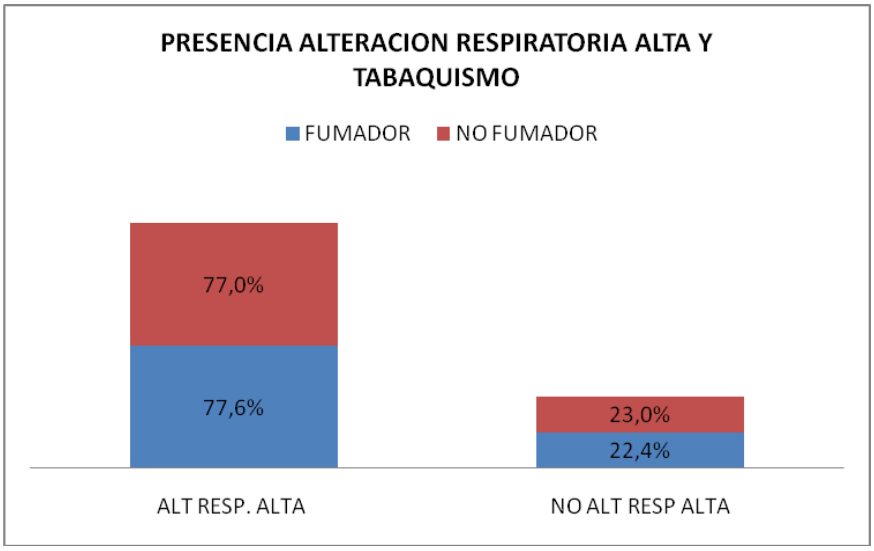


Figura 17. Distribución de presencia alteración respiratoria alta y tabaquismo

		DIAGNOSTICO ALTERACION RESPIRATORIA BAJA		
TABAQUISMO		**SI**	**NO**	**TOTAL**
SI	**Frecuencia**	**76**	**107**	**183**
	% Tab.	**41,53**	**58,47**	**100**
	% Pres ARB.	**35,68**	**29,97**	**32,11**
	% Total	**13,33**	**18,77**	**32,11**
NO	**Frecuencia**	**137**	**250**	**387**
	% Tab.	**35,40**	**64,6**	**100**
	% Pres ARB.	**64,32**	**70,03**	**67,89**
	% Total	**24,04**	**43,86**	**67,89**
TOTAL	**Frecuencia**	**213**	**357**	**570**
	% Tab.	**37,37**	**62,63**	**100**
	% Pres ARB.	**100**	**100**	**100**
	% Total	**37,37**	**62,63**	**100**

Tabla 19. Diagnóstico de alteración respiratoria baja y tabaquismo

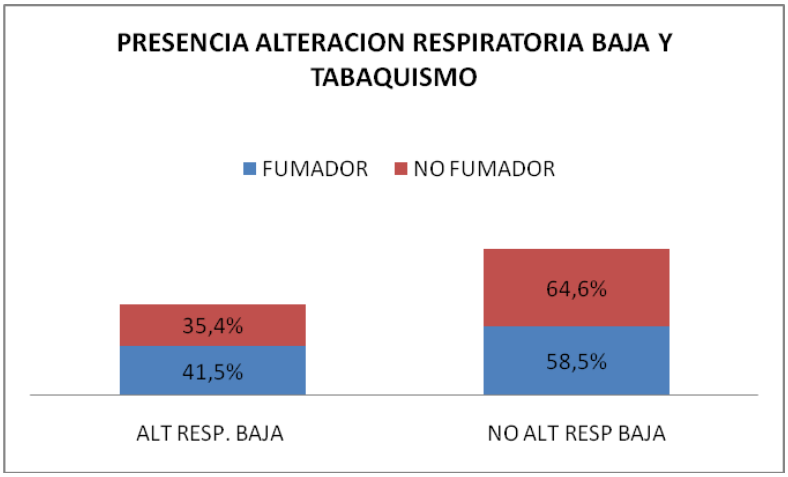


Figura 18. Presencia de alteración respiratoria baja y tabaquismo

Uso de elementos de protección personal

El uso de elementos de protección personal (gafas, máscaras) es poco frecuente en los dos grupos, siendo utilizados por solo 23 individuos de los 570 evaluados (4,04%). El porcentaje de uso es similar para los dos grupos: operativos 19 individuos (4,04%) y administrativos 4 individuos (4%).

		USO DE ELEMENTOS PROTECCION LABORAL		
GRUPO		**SI USO**	**NO USO**	**Total**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**19**	**451**	**470**
	% Grupo Exp.	**4,04**	**95,96**	**100**
	% Uso Elem.P.	**82,61**	**82,45**	**82,46**
	% Total	**3,33**	**79,12**	**82,46**
ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**4**	**96**	**100**
	% Grupo Exp.	**4**	**96**	**100**
	% Uso Elem.P.	**17,39**	**17,55**	**17,54**
	% Total	**0,70**	**16,84**	**17,54**
TOTAL	**Frecuencia**	**23**	**547**	**570**
	% Grupo Exp.	**4,04**	**95,96**	**100**
	% Uso Elem.P.	**100**	**100**	**100**
	% Total	**4,04**	**95,96**	**100**

Tabla 20. Uso de elementos de protección laboral según grupos de estudio

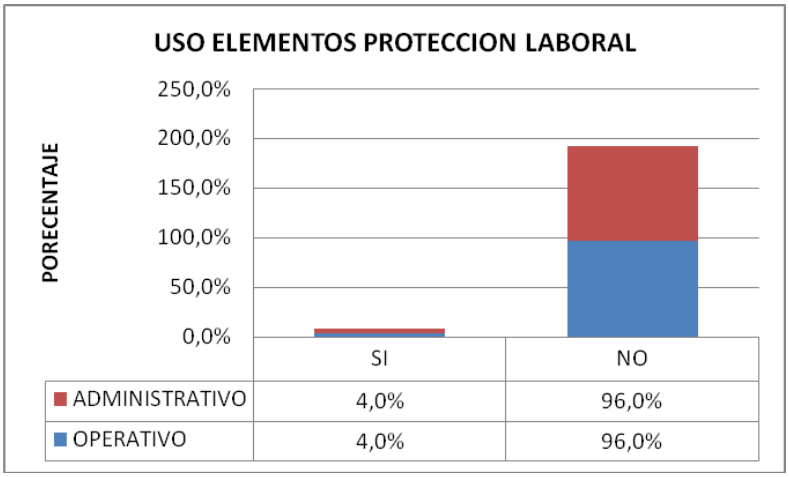


Figura 19. Distribución según uso de elementos protección personal en grupos de estudio

Es importante a anotar que la presencia de diagnosticos de alteraciones respiratorias bajas fue mayor en los individuos que no usaron elementos de protección laboral 302 individuos (55,2%) respecto a quienes si los usaron 10 individuos (43,4%).

		DIAGNOSTICO ALTERACION RESPIRATORIA BAJA		
USO ELEM PROTEC LAB		**SI**	**NO**	**TOTAL**
SI	**Frecuencia**	**10**	**13**	**23**
	% Elem.	**43,48**	**56,52**	**100**
	% Pres ARB.	**3,21**	**5,04**	**4,04**
	% Total	**1,75**	**2,28**	**4,04**
NO	**Frecuencia**	**302**	**245**	**547**
	% Tab.	**55,21**	**44,79**	**100**

	% Pres ARB.	**96,79**	**94,96**	**95,9**
	% Total	**52,98**	**42,98**	**95,9**
TOTAL	**Frecuencia**	**312**	**258**	**570**
	% Tab.	**54,74**	**45,26**	**100**
	% Pres ARB.	**100**	**100**	**100**
	% Total	**54,74**	**45,26**	**100**

Tabla 21. Diagnóstico de alteración respiratoria baja y uso de elementos de protección laboral

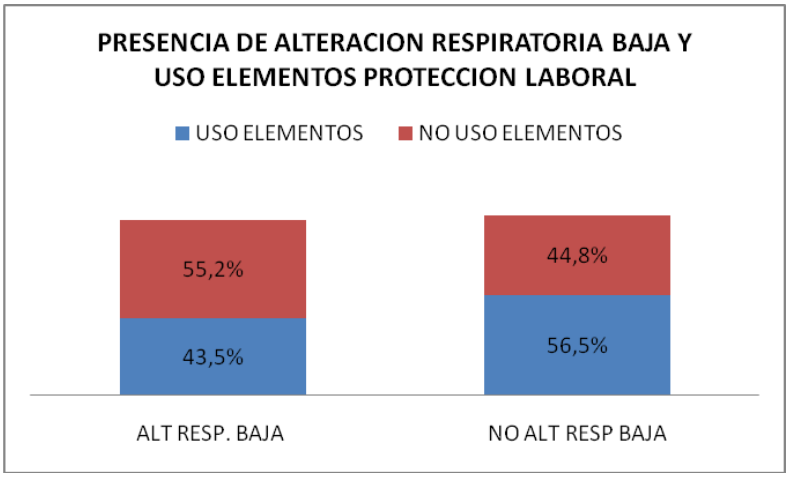


Figura 20. Presencia del diagnóstico de alteración respiratorio baja y uso de elementos de protección personal

4.2.1.3. Reporte de síntomas respiratorios altos y (alteraciones en el interrogatorio y) hallazgos en la valoración médica toxicológica (examen clínico).

Reporte de síntomas de rinosinusitis, otros síntomas respiratorios altos, rinitis, oculares y dérmicos en el interrogatorio.

En este tópico el grupo operativo refirió un mayor número de síntomas compatibles con rinosinusitis 270 personas (57,45%), síntomas de alteración ocular o conjuntivitis con 245 casos (52,13%) y síntomas de alteración dérmica o dermatitis con 63 casos (13,4%). En el grupo administrativo, reportaron otros síntomas respiratorios altos (sangrado nasal, dolor de garganta) fueron más prevalentes con 30 casos (30%), al igual que la presencia de síntomas de rinitis con 35 casos (35%). En general, el reporte de síntomas de rinosinusitis y conjuntivitis fueron los más prevalentes en la muestra valorada, con 324 casos (56,8%) y 289 casos (50,7%). Se aclara que se interrogó síntomas oculares dados las múltiples quejas de los individuos y por solicitud expresa de los profesionales del área de la salud de la división de Salud Ocupacional de la Institución.

		REPORTE SINTOMAS				
GRUPO		**SINTOMAS RINOSINUSITIS**	**OTROS SINTOMAS RESPIRATORIOS ALTOS**	**SINTOMAS RINITIS**	**SINTOMAS CONJUNTIVITIS**	**SINTOMAS DERMATITIS**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**270**	**105**	**111**	**245**	**63**
	%G Exp.	**57,45**	**22,34**	**23,62**	**52,13**	**13,4**
	% P Sínt	**83,33**	**77,78**	**76,03**	**84,78**	**87,5**
	% Total	**47,37**	**18,42**	**19,47**	**42,98**	**11,1**

ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**54**	**30**	**35**	**44**	**9**
	%G Exp.	**54**	**30**	**35**	**44**	**9**
	% P Sínt	**16,67**	**22,22**	**23,97**	**15,22**	**12,5**
	% Total	**9,47**	**5,26**	**6,14**	**7,72**	**1,58**
TOTAL	**Frecuencia**	**324**	**135**	**146**	**289**	**72**
	%G Exp.	**56,84**	**23,68**	**25,61**	**50,7**	**12,63**
	% P Sínt	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
	% Total	**56,84**	**23,68**	**25,61**	**50,7**	**12,63**

Tabla 22. Reporte de síntomas respiratorios altos, oculares y dérmicos según grupo de estudio

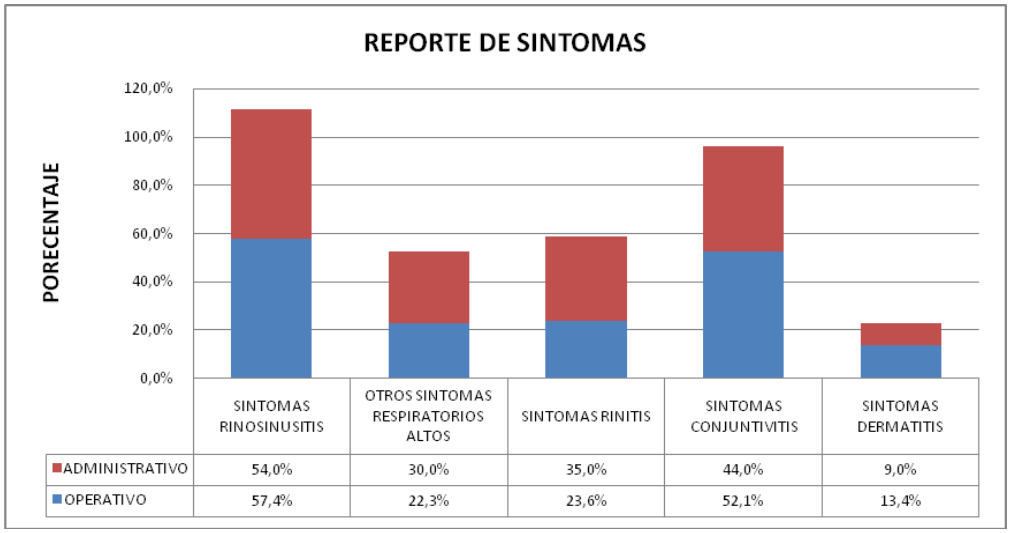


Figura 21. Reporte de síntomas en grupos estudios

Hallazgos de la valoración médico toxicológica

En la presencia de alteraciones al examen físico, el grupo operativo tuvo un mayor número de casos respecto al grupo administrativo para los tres tipos de irritaciones de la siguiente manera: irritación ocular 148 individuos (31,49%), irritación nasal 278 (59,15%) e irritación dérmica 60 individuos (12,77%). En el grupo administrativo, las prevalencias fueron 8 casos (8%), 31 casos (31%) y 3 casos (3%) respectivamente. A nivel general, la presencia de irritación nasal fue la más prevalente con 309 casos (54,21%). Signos de alteración respiratoria como roncus, se presentaron 2 casos en el grupo operativo (0,4%) y un caso (1%) de presencia sibilancias en el grupo administrativo.

		PRESENCIA IRRITACION EXAMEN MEDICO		
GRUPO		**Irritación Ocular presente**	**Irritación nasal presente**	**Irritación dérmica Presente**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**148**	**278**	**60**
	% G. Exp	**31,49**	**59,15**	**12,77**
	% Pres Irritac	**94,87**	**89,97**	**95,24**
	% Total	**25,96**	**48,77**	**10,53**
ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**8**	**31**	**3**
	% G Exp	**8**	**31**	**3**
	% Pres Irritac	**5,13**	**10,03**	**4,76**

	% Total	**1,40**	**5,44**	**0,53**
TOTAL	**Frecuencia**	**156**	**309**	**63**
	% G de Exp	**27,37**	**54,21**	**11,05**
	% Pres Irritac	**100**	**100**	**100**
	% Total	**27,37**	**54,21**	**11,05**

Tabla 23. Presencia de signos de irritación al examen físico según grupos de estudio

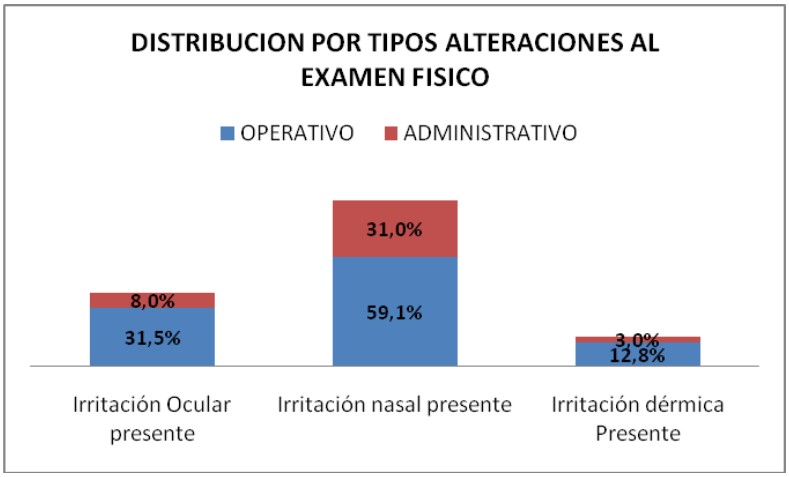


Figura 22. Distribución de tipos de alteraciones al examen físico en grupos de estudio

4.2.1.4. Descripción del comportamiento de la función pulmonar y frecuencia de hallazgos en los dos grupos estudiados.

Pruebas de función Pulmonar.

De manera global, en la muestra evaluada, el 7,7% de los individuos presentaron alteraciones espirométricas. En el análisis de este grupo de variables, el diagnóstico espirométrico revela que el 7,65% (36 casos) de los individuos del grupo operativo tienen alteraciones, siendo el patrón obstructivo el más frecuente (4,68%). En el grupo administrativo, 9% (9 casos) presentaron alteraciones, siendo el patrón obstructivo el más prevalente de estos con 7%.

		DIAGNOSTICO ESPIROMETRICO				
GRUPO		**Patrón Normal**	**Patrón Mixto**	**Patrón Obstructivo**	**Patrón Restrictivo**	**Total**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**435**	**9**	**22**	**4**	**470**
	% G Exp.	**92,55**	**1,91**	**4,68**	**0,85**	**100**
	% Dx.Espir	**82,7**	**81,82**	**75,86**	**100**	**82,46**
	% Total	**76,32**	**1,58**	**3,86**	**0,70**	**82,46**
ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**91**	**2**	**7**	**0**	**100**
	% G Exp.	**91**	**2**	**7**	**0**	**100**
	% Dx.Espir	**17,30**	**18,18**	**24,14**	**0**	**17,54**
	% Total	**15,96**	**0,35**	**1,23**	**0**	**17,54**
TOTAL	**Frecuencia**	**526**	**11**	**29**	**4**	**570**
	% G Exp.	**92,28**	**1,93**	**5,1**	**0,7**	**100**
	% Dx.Espir	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
	% Total	**92,28**	**1,93**	**5,1**	**0,7**	**100**

Tabla 24 Tipo de diagnóstico espiro métrico según grupos de estudio

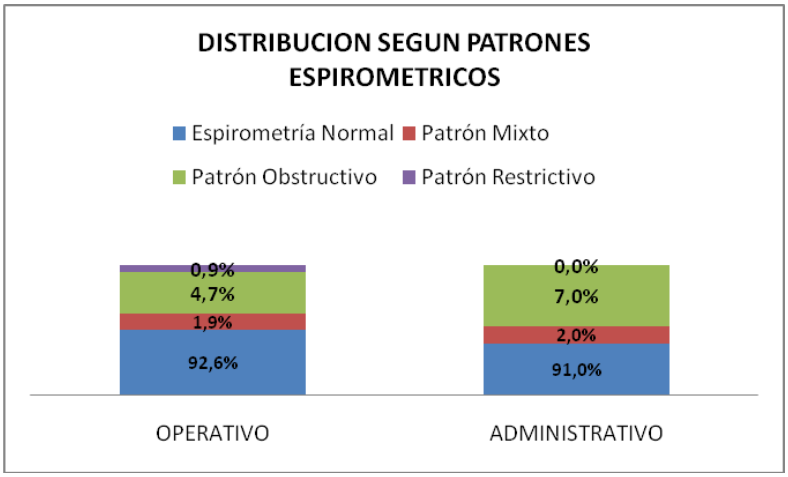


Figura 23. Distribución según patrones de espirometría en grupos de estudio

En cuanto a la evaluación espirométrica posterior a la administración del broncodilatador, el patrón espirométrico sugieren hiperreactividad bronquial en 28,7% (135 casos) de los individuos del grupo operativo y 29% (29 casos) en el grupo administrativo. La hiperreactividad bronquial tuvo una prevalencia en la muestra evaluada de 28,7% (164 individuos).

		PRESENCIA HIPER REACTIVIDAD BRONQUIAL		
GRUPO		**Hiper reactividad Bronquial**	**No hiper reactividad bronquial**	**Total**
OPERATIVO	**Frecuencia**	**135**	**335**	**470**
	% Grupo Exp.	**28,72**	**71,28**	**100**
	% Pres HRB.	**82,32**	**82,51**	**82,46**
	% Total	**23,68**	**58,77**	**82,46**
ADMINISTRATIVO	**Frecuencia**	**29**	**71**	**100**
	% Grupo Exp.	**29**	**71**	**100**
	% Pres HRB.	**17,68**	**17,49**	**17,54**
	% Total	**5,09**	**12,46**	**17,54**
TOTAL	**Frecuencia**	**164**	**406**	**570**
	% Grupo Exp.	**28,77**	**71,23**	**100**
	% Pres HRB.	**100**	**100**	**100**
	% Total	**28,77**	**71,23**	**100**

Tabla 25. Presencia de hiperreactividad bronquial según grupos de estudio

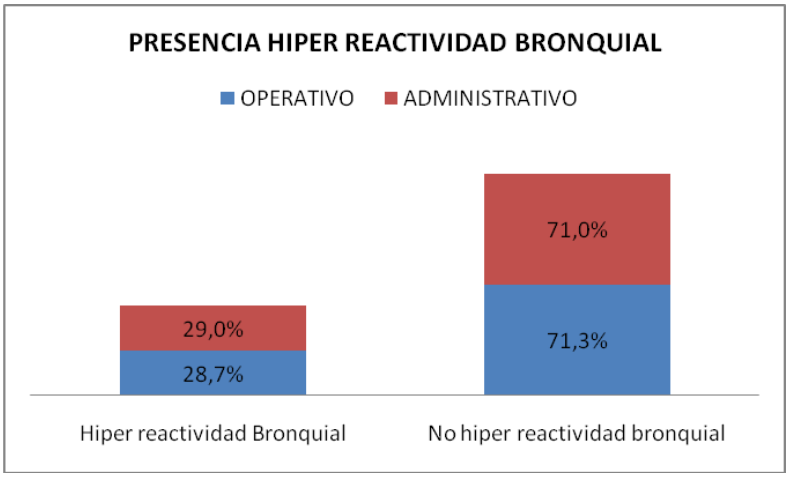


Figura 24. Presencia de hiperreactividad bronquial según grupos de estudio

El Porcentaje de Variación promedio en la Capacidad Vital Forzada (diferencia del valor pre y post broncodilatador CVF%) para el grupo operativo fue mayor respecto al administrativo (0,7% y 0,57% respectivamente). El promedio global de variación de este parámetro en la población de estudio fue de 0,68% con una desviación estándar (DS) de 7,13%.

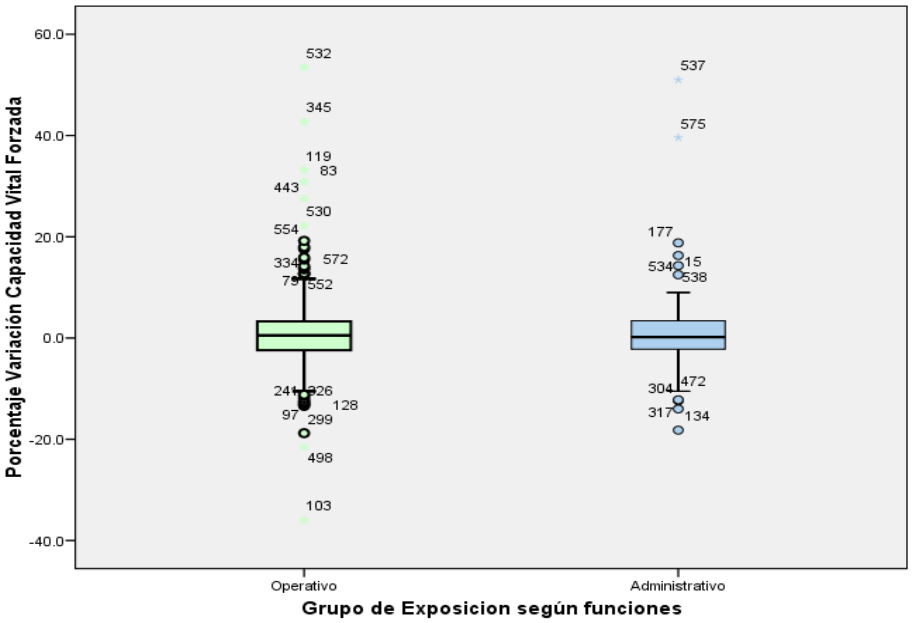


Figura 25. Diagrama de cajas que muestra variación en la capacidad Vital Forzada

El porcentaje de Variación de Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (VEF1%), fue mayor en el personal administrativo con 2,8% frente a 2,36% del grupo operativo. De manera global en los individuos evaluados, su valor fue de 2,43%.

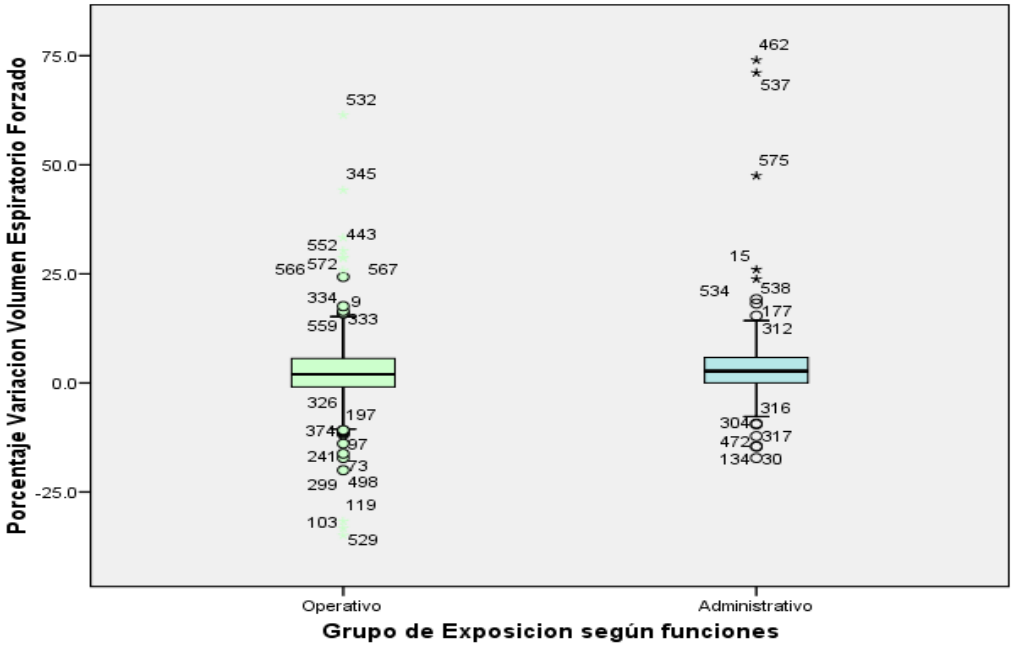


Figura 26. Diagrama de cajas que muestra variación en el Volumen Espiratorio Forzado

En el porcentaje de cambio en la relación VEF1/CVF%, en el grupo administrativo con respecto al operativo fue mayor (1,91% vs 1,47%). El valor de este parámetro de manera global se encontró un valor de 1,55%.

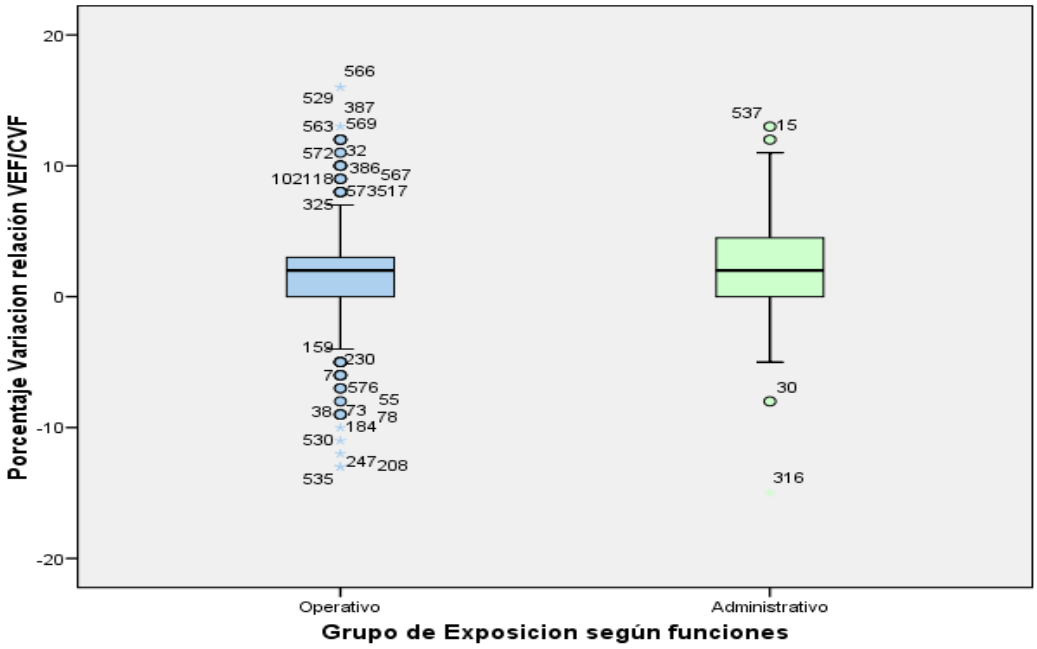


Figura 27.Diagrama de cajas que muestra variación en la relación VEF/CVF

En la variación de la capacidad Vital (%CV), no existen diferencias significativas entre los grupos de estudio, encontrándose un valor de 0,88% para el operativo y 0,97% para el administrativo; con un valor global de este parámetro de 0,89%.

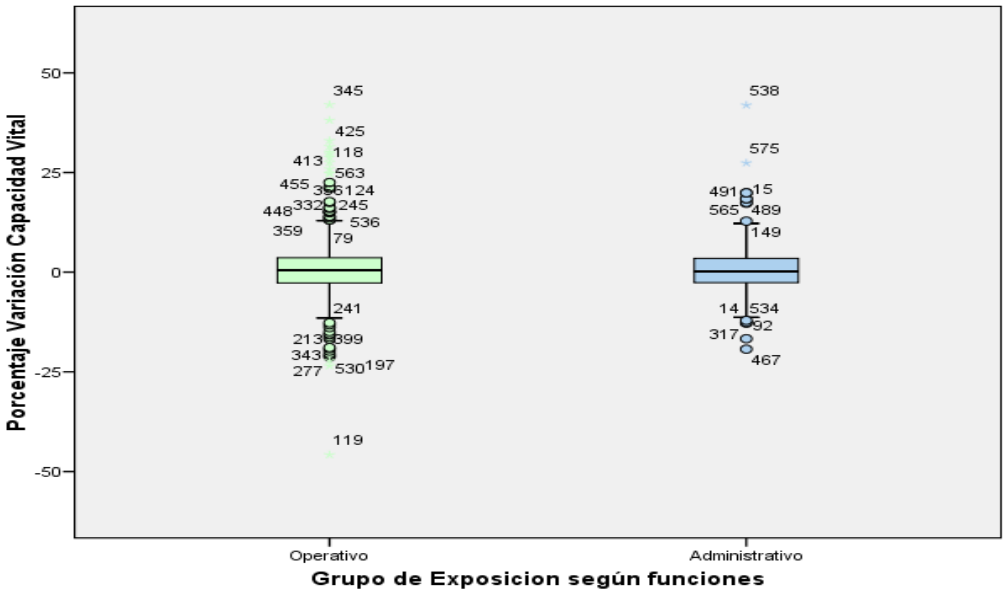


Figura 28. Diagrama de cajas que muestra porcentaje de variación en la CV

A continuación se presenta la tabla N° 26 que resume los estadísticos descriptivos de las variables continuas analizadas.

GRUPO EXP.	Parámetro	%Variación Capacidad Vital Forzada	% Variación Volumen Espiratorio Forzado	%Variación relación VEF/CVF	%Variación Capacidad Vital	Frecuencia Cardiaca	Frecuencia Respiratoria	Peso	Talla	Tensión Arterial Sistólica	Tensión Arterial Diastólica
	Promed.	0,70	2,36	1,47	0,88	74,20	17,69	72,8	171,7	105,42	72,32
	N	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470
	D. S.	6,35	7,33	3,12	7,88	18,65	3,22	10,6	6	10,02	7,27
	Mínimo	-21,58	-27,22	-13	-23,47	62	13	45	154	90	60
	Máximo	53,50	61,4	16	42,02	470	83	111	196	145	100
OPERATIVO	Varianza	40,30	53,71	9,70	62,11	347,77	10,39	112,	35,9	100,4	52,92
	Promed.	0,57	2,80	1,91	0,97	71,97	16,71	69,8	168,5	104,93	70,86
	N	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	D. S	8,80	9,64	3,22	8,65	5,38	1,55	11,3	8,01	9,38	7,47
	Mínimo	-23,24	-22,22	-14	-19,34	60	14	47	150	90	60
	Máximo	50,99	47,5	10	41,94	88	20	110	186	142	96
ADMINIST	Varianza	77,44	92,92	10,39	74,86	28,90	2,39	128,2	64,1	88,1	55,80
	Promed	0,68	2,43	1,55	0,89	73,81	17,52	72,3	171,1	105,34	72,06
	N	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570
	D. S.	6,83	7,78	3,14	8,01	17,1	3,02	10,7	6,50	9,91	7,32
	Mínimo	-23,24	-27,22	-14	-23,47	60	13	45	150	90	60
	Máximo	53,5	61,4	16	42,02	470	83	111	196	145	100
TOTAL	Varianza	46,7	60,47	9,83	64,22	292,40	9,12	116,2	42,3	98,17	53,63

Tabla 26. Resumen estadísticos descriptivos variables continuas

4.1.2.5. Monitoreo ambiental personal al material particulado

Las muestras fueron analizadas por el método gravimétrico NIOSH 600 (ver anexo 1), y se procedió a calcular el promedio de exposición por jornadas de trabajo y el promedio de exposición global mediante en los respectivos grupos de estudio mediante dicho método. Es de aclarar que algunos grupos operativos como ecología, obras y dirección de sanidad, no tienen jornada nocturna laboral.

El grupo de carreteras solo se evaluó en el turno de 12 horas diurnas debido a la dificultad operativa de recuperar los dispositivos de muestreo de la jornada de la noche.

Valores promedio de exposición global por grupos de estudio

El valor promedio de exposición a material particulado MP_{10} fue mayor en el grupo operativo (123,9±62,1 µg/m^3) respecto al grupo administrativo (115,9±61,5 µg/m^3), mostrando una dispersión similar de los datos en los dos grupos de estudio. (Ver tabla No. 26). El promedio de exposición grupal es 123,06±62,5 µg/m^3.

CONCENTRACION PROMEDIO GLOBAL EXPOSICION PM10 (µg/m³)					
GRUPO ESTUDIO	PROMEDIO	N	DESV. ESTANDAR	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO
OPERATIVO	123,92	326	62,61	10,96	289,08
ADMINISTRATIVO	115,01	22	61,54	35,25	254,89
TOTAL	123,36	348	62,49	10,96	289,08

Tabla 27. Valores promedio de exposición personal global a MP_{10} según grupos de estudio

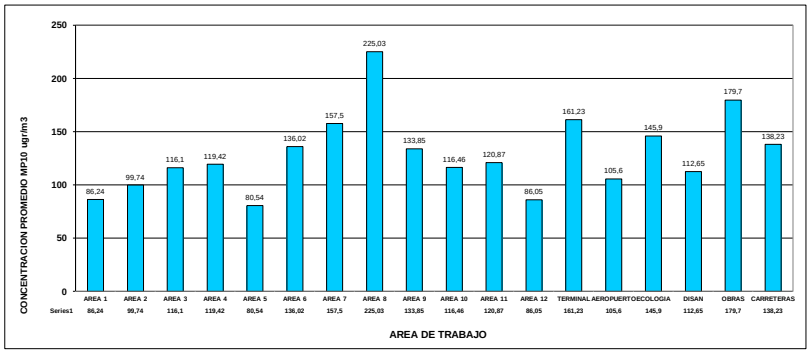


Figura 29. Distribución de concentraciones de MP10 exposición promedio según área de trabajo

En el análisis de valores promedio de exposición al material particulado PM_{10} por áreas de trabajo, se determinó que las áreas con mayores concentraciones fueron: 1. Área 8 (225,03 µg/m^3) que corresponde a los corredores viales de la localidad de ciudad bolívar, grupo obras (179,7 µg/m^3), terminal de transportes (161,23 µg/m^3) y 2. Área 7 (157,5 µg/m^3) que corresponde al corredor vial de la autopista sur desde la Sevillana hasta Bosa. Las áreas con menores promedios de exposición fueron: área 1 (86,24 µg/m^3) que comprende los corredores viales de la localidad de Usaquén, área 12 (86,05 µg/m^3) que corresponde al corredor vial de la autopista norte y área 5 (80,54 µg/m^3) que corresponde a los corredores viales de la localidad de Fontibón y Engativá.

En el siguiente gráfico se muestran los valores promedio con sus medidas de tendencia central para la exposición de material particulado por áreas:

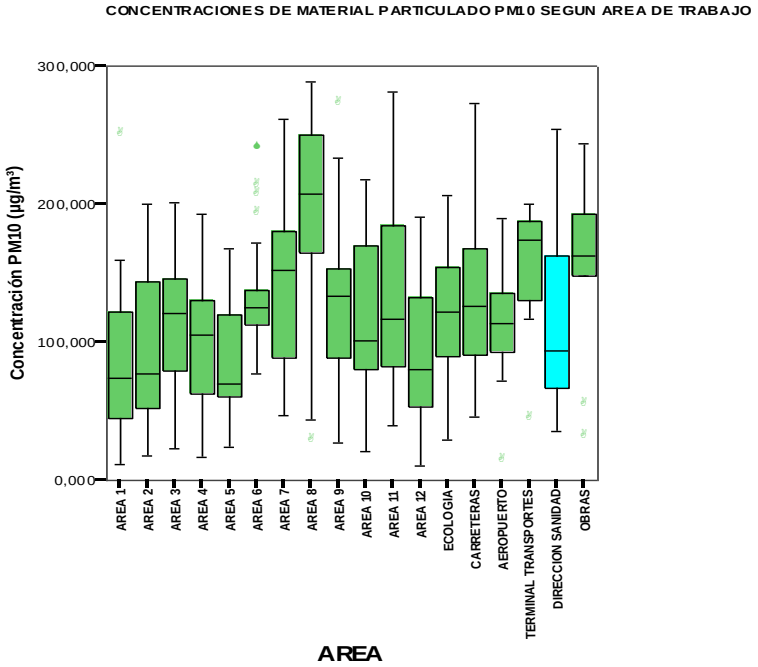


Figura 30. Distribución valores promedio de exposición a material particulado y dispersión según áreas de trabajo

Los valores promedio de exposición global según la jornada laboral, evidencia que la jornada laboral de la mañana presenta mayores valores (129,5 µg/m^3), seguidos por la jornada de la tarde (119,9 µg/m^3) y la noche (101,7 µg/m^3), lo cuál se observa en el siguiente gráfico:

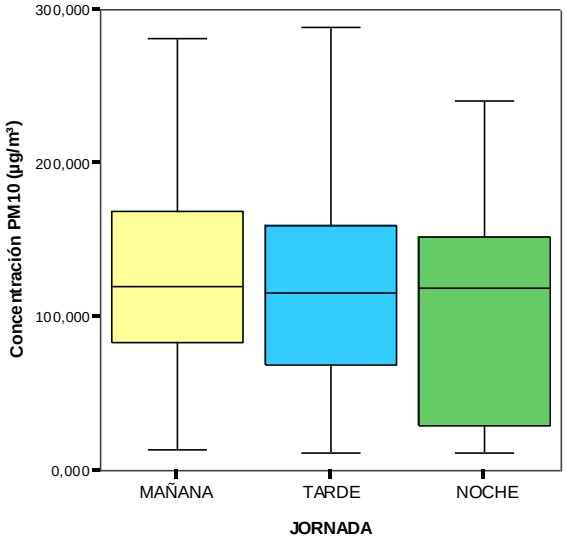


Figura 31. Distribución valor promedio de exposición a material particulado y dispersión según jornada de laboral.

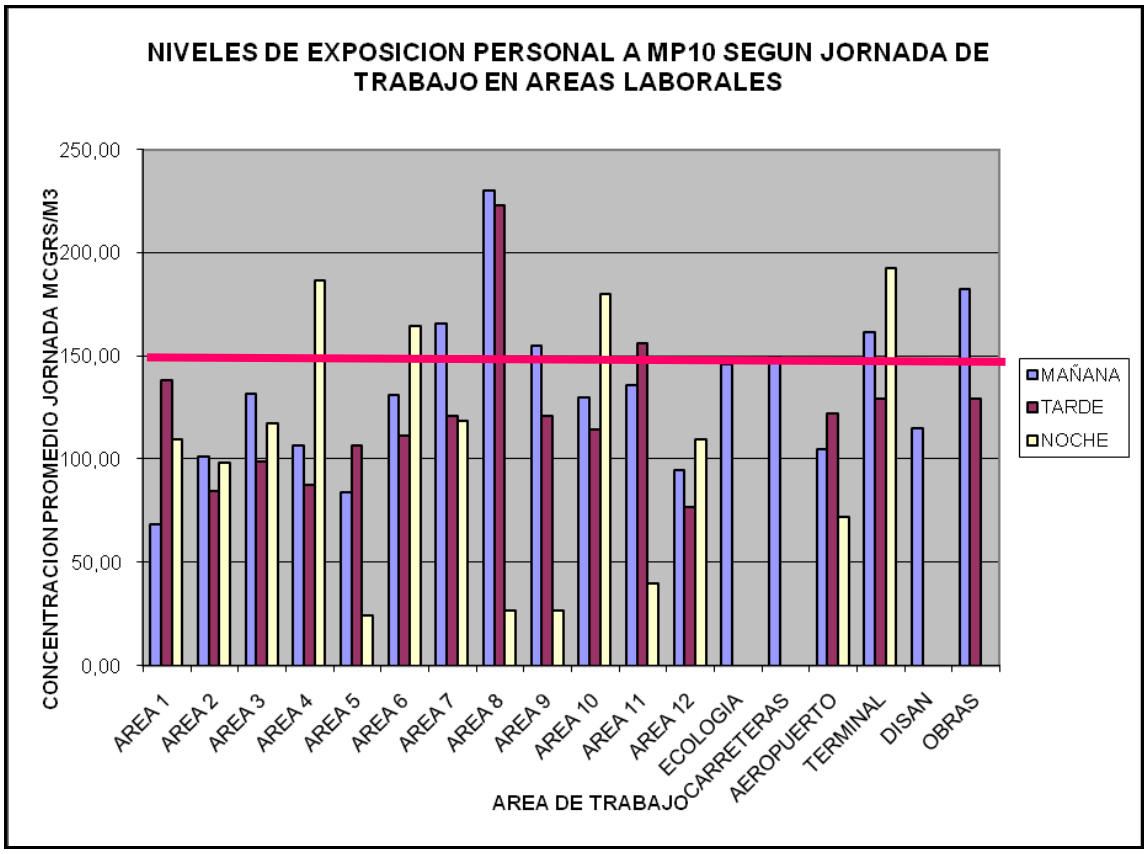


Figura 32. Comparación según turnos de trabajo en áreas operativas

Al realizar un análisis comparativo por áreas de trabajo y jornada laboral, se observa en la figura No. 32 que las áreas con valores promedio de mayor exposición a MP_{10} medidos con los dispositivos personales en la jornada de la mañana son las áreas: 7, 8 y el grupo especial de Obras. En la jornada de la tarde, las áreas: de 8 (corredores viales de Ciudad Bolívar), área 11 (corredor vial de la avenida NQS de calle 94 a la 11 sur) y área 1 (corredores viales de Localidad de Usaquén) tienen los mayores valores. En la jornada de la noche, las áreas: 4 (corredores viales de las localidades de Barrios unidos y Teusaquillo), 10 (corredores viales de la localidad de Rafael Uribe Uribe y Antonio Nariño) y terminal de transportes tienen mayores valores.

Las áreas con mayores concentraciones en una jornada de trabajo de 8 horas son: Área 8 (226 µg/m^3) que corresponde al corredor vial de la zona centro, terminal de transportes (161,2 µg/ m^3) y obras (155,9 µgr/m^3). Cabe destacar que la norma TLV-TWA de la ACGIH reporta límites permisibles de 3 mg/m^3 y la OSHA de 5 mg/m^3 para los ámbitos ocupacionales. Por lo tanto nuestra población de estudio se encuentra dentro del rango permisible para exposición ocupacional.

Sin embargo, si se realiza una comparación con los valores de exposición establecidos por la Organización Mundial de la Salud y la normatividad ambiental nacional (Res. 1208/2003 y 601/2006) para población general, la cual define un promedio de exposición a PM_{10} en 24 horas de 150 µg/m^3, se encontraron áreas críticas a intervenir con prontitud con medidas de protección laboral respiratoria como: áreas 4 (localidad Barrios Unidos y Teusaquillo), 7 (localidad de Bosa), 8 (localidad de Ciudad Bolívar y

Usme) y grupos especiales de terminal de transportes y obras. Para la población general presente en estas áreas, se requeriría implementar programas de vigilancia en salud pública para la detección temprana de poblaciones susceptibles, quienes podrían presentar efectos de mayor magnitud a estas concentraciones a un mediano plazo.

4.2.2. ANALISIS BIVARIADO.

Con este tipo de análisis se cumple el objetivo número seis de la cláusula segunda del convenio y sexto objetivo específico del proyecto, de analizar las posibles relaciones entre las variables definidas en el estudio.

4.2.2.1. Correlación de los niveles de medición a exposición personal ocupacional de PM_{1o} con la frecuencia de efectos respiratorios en los grupos de policías del estudio y alteraciones en la función pulmonar.

Odds de Prevalencia (OR)

Al realizar el análisis de la relación entre el factor de riesgo tipo de exposición (grupos administrativos y operativos) con cada uno de los desenlaces, se empleo el cálculo de Odds de prevalencia OR o razón de momios de prevalencia, que es la relación entre probabilidad de unos individuos que tienen un desenlace sobre la probabilidad de unos individuos que no tienen el desenlace. Su valor se obtiene del producto cruzado de las casillas en una tabla tetracórica que relaciona la exposición (operativo y administrativo) con el desenlace (síntoma). Metodológicamente, es más adecuado calcular ORs de prevalencia en los estudios transversales, ya que la evaluación de las variables de "exposición" frecuentemente tiene un sentido retrospectivo generalmente. Cuando su valor es menor a 1, la exposición no está relacionado con el desenlace (factor protector); si es igual a uno los grupos de exposición tienen igual probabilidad de presentar el desenlace y si es mayor a 1, el grupo expuesto tiene mayor probabilidad de presentar el desenlace frente al no expuesto (factor de riesgo).

De este análisis de asociación se obtienen Odds de prevalencia del estudio, observándose que los individuos operativos tiene mayor probabilidad de presentar síntomas respiratorios bajos como tos (1.8 veces más), expectoración (1,7 veces) respecto al grupo administrativo. Es de resaltar que la presencia de disnea de grandes y medianos esfuerzos además de las sibilancias tiene menor probabilidad de presentarse en el grupo operativo (0,5 y 0,8 veces respectivamente). Adicionalmente, los individuos operativos tienen mayor riesgo de presentar síntomas de rinosinusitis (1,15 veces), conjuntivitis (1,38 veces) y dermatitis (1,56 veces).

En la presentación de alteraciones al examen clínico, los individuos de los grupos operativos presentan mayor número de alteraciones oculares, nasales y dérmicas, comparados con los policías con funciones administrativas (5,3 veces, 3,2 veces y 4,7 veces respectivamente). Al realizar el constructo (presencia de síntomas + signos clínicos + resultados paraclínicos) denominado casos con diagnóstico de alteración respiratoria baja, diagnóstico de alteración respiratoria alta, diagnóstico de conjuntivitis y dermatitis; se concluye que los individuos operativos tienen mayor probabilidad de presentar alteraciones respiratorias altas (1,31 veces), alteración respiratoria baja (1,26 veces), conjuntivitis (1,66 veces) y dermatitis (2,47 veces) frente a los individuos con funciones administrativas.

En la prueba de función pulmonar (espirometría), los individuos operativos presentaron 1,22 veces mayor número de alteraciones espirométricas respecto a los administrativos. No se encontró una asociación entre la presencia de hiperreactividad bronquial con respecto a los grupos de estudio.

Al analizar la relación de algunos factores de riesgo y protectores con la presentación del desenlace, se obtuvo que los individuos que fuman tienen mayor riesgo de tener el diagnóstico de alteraciones respiratoria alta (1,31 veces) y baja (1,26 veces) respecto a los no fumadores, por lo tanto se confirma que el tabaquismo se constituye en un factor de riesgo importante para el desenlace.

El uso de elementos de protección laboral (gafas, máscaras, filtros), se constituye en un factor protector para presentar el desenlace, ya que aquellos individuos que los usan reducen la probabilidad de presentar el diagnóstico de alteraciones respiratorias (0,83 veces) altas y bajas (0,62 veces).

Tabla 28. Resumen de prevalencias y Odds ratio de prevalencia según grupo de estudio

REPORTE SINTOMAS	Prevalencia Exp.%	Prevalencia No exp.%	Prevalencia Global	Ji cuadrado	OR (IC95%)	valor sig.
Tos	15,1	9	14	2,54	1,79 (0,86-3,73)	0,11
Expectoración	17	10	15,8	3,083	1,85 (0,92-3,71)	0,079
Sibilancias	17,2	21	17,9	0,796	0,78 (045-1,34)	0,37
Disnea mediana y grandes esfuerzos	5,1	11	6,1	4,97	0,43(0,20-0,92)	0,02
Síntoma Respiratorio Bajo	32,3	34	32,6	0,103	0,92(0,58-1,46)	0,117
Síntomas rinosinusitis	57,4	54	56,8	0,399	1,15(0,74-1,77)	0,53
Síntomas rinitis	23,6	35	25,6	5,607	0,57(0,36-0,91)	0,01
Sìntomas dermatitis	15,4	9	12,6	1,45	1,57(0,72-3,51)	0,22
PRESENCIA SIGNOS CLINICOS						
Irritación Ocular	31,6	8	27,4	21,777	5,3(2,5-11,2)	0
Irritación Nasal	59,3	31	54,3	25,38	3,24(2,04-5,14)	0
Irritación dérmica	12,7	3	11,1	7,99	4,73(1,39-19,31)	0,004
PRUEBAS FUNCION PULMONAR						
Alteración Espirometría	7,4	9	7,7	0,27	1,22(0,57-2,64)	0,59
Hiperreactividad Bronquial	28,7	29	28,8	0,003	0,98(0,61-1,58)	0,95
DIAGNOSTICOS						
Alt. Respiratoria Alta	78,1	73	77,2	0,917	1,31(0,803-2,15)	0,338
Alt. Respiratoria Baja	55,7	50	54,7	1,09	1,26 (0,81-1,94)	0,29
FACTORES DE RIESGO						
Tabaquismo y presencia alt. Respiratoria alta	77,6	77	77,2	0,025	1,03 (0,67-1,57)	0,87
Tabaquismo y presencia alt. Respiratoria baja	41,5	35,4	37,4	1,99	1,29 (0,90-1,85)	0,15
Uso elementos protección laboral y presencia alt. Resp alta	73,9	77,3	77,2	0,146	0,83 (0,32-2,15)	0,702
Uso elementos protección laboral y presencia se alt. Resp. Baja	43,5	55,2	54,7	1,22	0,62 (0,26-1,44)	0,26

4.2.3. ANALISIS MULTIVARIADO.

El desarrollo metodológico y estadístico del problema abordado tiene varias fases, debido a la diversidad de variables y de temas evaluados con el instrumento (encuesta) aplicado a la muestra de policías. Es importante destacar que en general esta diversidad es la que nos permite establecer diferencias y relaciones entre cada uno de los ítems evaluados, por ejemplo, es importante determinar si la exposición de los policías está relacionada con las patologías mostradas en la espirometría y que a su vez pueden ser causadas por el nivel de material particulado al cual se encuentran expuestos. Por esta razón, se realizó un análisis multivariado, el cual permite mostrar las relaciones existentes entre cada variable y entre cada grupo de variables.(ver Tabla N° 22).

Entre los diferentes tipos de análisis multivariado se encuentra el Análisis Factorial Múltiple (AFC). Este análisis nos permite reducir la dimensión en la cual se encuentran las observaciones (llamamos dimensión a la cantidad de variables medidas (108)) y de una forma gráfica, analizar el comportamiento de los policías en cuanto a la exposición laboral a la contaminación atmosférica. Finalmente se realizó una caracterización del conjunto de policías de tránsito con diferentes grados de exposición a material particulado, mediante un procedimiento de clasificación que se basa en que los policías de un grupo especifico hacen parte de este, porque comparten características muy similares en los diferentes grupos de preguntas del cuestionario de síntomas respiratorios y en el examen físico, y además los grupos entre sí se diferencian por la misma razón.

Al dividir nuestro grupo de preguntas en aquellas que nos proporcionan información sobre un tema en particular, obtenemos 13 grupos (10 de variables categóricas y 3 de variables continuas) distribuidos y agrupados de la siguiente forma:
Tabla N° 29.

Tabla 29. Agrupación de variables que miden un constructo o tema para realizar el análisis factorial múltiple

Grupos o subtablas	Variables que lo componen
Grupo I: Datos demográficos.	• Edad. • Género. • Nivel educativo. • Número de meses que lleva viviendo en Bogotá.
Grupo II: Reporte de síntomas respiratorios bajos en el cuestionario.	• Presencia de tos. • Presencia de Expectoración. • Presencia de Sibilancias • Presencia de Disnea • Presencia de Gripas con afección bronquial.
Grupo III: Exposición laboral actual.	• Antigüedad de servicios en la policía. • Grupo de exposición. • Uso de elementos de protección

	personal.
Grupo IV: Factores de riesgo.	• Tabaquismo. • Contaminación en la casa. • Cocina independiente.
Grupo V: Reporte de síntomas respiratorios altos y dérmicos en la encuesta.	• Rinitis alérgica. • Irritación mucosa ocular y nasal. • Irritación dérmica.
Grupo VI: Signos clínicos en la valoración médica toxicológica:	• Irritación ocular. • Irritación nasal. • Irritación dérmica. • Presencia de sibilancias. • Presencia roncus. • Frecuencia Cardiaca.
Grupo VII: Resultados para-clínicos.	• Resultado de la espirometría. • HRB (Hiperreactividad bronquial).
Grupo VIII: Concentración de PM_{10}.	• Concentración promedio de PM10.
Grupo IX: Variables ilustrativas. Definidas como aquellas que no entran en el análisis estadístico pero se tienen en cuenta para ver la relación de estas con las demás.	• Nivel del fumador (constructo). • Grupo operativo (zona). • Impresión diagnostica (constructor).

4.2.3.1. Análisis factorial múltiple

El Análisis Factorial Múltiple (AFM) tiene como objetivo mirar asociaciones entre individuos (operativos vs administrativos) y las variables entre si. El AFM permite ver en un plano (compuesto por los ejes X y Y) la posible relación entre la ubicación de los individuos (tanto operativos como administrativos) como de las diferentes variables evaluadas.

Este análisis se caracteriza, porque la información necesaria se presenta en una tabla de datos donde un conjunto de individuos está definido por variables agrupadas en diferentes subtablas (grupos establecidos en la tabla N° 29) en función de su naturaleza, tipología, características, número, correlaciones, etc.
.
Debido a la gran cantidad de variables recopiladas por el instrumento de evaluación (108 variables categóricas y 16 cuantitativas), fue necesario determinar su relación mediante proyecciones en una representación visual (plano o eje), lo cuál permite observar específicamente las relaciones entre todos los atributos medidos, con este AFM.

Mediante este análisis se observó, que los grupos de variables referentes a las condiciones socio- demográficas y al nivel de exposición laboral actual (operativos vs administrativos) se correlacionan con el primer eje (eje X), llamado “Características demográficas y ocupacionales del policía”.

En contraste, las variables que forman el grupo de síntomas respiratorios bajos, síntomas respiratorios altos oculares y dérmicos y los signos clínicos encontrados en el examen físico, se correlacionan con el segundo eje (eje Y), denominado

"Alteraciones", con lo cuál se establecen las asociaciones referentes a los síntomas reportados con los hallazgos del examen clínico.

4.2.3.2. Análisis de los planos factoriales.

Para establecer las relaciones entre todas las variables y entre los grupos de variables definidos en la tabla N° 29, eliminando así los posibles efectos establecidos por factores de confusión en los desenlaces, se realizó un análisis factorial múltiple AFM global.

Una vez realizado el análisis, el grupo de variables correspondiente a las condiciones sociodemográficas, presentó la mayor dispersión, ya que existen policías con características muy diferentes en su análisis global.

Analizando en la figura No. 33 el eje 1, se observa que el 38.2% de la variabilidad resumida por este está causada por las variables que integran el grupo de exposición laboral (GR 3); mientras que el 35.9 % por las variables de condiciones socio-demográficas (GR 1).

Observando el eje 2 (Eje de las Y), puede observarse que la contribución absoluta de los grupos de variables referentes a Síntomas respiratorios altos, oculares y dérmicos (GR 5) y Síntomas respiratorios bajos (GR 2) es de 30.7% y 28.7% respectivamente.

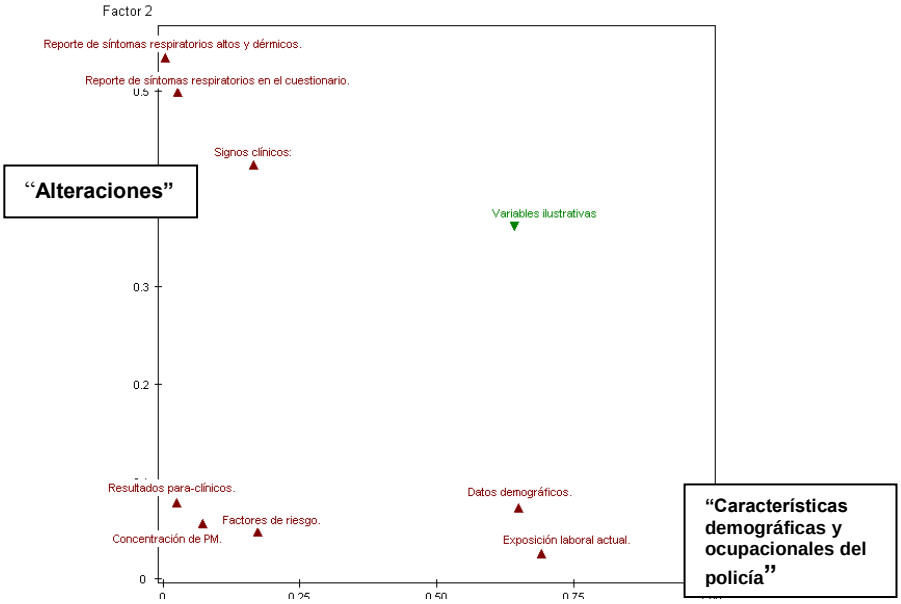


Figura 33.Plano que presenta la combinación del eje X "características sociodemográficas y ocupacionales de los policías con el eje Y "alteraciones al examen físico" y sus respectivos grupos de variables activas.

En cuanto a la relación entre datos demográficos y el reporte de síntomas respiratorios bajos, se evidencia en el plano que se muestra en la figura 34 que:

- Los individuos expuestos son en general hombres, menores de 28 años con un nivel de escolaridad de bachiller. Es importante resaltar que este grupo no presenta reporte de síntomas respiratorios bajos; lo cuál se podría explicar porque en general son individuos jóvenes, laboralmente activos, y por lo tanto su sistema respiratorio podría tener gran capacidad de respuesta y adaptación a las noxas ambientales.

- Los policías que llevan más de 5 años de residencia en Bogotá, reportan mayor frecuencia de síntomas respiratorio, y han estado expuestos un mayor número de años a la calidad de aire de la ciudad.

- Llama la atención que la mayoría de las personas con una menor exposición ocupacional son de sexo femenino, están asociadas a tener un mayor nivel educativo en sus características sociodemográficas.

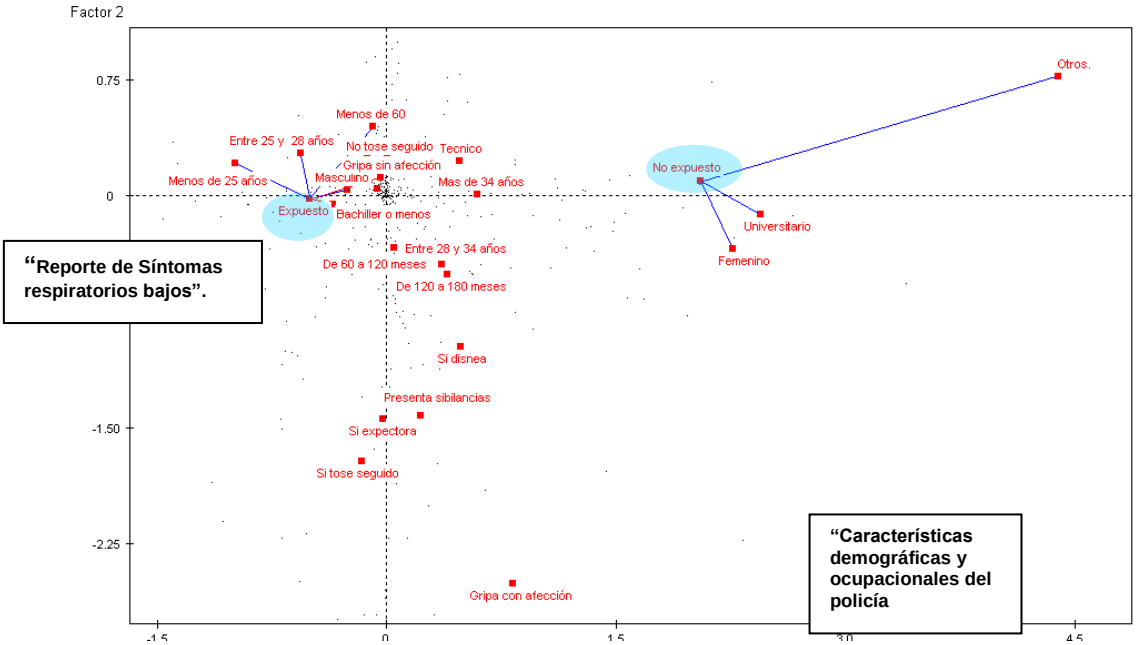


Figura 34. Plano factorial con las asociaciones entre la información demográfica y el reporte de síntomas respiratorios bajos entre expuestos y no expuestos

En cuanto a la relación entre nivel de exposición y reporte de síntomas altos y dérmicos se observa en el plano factorial (Fig. 34) que:

- Los individuos expuestos, se relacionan con un mayor reporte de síntomas respiratorios altos y dérmicos, con el no uso de elementos de protección personal y con una antigüedad de más de un año en la policía.

- Los individuos no expuestos, se relacionan con un menor reporte de síntomas respiratorios, emplean con mayor frecuencia elementos de protección respiratoria y son de reciente ingreso a la policía (menor de un año).

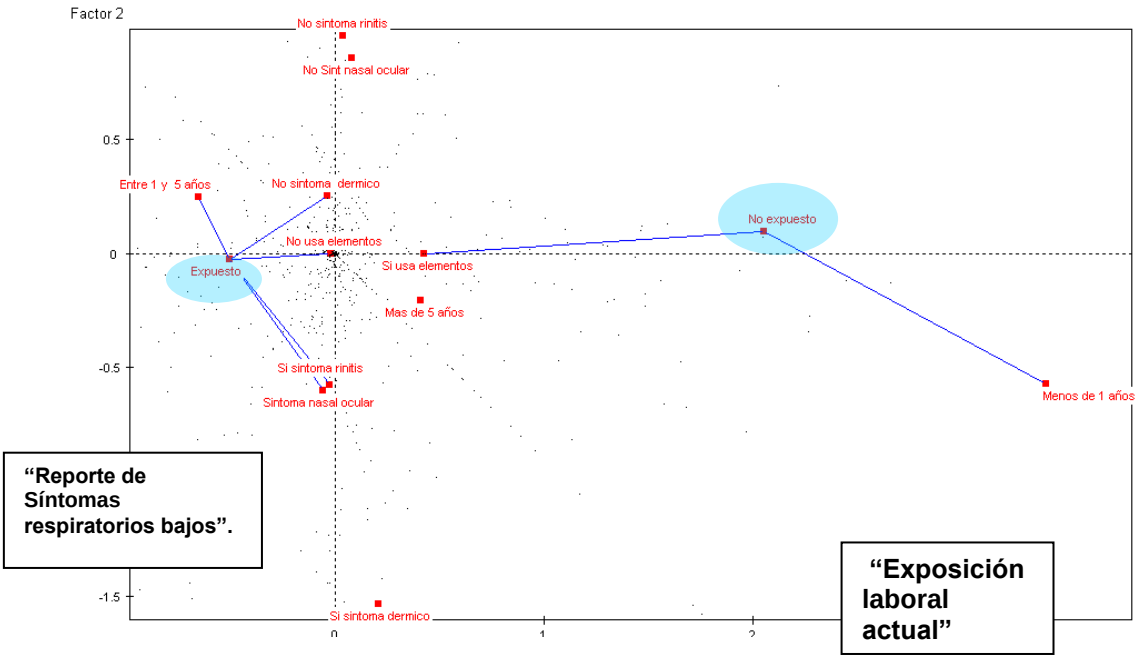


Figura 35. Plano factorial con las asociaciones entre la exposición laboral actual y reporte de síntomas respiratorios altos, oculares y dérmicos

En cuanto a la relación entre los factores de riesgo, la exposición a material particulado y la impresión diagnostica, se puede observar en el plano factorial (fig 36) que:

- El grupo de expuestos se asocia a presentar con mayor frecuencia: alteraciones nasales, oculares y dérmicas. Además presentan un mayor número de hallazgos espirometricos anormales principalmente de tipo mixto. Es de resaltar que estos individuos tienen hábitos de tabaquismo actualmente y presentan mayor respuesta al broncodilatador en la espirometría pre y post broncodilatador (hiperreactividad bronquial).
- Los no expuestos se caracterizan porque al examen clínico no se reportan ninguna alteración.

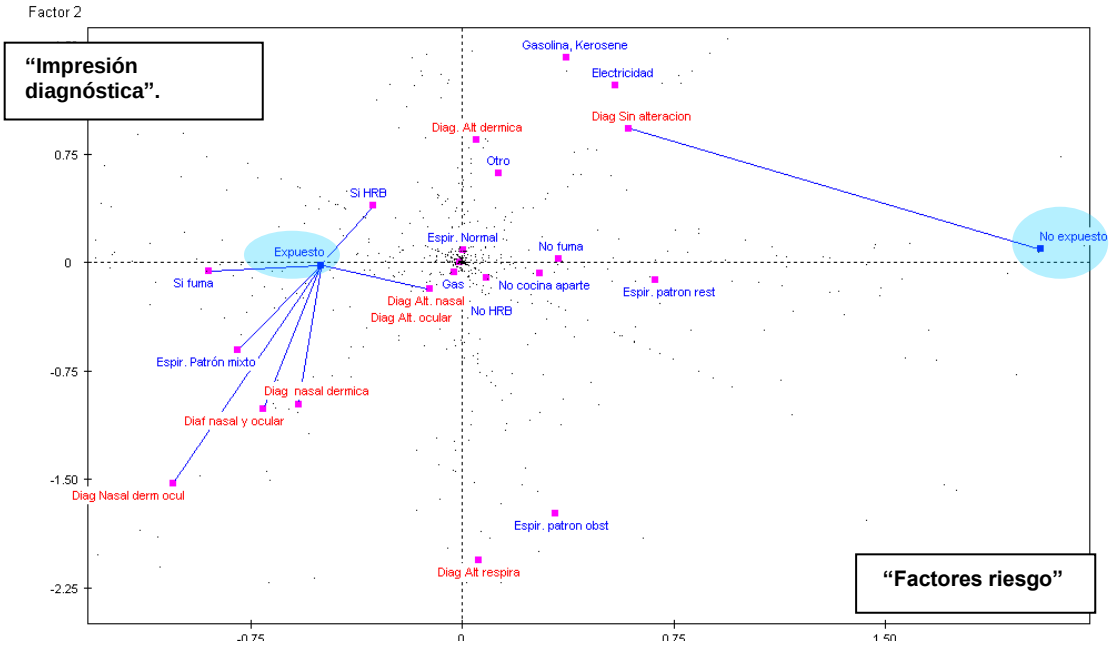


Figura 36. Plano factorial con las asociaciones entre factores de riesgo e impresión diagnostica.

- Según lo observado en el plano factorial presentado en la fig 36, la presencia de signos clínicos tiene una alta asociación a que se realice una impresión diagnostica de mayor concordancia, siendo más frecuente la presencia de alteraciones respiratorias y de otros sistemas en el grupo de los policías expuestos.
- Se determina que la concentración de material particulado es más alta en el grupo expuesto, y que está fuertemente relacionada con una mayor presentación de alteraciones en general, principalmente dérmicas en el examen clínico e hiperreactividad bronquial en la espirometría.

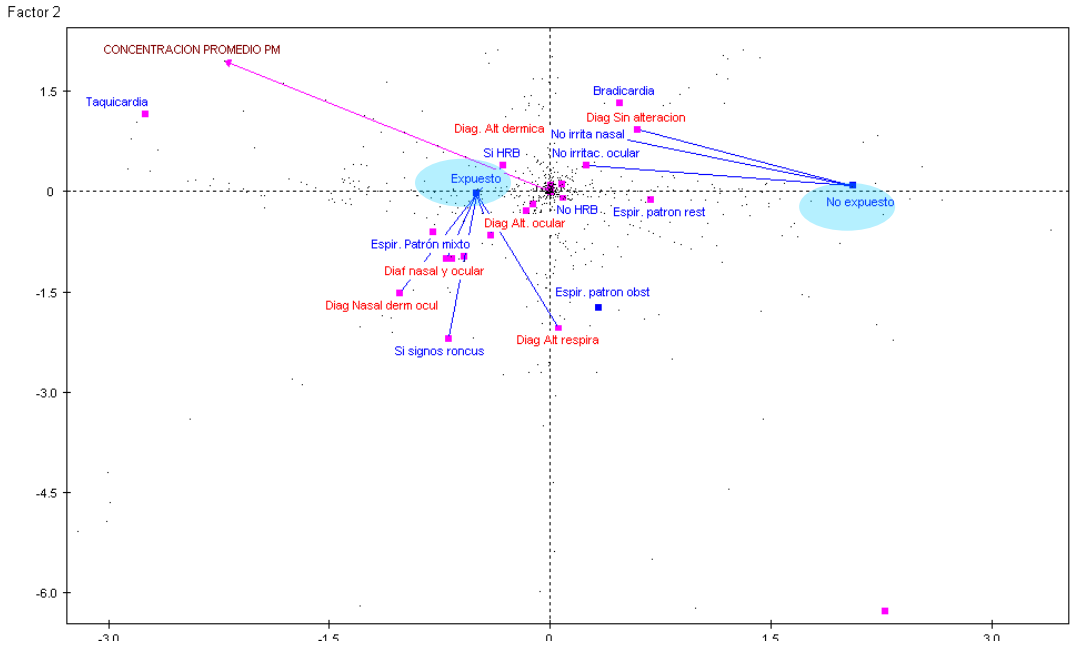


Figura 37.Plano factorial con las asociaciones entre signos clínicos, concentraciones de material particulado (PM) e impresión diagnostica.

4.3. COMPONENTE ANALITICO

Con el fin de cumplir con el cuarto y quinto objetivos definidos en el alcance del objeto correspondientes a : Validar la técnica analítica de cuantificación de los metabolitos 3-hidroxibenzo(a)pireno y 1-hidroxipireno como biomarcadores de exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y Cuantificar los metabolitos 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno como biomarcadores de exposición a material particulado en la población objeto de Studio, se presenta a continuación el informe y resultados de estas dos actividades.

4.3.1. Condiciones de la muestra.

La matriz donde se realizó el análisis para la identificación y cuantificación de los metabolitos de pireno y benzo(a)pireno, 1-hidroxipireno (1OHP) y 3-hidroxibenzo(a)pireno (3-BAP) fue orina recolectada al final de la jornada laboral de una población de policías de transito altamente expuesta a material particulado y otra de baja exposición.

Las muestras se tomaron luego de un examen clínico, se recolectaron en frascos de polietileno de alta densidad y fueron transportadas a la Universidad Nacional para su congelamiento a -20°C.

Las muestras congeladas, deben recibir el tratamiento que se describe a continuación para poder ser analizadas por cromatografía de gases acoplada a detector de masas.
La muestra se descongeló a temperatura ambiente, una vez hecho esto, se ajustó el pH de la orina a 5 con un buffer de acetato y en un balón aforado de 10 mL, se adicionó 20µL de β-glucoronidasa e igual cantidad de Arilsulfatasa y se llevó a volumen con la orina bufferizada.

Esta solución se llevó a un baño de María a 37°C por 18 horas para que se diera la deconjugación enzimática, es decir, desligar de los analitos de interés los grupos sulfato y acido glucorónico que, por reacciones de fase II, se hayan podido ligar.

Pasada la deconjugación enzimática, la muestra se hizo pasar a través de un cartucho de extracción en fase sólida relleno con fase estacionaria C18, con la finalidad de separar los analitos de interés de las sustancias polares que pudieran estar presentes en la muestra. Posteriormente se eluyó la mezcla de sustancias retenidas con tres volúmenes sucesivos de 2 ml de acetonitrilo.

La solución eluida se llevó a sequedad y se redisolvió con 2 ml de acetonitrilo, se cargo en un vial ámbar y se llevo a cromatografía de gases con detector de masas para su separación y cuantificación.

4.3.2. Respuesta cromatográfica.

Es importante resaltar que la matriz a estudiar es una matriz biológica compleja, la cual puede variar su composición de individuo a individuo, dependiendo de los alimentos o medicamentos consumidos, así como de su propia función renal.

El método analítico usado para la detección y cuantificación de los metabolitos citados fue cromatografía de gases acoplada a espectrómetro de masas, el equipo utilizado es

un equipo SHIMADZU QP2010, la columna utilizada es una DB5 de 30 m x 0.25 mm ID de sílica fundida de 1 µm de espesor de recubrimiento interno.

Se utilizó una metodología de gases masas en lugar de una de cromatografía líquida con detector de fluorescencia, debido a que la primera es una técnica mucho mas sensible que permite una cuantificación de concentraciones mucho mas bajas que la primera. Igualmente, esta metodología es considerada como de Primera Elección como método estándar de comparación por la AOAC (Asociación Americana de Química Analítica)

4.3.3. Condiciones de la validación de la técnica analítica

La técnica analítica utilizada para la cuantificación de 3-BAP y 1-OHP, se validó en los siguientes parámetros:

4.4. Selectividad

La especificidad se evaluó por inyección de estándar y muestra enriquecida con los analitos luego de un proceso de fotolisis por exposición a luz ambiente por una semana, se encontró que no hay respuestas que interfieran con el análisis por coelución a tiempos de retención cercanos a los de los analitos de interés.

En lo concerniente a la selectividad, se calculó la resolución entre las respuestas cromatográficas para el analito de interés y las demás respuestas cromatográficas usando como criterio de aceptación que la resolución sea mayor de 2.

4.5. Linealidad del sistema

La linealidad del sistema se comprobó mediante inyecciones sucesivas de estándares a siete niveles de concentración de 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno. (ver anexo 1).

Se hicieron los siguientes test para demostrar la linealidad del sistema tanto para 1-OHP como para 3-BAP.

4.5.1. Test para el coeficiente de correlación

Se calculó el valor t de la distribución t de student con una probabilidad de 0,005 y n-2 grados de libertad.

4.5.2. Test para la pendiente

Se calculó el valor t de la distribución t de student con una probabilidad de 0,005 y n-2 grados de libertad.

4.5.3. Test de convergencia al origen

Se calculó el valor t de la distribución t de student con una probabilidad de 0,005 y n-2 grados de libertad.

4.5.4. Análisis de varianza para la regresión

Se realizó la prueba estadística F de Fischer para comprobar la regresión entre las dos variables

4.5.5. Análisis de varianza para la linealidad

Se realizó la prueba estadística F de Fischer para comprobar que no hay desvió de la linealidad

4.6. Linealidad del método

La linealidad del método se comprobó mediante inyecciones sucesivas de muestras enriquecidas a siete niveles de concentración de 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno.

4.6.1. Test para el coeficiente de correlación

Se calculó el valor t de la distribución t de student con una probabilidad de 0,005 y n-2 grados de libertad.

4.6.2. Test para la pendiente

Se calculó el valor t de la distribución t de student con una probabilidad de 0,005 y n-2 grados de libertad.

4.6.3. Test de convergencia al origen

Se calculó el valor t de la distribución t de student con una probabilidad de 0,005 y n-2 grados de libertad.

4.6.4. Análisis de varianza para la regresión

Se realizó la prueba estadística F de Fischer para comprobar la regresión entre las dos variables

4.6.5. Análisis de varianza para la linealidad

Se realizó la prueba estadística F de Fischer para comprobar que no hay desvío de la linealidad

4.7. Precisión y exactitud

4.7.1. Precisión del sistema

La precisión del sistema se calculó mediante inyecciones sucesivas de la misma muestra, es este caso se inyecto seis veces un estándar de la misma concentración, luego de esto se calculó la desviación estándar de la serie de datos.

Se usó como criterio de aceptación que la desviación estándar fuera menor al 21,44%, valor calculado de la ecuación de Horwitz, y se encontró que la desviación tiene un valor de 1,286, por lo tanto se puede afirmar que el sistema es preciso.

4.7.2. Exactitud

Para esta fase de la validación se midieron por triplicado tres niveles de concentración de muestras enriquecidas, los niveles de concentración se escogieron de los valores límite de la curva de calibración y un valor intermedio. La concentración se calculó por interpolación en la ecuación de la recta de la curva de calibración. Se aplica una prueba t, calculando t experimental con un intervalo de confianza del 95% para comprobar que el porcentaje de recuperación no es significativamente diferente al 100%.

4.7.2.1. Test de Cochram

Este test mide la varianza entre grupos para identificar si la concentración afecta el porcentaje de recuperación.

4.8. Precisión intermedia

En esta etapa de la validación se realizaron preparaciones de tres diferentes muestras en días diferentes y analistas diferentes, para entrar a considerar el error sistemático dentro del método, originados por el analista.

Promedio valoración M1, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	460,47
RSD para los análisis inter día e inter analista	1,27%
Promedio valoración M2, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	207,88
RSD para los análisis inter día e inter analista	4,53%
Promedio valoración M3, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	346,70
RSD para los análisis inter día e inter analista	0,85%

Tabla 30: Resultados de concentraciones de 1-hidroxipireno para tres diferentes muestras preparadas en dos días diferentes por analistas diferentes.

Promedio valoración M1, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	99,04
RSD para los análisis inter día e inter analista	3,05%

Promedio valoración M2, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	79,05
RSD para los análisis inter día e inter analista	1,23%

Promedio valoración M3, analista 1 día 1 y analista 2 dia 2	60,15
RSD para los análisis inter día e inter analista	3,40%

Tabla 31: Resultados de concentraciones de 3-hidroxibenzo(a)pireno para tres diferentes muestras en preparadas en dos días diferentes por analistas diferentes

4.9. Limite de detección y límite de cuantificación

El límite de detección y cuantificación se halló instrumentalmente preparando soluciones de 0,464 ng/L. 0,92 ng/L y 2,32 ng/L para el 1-OHP y de 0,176 pg/L, 0,704 pg/L y 1,408 pg/L para el 3-BAP. La mínima concentración para los dos metabolitos se escogió basada en los resultados arrojados por el cálculo teórico.

A continuación se muestra en una tabla los resultados obtenidos para cada una de las fases de la validación de la técnica analítica.

PARAMETRO	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO		CONCLUSION
1-Especificidad	**La matriz y los posibles productos de degradación no interfieren en la identificación y cuantificación del principio activo evaluado.**		**No existen interferencias**		**CUMPLE**
2-Precision del sistema	**RSD < 21,44**		**3,477**		**CUMPLE**
3- Exactitud	**t exp < t (α, n-1)**		**texp**	**4,62**	
	t=	**2,31**			
	G exp < G (k,n)		**Gexp**	**0,75**	**CUMPLE**
	G=	**0,871**			
4-Linealidad del Sistema					
4.1 Test de correlación	**t exp > t (α, n-1)**		**texp**	**101,73**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
4.2 Test para la pendiente	**t exp > t (α, n-1)**		**texp**	**71,87**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
4.3 Test para el intercepto	**t exp < t (α, n-1)**		**texp**	**2,53**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
4.4 ANOVA					
4.4.1 Regresión	**F exp > F (α,v1, v2)**		**F exp**	**5165,8**	**CUMPLE**

	F=	**4,75**			
4.4.2 Desvío de la linealidad	**F exp < F (α,v1, v2)**		**F exp**	**0,002**	**CUMPLE**
	F=	**3,97**			
5-Linealidad del Metodo					
5.1 Test de correlación	**t exp > t (α, n-1)**		**texp**	**42,87**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
5.2 Test para la pendiente	**t exp < t (α, n-1)**		**texp**	**30,17**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
5.3 Test para el intercepto	**t exp < t (α, n-1)**		**texp**	**2,51**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
5.4 ANOVA					
5.4.1 Regresion	**F exp > F (α,v1, v2)**		**F exp**	**910,12**	**CUMPLE**
	F=	**4,75**			
5.4.2 Desvio de la linealidad	**F exp < F (α,v1, v2)**		**F exp**	**0,01**	**CUMPLE**
	F=	**3,97**			
6-Límite de Detección	**LIMITES TEORICOS**			**0,43**	

y		**1,43**	
		0,92	
Cuantificación (ng/L)	**LIMITES INSTRUMENTALES**	2,32	

Tabla 32: Resultados para la validación de la técnica para el metabolito 1-OHP

PARAMETRO	**ESPECIFICACIÓN**		**RESULTADO**		**CONCLUSION**
1-Especificidad	**La matriz y los posibles productos de degradación no interfieren en la identificación y cuantificación del principio activo evaluado.**		**No existen interferencias**		**CUMPLE**
2-Precision del sistema	**RSD < 21,44**		**3,477**		**CUMPLE**
3- Exactitud	**t exp < t (α, n-1)**		**texp**	**10,41**	
	t=	**2,31**			
	G exp < G (k,n)		**Gexp**	**0,75**	**CUMPLE**
	G=	**0,871**			
4-Linealidad del Sistema					
4.1 Test de correlación	**t exp > t (α, n-1)**		**texp**	**115,66**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
4.2 Test para la pendiente	**t exp > t (α, n-1)**		**texp**	**80,79**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
4.3 Test para el intercepto	**t exp < t (α, n-1)**		**texp**	**0,42**	**CUMPLE**
	t=	**3,43**			
4.4 ANOVA					
4.4.1 Regresion	**F exp > F (α,v1, v2)**		**F exp**	**6679,2**	**CUMPLE**
	F=	**4,75**			
4.4.2 Desvio de la	**F exp < F (α,v1, v2)**		**F exp**	**0,002**	**CUMPLE**

linealidad	F=	3,97			
5-Linealidad del Método					
5.1 Test de correlación	**t exp > t (α, n-1)**		**texp**	**160,14**	**CUMPLE**
	t=	**2,18**			
5.2 Test para la pendiente	**t exp < t (α, n-1)**		**texp**	**73,36**	**CUMPLE**
	t=	**2,18**			
5.3 Test para el intercepto	**t exp < t (α, n-1)**		**texp**	**0,72**	**CUMPLE**
	t=	**2,18**			
5.4 ANOVA					
5.4.1 Regresion	**F exp > F (α,v1, v2)**		**F exp**	**2849,89**	**CUMPLE**
	F=	**4,75**			
5.4.2 Desvío de la linealidad	**F exp < F (α,v1, v2)**		**F exp**	**0,001**	**CUMPLE**
	F=	**3,97**			
6-Límite de Detección y Cuantificación (pg/L)	**LIMITES TEORICOS**		**0,211**		
			0,703		
	LIMITES INSTRUMENTALES		**0,704**		
			1,408		

Tabla 33: Resultados para la validación de la técnica para el metabolito 3-BAP

5. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS DEL COMPONENTE ANALITICO

Con el fin de cumplir con el objetivo de cuantificar los metabolitos 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno en orina como Biomarcadores de exposición a material particulado en los policías objeto de estudio, las muestras se analizaron por cromatografía de gases acoplada a masas y se cuantificaron por estándar externo, por comparación de las respuestas.

En el Anexo 2 de este documento se presentan los valores obtenidos para cada uno de los policías evaluados.

Es de vital importancia observar el comportamiento de las variables de estudio. En este estudio, es importante establecer cómo se comportan las concentraciones de 1-OHP y 3-BAP en la muestra de policías de tránsito.

Para dar alcance al objetivo de analizar las posibles relaciones entre las variables definidas en el estudio se realizó el análisis que se presenta a continuación.

5.1. Análisis de los resultados de concentraciones de 1-hidroxipireno (1-OHP) en la muestra estudiada.

Para los 524 policías de los cuales se obtuvieron muestras evaluadas, se tiene que 49 de ellos (9.35%), presentaron concentraciones de 1-OHP por debajo de los límites de cuantificación, situación que no afecta las estimaciones de las medianas de la población, pero que si presenta diferencias en sus medias.

A continuación se presenta la distribución de la población para los percentiles 25, 50 y 75.

PERCENTIL	25	50	75
1-OHP ng/L	62,14	129,59	231,81

Tabla 34: distribución de la población en percentiles

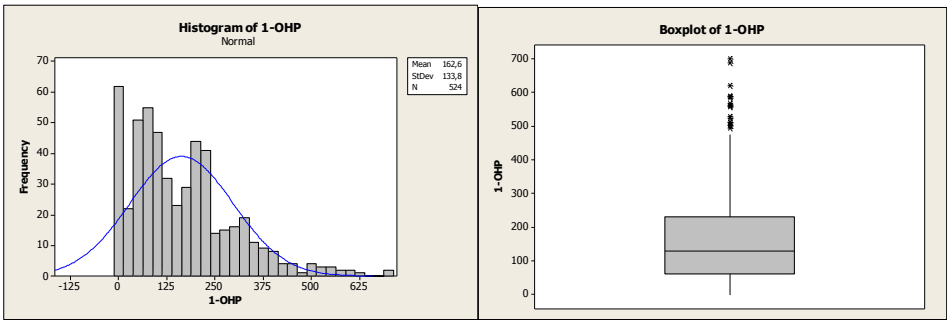


Figura 38.Distribución de la población

Posteriormente se estableció la relación entre estas concentraciones y el nivel de exposición de los policías, clasificados como (Expuestos: Trabaja en la calle, y No expuesto: Trabaja en oficina) y la relación entre estas concentraciones y factores diferentes a la exposición ambiental como el fumar o no y haber digerido alimentos asados en los últimos tres días antes de la toma de la muestra.

Para establecer la relación entre estas concentraciones y el nivel de exposición de los policías es importante ver las diferencias entre las concentraciones tanto de 1-OHP como de 3-BAP en los grupos establecidos (Expuestos vs No expuestos), con el fin de detectar si estas difieren significativamente.

Esto se logra mediante la comparación entre los parámetros de localización en cada grupo, comúnmente esta comparación se realiza a través de una prueba T-test, pero esta exige que la distribución de la variable de estudio sea normal, situación que no se cumple en nuestro caso (ver figuras 1 y 2), pues ninguna de las concentraciones presentan una distribución normal, razón por la cual es necesario realizar está comparación mediante un procedimiento no paramétrico que permita determinar si efectivamente las concentraciones de 1-OHP Y 3-BAP difieren estadísticamente.

Este procedimiento se realizó mediante la prueba de Mann-Whitney que compara medianas en los dos grupos.

Realizando el procedimiento para la comparación del metabolito 1-OHP, se consideran los 524 policías evaluados, aunque en 49 de ellos no se tiene certeza de la verdadera concentración de esta sustancia, el procedimiento puede ser aplicado debido a que se conoce que en estos 49 policías las concentraciones de 1-OHP, fueron menores al límite de cuantificación.

Con lo anterior, se determinó la mediana y se hizo la comparación, obteniéndose que, con un nivel de significancia del 95%, existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis de igualdad entre las medianas de estas poblaciones, lo que nos permite concluir que la concentración de 1-OHP es mayor en el grupo de expuestos que en el de no expuestos.

5.1.1. Test de Mann-Whitney para Concentración de 1-OHP EXPUESTOS. Concentración de 1.OHP NO EXPUESTOS

Mann-Whitney Test and CI: Expuesto. No expuesto

```
                N  Median
Expuesto      413  173,12
No expuesto   111   58,56


Point estimate for ETA1-ETA2 is 90,38
95,0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (69,41.114,10)
W = 119604,0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 > ETA2 is significant at 0,0000
The test is significant at 0,0000 (adjusted for ties)
```

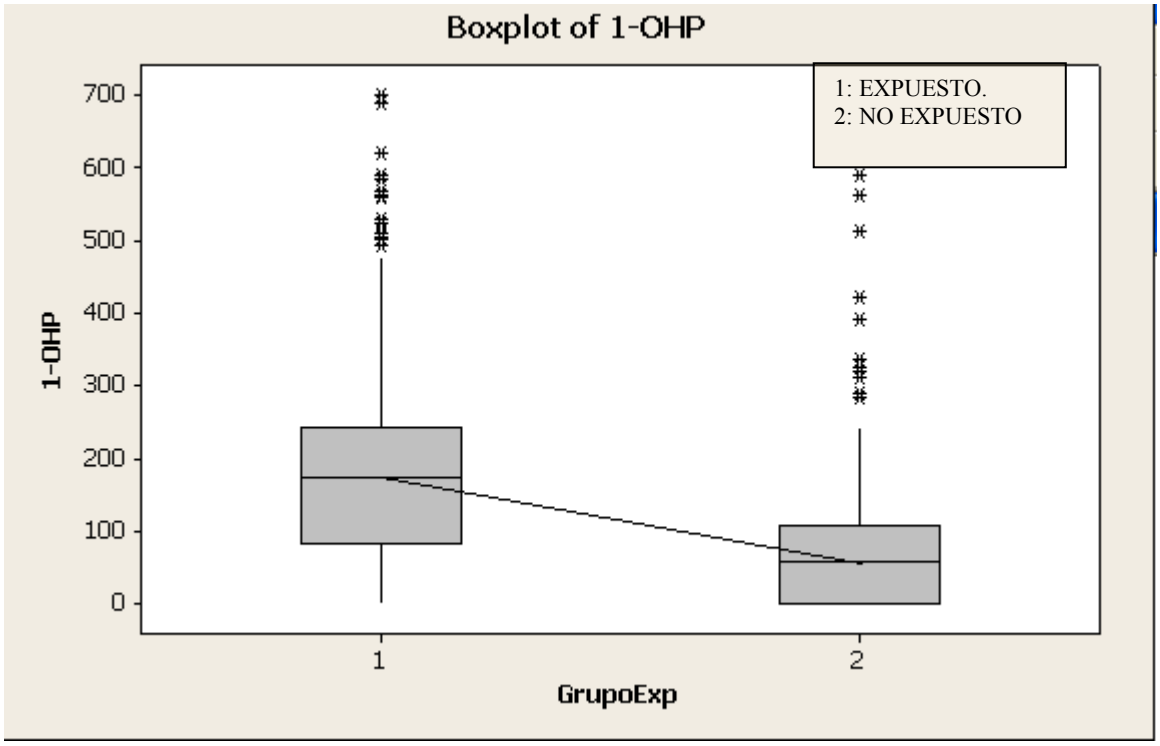


Figura 39. Box plot para población expuesta y no expuesta, muestra que hay una diferencia significativa entre las concentraciones de 1-OHP en población expuesta y no expuesta.

En cuanto al segundo objetivo y considerando como un factor de riesgo importante el hábito de fumar de los policías, se obtuvo que para los 524 policías presentes en el análisis para las concentraciones de 1-OHP, el fumar es un factor muy importante para presentar altas concentraciones, pues con un 95% de confianza las concentraciones de 1-OHP en el grupo de fumadores son más altas que en grupo de no fumadores.

5.1.2. Test de Mann-Whitney para concentración de 1-OHP en fumadores y no fumadores.

Mann-Whitney Test and CI: Fumadores. No fumadores

```
                N  Median
Fumadores     183  196,28
No fumadores  341  110,82


Point estimate for ETA1-ETA2 is 57,89
95,0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (33,95.83,10)
W = 56349,0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 > ETA2 is significant at 0,0000
The test is significant at 0,0000 (adjusted for ties)
```

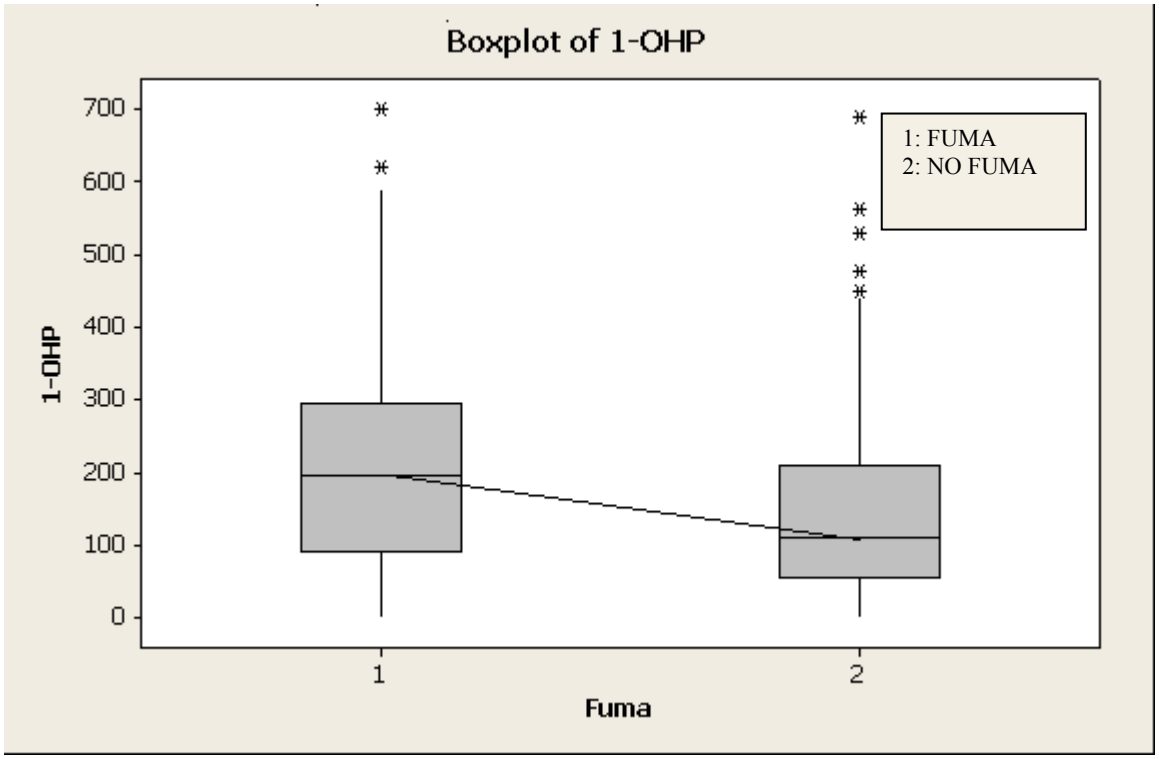


Figura 40. Box plot para población con habito de tabaquismo y no, muestra que hay una diferencia significativa entre las concentraciones de 1-OHP en población expuesta y no expuesta.

Análogamente, al considerar como un factor de riesgo importante el consumo de alimentos asados, se obtiene que para los 524 policías presentes en el análisis para las concentraciones de 1OHP, el consumir alimentos asados dentro de los tres días previos a la toma de la muestra es un factor asociado a presentar altas concentraciones, pues con un 95% de confianza las concentraciones de 1OHP en el grupo de los policías que han consumido alimentos asados son más altas que en grupo de los que reportaron no haber consumido.

5.1.3. Test de Mann-Whitney para concentraciones de 1OHP en población que reportó el consumo de alimentos asados y los que no.

Mann-Whitney Test and CI: Consume. No consume

```
              N  Median
Consume     418  140,88
No consume  106   95,65


Point estimate for ETA1-ETA2 is 28,57
95,0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (1,33.53,66)
W = 112961,0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 > ETA2 is significant at 0,0101
The test is significant at 0,0100 (adjusted for ties)
```

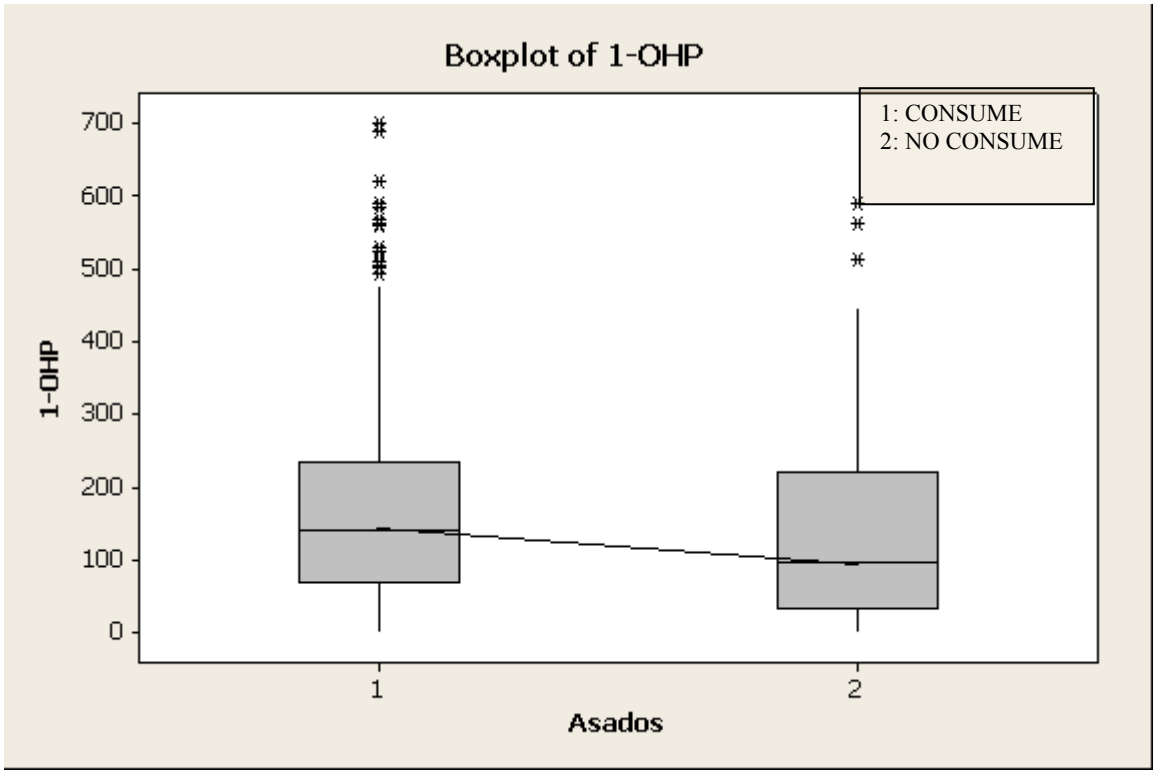


Figura 41. Box plot para población que reportó consumo de alimentos asados en días anteriores a la toma de muestras, muestra que hay una diferencia significativa entre las concentraciones de 1-OHP en población expuesta y no expuesta.

5.1. Análisis de las concentraciones de 3-OHP encontradas en la población estudiada.

En cuanto a la concentración de 3BAP, la técnica utilizada presento 344 muestras por debajo del límite de detección, situación que no permite realizar un procedimiento inferencial debido a que no se tiene certeza del valor de concentración para el 65.64% de los policías evaluados, aunque se sabe que la concentración de estos fue menor a 5,7 pg/L.

Al realizar un análisis descriptivo para los 180 policías que se encontraron dentro de los limites de cuantificación de la técnica utilizada, se tiene que de estos 180 policías, 175 (97.22%) pertenecen al grupo de operativos, mientras que el restante 2.78% pertenecen al grupo de administrativos por lo tanto, no se encuentran diferencias significativas en las concentraciones de 3BAP en el grupo de expuestos y no expuestos.

Figura 42. Distribución de la población expuesta y no expuesta que presentaron niveles cuantificables de 3-BAP.

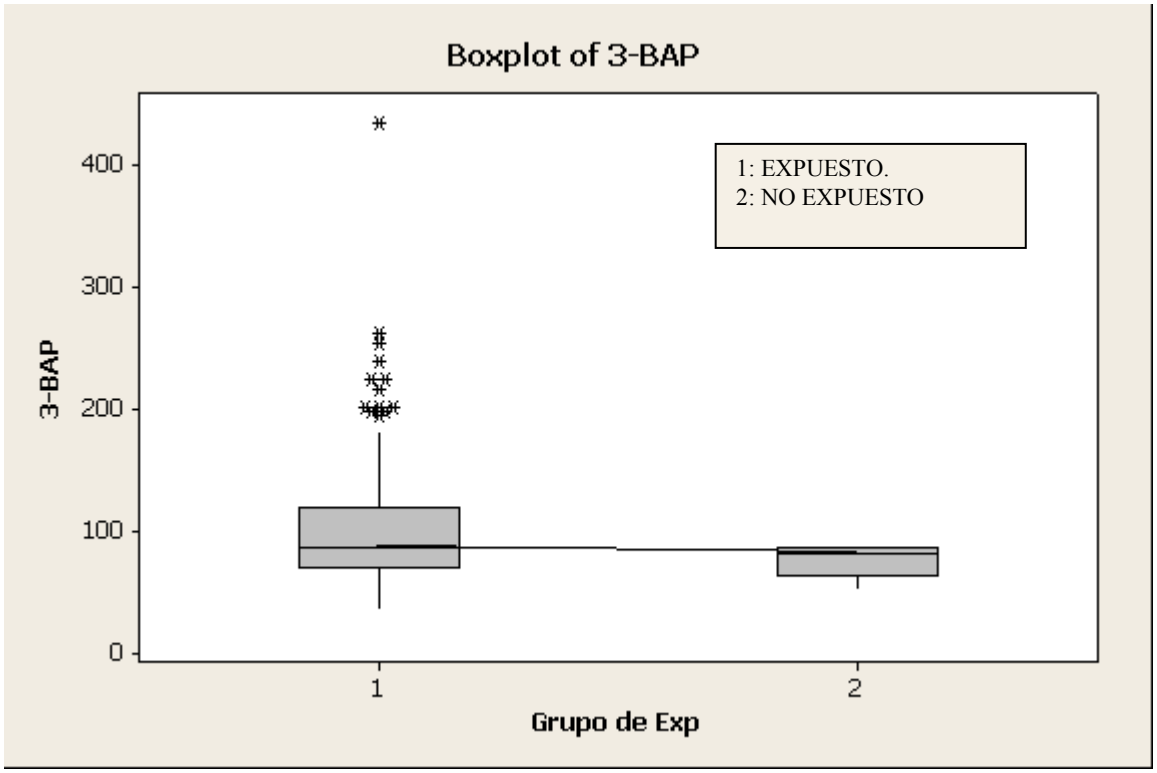


Figura 43.Box plot para concentración de 3-BAP a niveles cuantificables en población expuesta y no expuesta, muestra que no hay una diferencia significativa entre las concentraciones de este metabolito.

Teniendo en cuenta el factor de riesgo asociado al tabaquismo se tiene que el 49% presentan hábitos de tabaquismo y el restante 51% no lo presentan. Tampoco se evidencia diferencias entre las concentraciones de 3BAP entre fumadores y no fumadores.

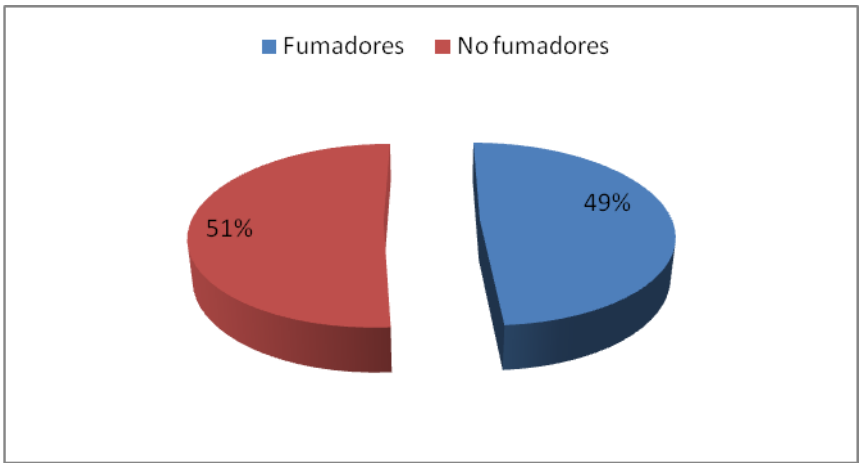


Figura 44. Distribución de la población con hábito de tabaquismo y no, que presentaron niveles cuantificables de 3-BAP.

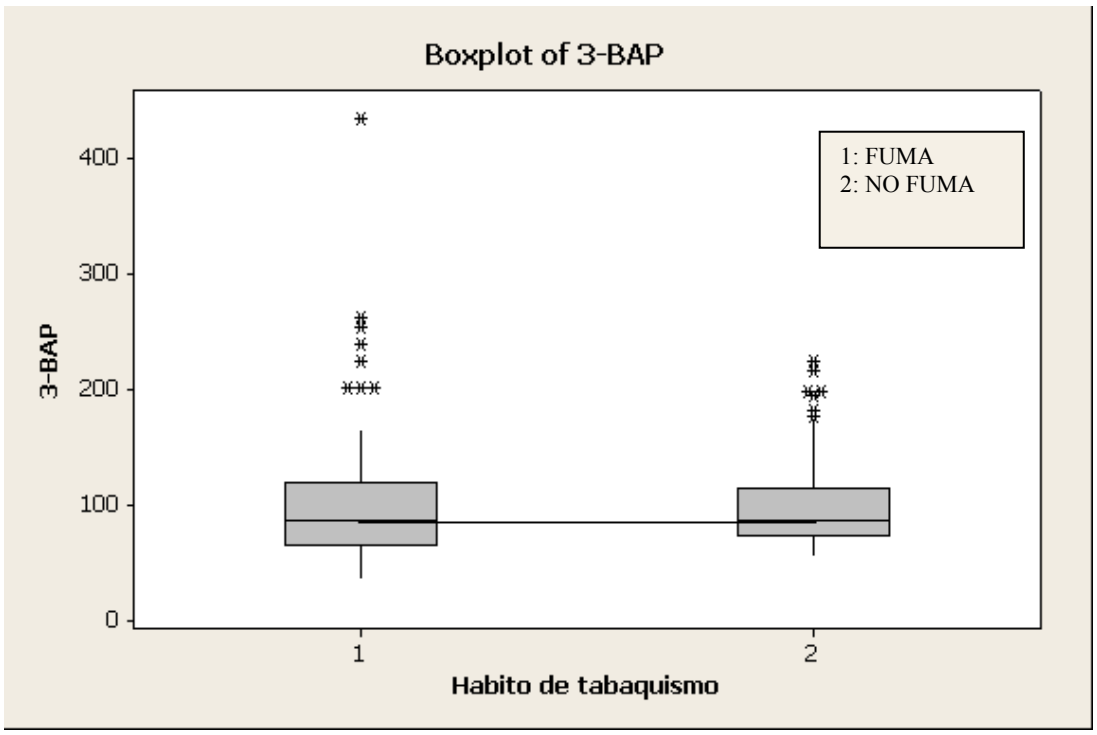


Figura 45. Box plot para concentración de 3-BAP a niveles cuantificables en población con habito de tabaquismo y no, muestra que no hay una diferencia significativa entre las concentraciones de este metabolito.

De los 175 operativos, el 52% no presenta hábitos de tabaquismo, mientras que de los 5 administrativos tan solo el 20% no presenta hábitos de tabaquismo.

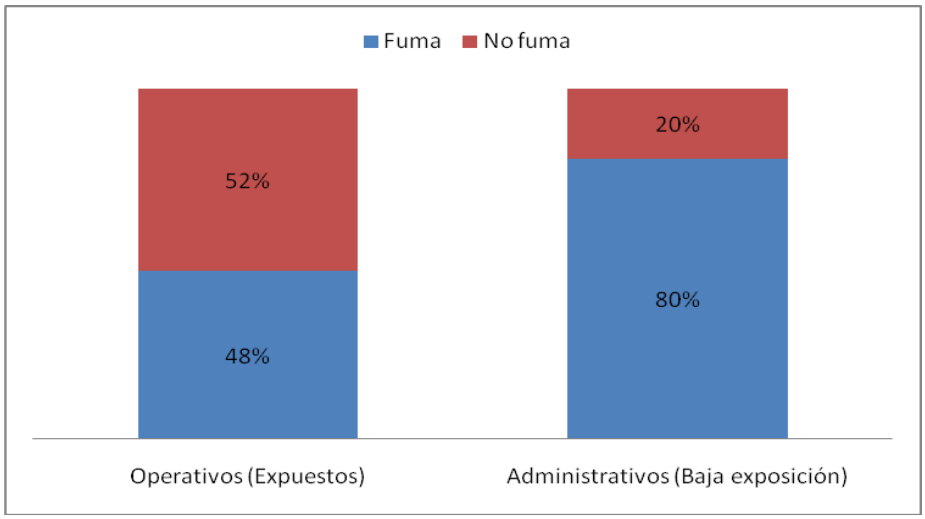


Figura 46.Distribución de la población con hábito de tabaquismo y no entre la población expuesta y no expuesta.

Dentro de los 175 policías, que hacen parte de los de exposición alta (operativos), con un 95% de confianza se puede concluir que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis de que la concentración de 3-BAP no presenta diferencias según el hábito de fumar de los policías operativos (de alta exposición).

5.1.4. Test de Mann-Whitney para concentraciones de 3-BAP en población fumadora y no fumadora.

Mann-Whitney Test and CI: Exp. Fumadores. Exp.No fumadores

```
                    N  Median
Exp. Fumadores     84   86,10
Exp.No fumadores   91   86,59


Point estimate for ETA1-ETA2 is -2,69
95,0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-12,68.7,54)
W = 7204,5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 > ETA2


Cannot reject since W is < 7392,0
```

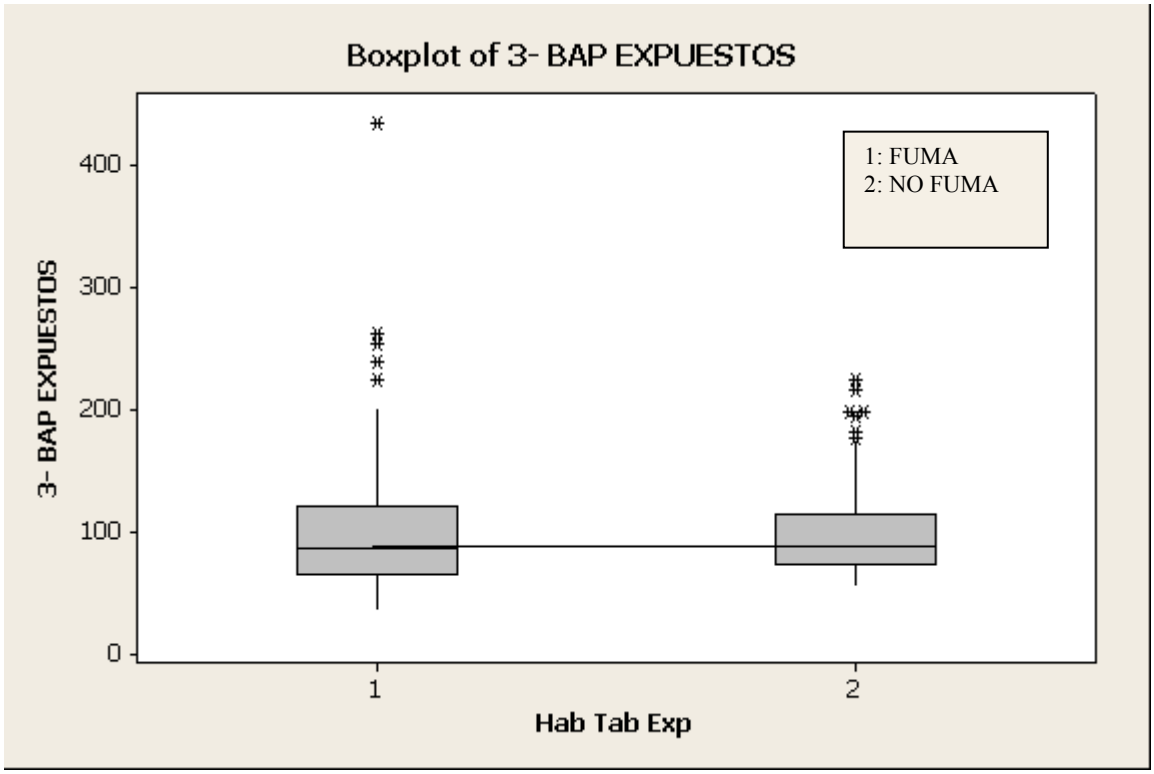


Figura 47. Box plot para concentración de 3-BAP a niveles cuantificables en población con hábito de tabaquismo y no, en población de alta exposición (operativos)

Al considerar el consumo de alimentos asados, de los 180 policías que presentaron niveles detectables de 3-BAP, 27 de ellos no reportaron haber consumido alimentos asados durante los últimos tres días, mientras que 153 habían consumido alimentos de este tipo. En este caso tampoco parece existir diferencias significativas en la concentración de 3-BAP entre los policías que habían consumido alimentos asados y los que no.

5.1.5. Test de Mann-Whitney para concentración de 3BAP en población que reporta el consumo de alimentos asados y los que no.

	N	Median
3bap asa	153	73,44
3bap no asa	27	76,61

Point estimate for ETA1-ETA2 is 1,30
95,0 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-5,19.8,92)
W = 13942,0
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 > ETA2 is significant at 0,3518
The test is significant at 0,3518 (adjusted for ties)

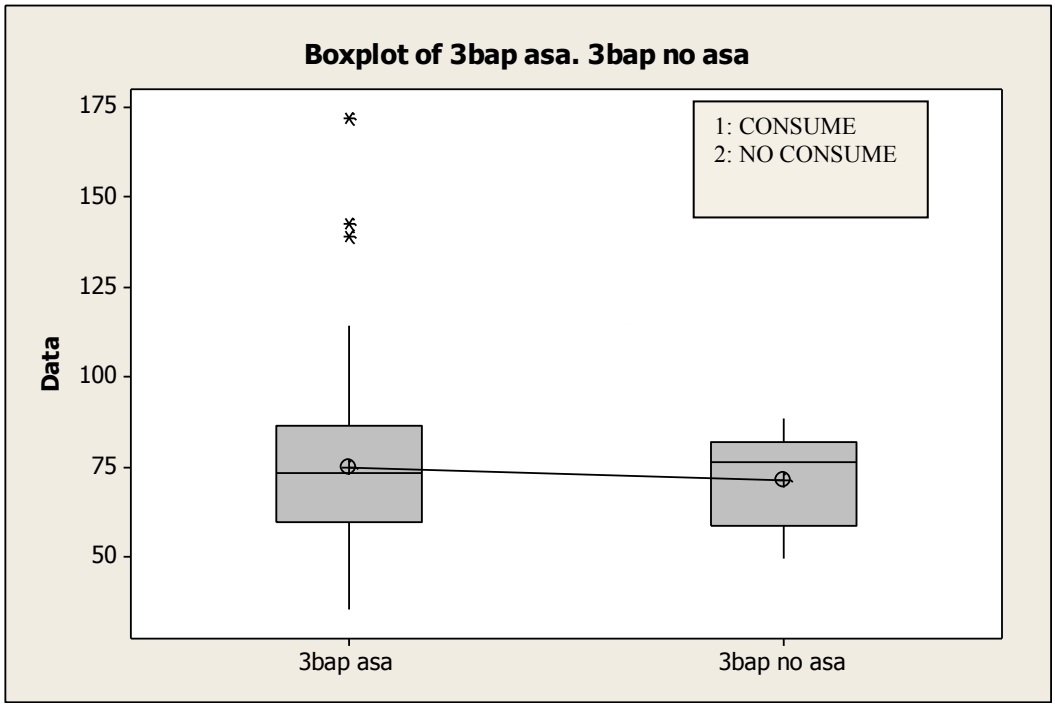


Figura 48. Box plot para concentración de 3-BAP a niveles cuantificables en población que reportó consumo de alimentos asados días antes de la toma de la muestra, muestra que no hay una diferencia significativa entre las concentraciones de este metabolito.

Para determinar las relaciones entre las concentraciones de 3-BAP, 1-OHP, localidades, concentración de material particulado PM10, y factores de riesgo como fumar y consumir alimentos asados, se realizó una Análisis en componentes principales (ACP) con las observaciones de los 180 policías para los cuales se tienen determinadas tanto las concentraciones de 1-OHP como las de 3-BAP.

Por las característica de las variables (Concentración de material particulado, concentración de 1-OHP y concentración de 3-BAP) de ser cuantitativas, se puede realizar un ACP que permite mostrar, de una manera visual, las correlaciones entre estas variables e introducir a estas relaciones, factores importantes como el habito de no fumar y la localidad en la que el policía desempeña sus labores, todo con el único fin de determinar posibles relaciones entre todas estas informaciones.

Al realizar el ACP, se obtiene que las variables que más se correlacionan son las concentraciones de 1-OHP y 3-BAP, es decir, que a valores altos de 1-OHP se presentan valores altos en 3-BAP; mientras que la correlación de estas con la concentración de material particulado a la cual están expuestos los 180 policías de tránsito es muy pequeña.

PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS
SUMMARY STATISTICS OF CONTINUOUS VARIABLES
TOTAL COUNT : 180 TOTAL WEIGHT : 180.00

NUM . IDEN - LABEL	COUNT	WEIGHT	MEAN	STD.DEV.	MINIMUM	MAXIMUM
1 . C2 - 1 HP	180	180.00	2417.53	768.04	1246.00	5367.00
2 . C3 - 3BAP	180	180.00	1459.33	383.19	680.00	3558.00
7 . C8 - PPMFIN	180	180.00	128.78	28.62	86.05	226.77

CORRELATION MATRIX

	C2	C3	C8
C2	1.00		
C3	0.33	1.00	
C8	0.00	-0.05	1.00

Figura 49. Diagrama para análisis de componentes propios para concentraciones de 1-OHP, 3-BAP y material particulado.

Al observar el diagrama de valores propios, la información que se obtiene de estas tres variables es posible resumirla en dos factores importantes (reteniendo el 77.67% de variabilidad), el primer factor o eje nos da información sobre las concentraciones de 1-OHP y 3-BAP, mientras que el segundo recoge la información de la concentración de material particulado.

HISTOGRAM OF THE FIRST 3 EIGENVALUES

NUMBER	EIGENVALUE	PERCENTAGE	CUMULATED PERCENTAGE	
1	1.3312	44.37	44.37	**********
2	0.9989	33.30	77.67	**********
3	0.6699	22.33	100.00	**********

Analizamos dos ejes.

LOADINGS OF VARIABLES ON AXES 1 TO 3
ACTIVE VARIABLES

VARIABLES	LOADINGS					VARIABLE-FACTOR CORRELATIONS					NORMED EIGENVECTORS				
IDEN - SHORT LABEL	1	2	3	0	0	1	2	3	0	0	1	2	3	0	0
C2 - 1 HP	0.81	-0.14	-0.57	0.00	0.00	0.81	-0.14	-0.57	0.00	0.00	0.70	-0.14	-0.70	0.00	0.00
C3 - 3BAP	0.82	-0.01	0.58	0.00	0.00	0.82	-0.01	0.58	0.00	0.00	0.71	-0.01	0.71	0.00	0.00
C8 - PPMFIN	-0.12	-0.99	0.07	0.00	0.00	-0.12	-0.99	0.07	0.00	0.00	-0.11	-0.99	0.09	0.00	0.00

Figura 50. Diagrama de valores propios, para análisis de los factores concentración de 1-OHP y 3-BAP versus concentración de material particulado.

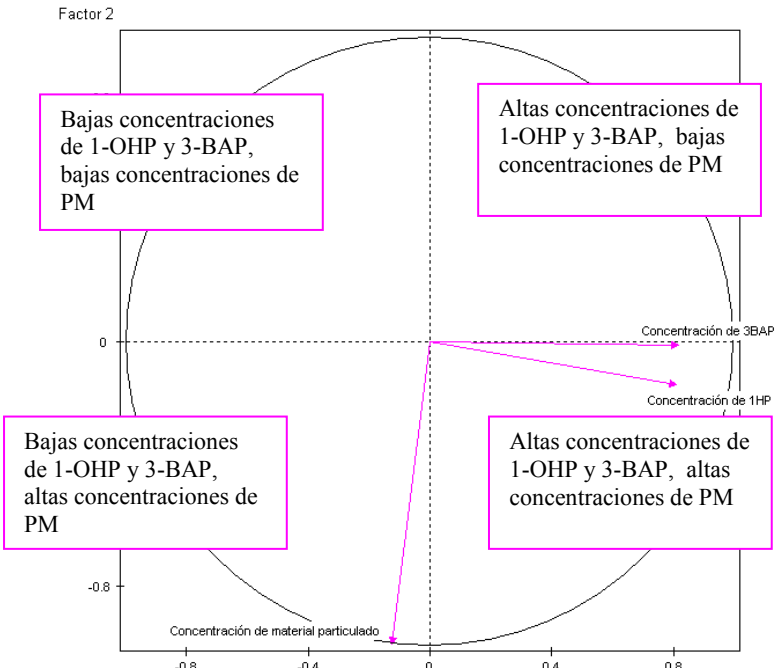
Al ubicar los policías medidos en el plano factorial establecido, podemos establecer que:

- Los policías que se ubican el cuadrante I son aquellos que presentan concentraciones de 1-OHP y 3-BAP mayor que el promedio, en general son no expuestos pero fuman, así podemos concluir que el fumar es un factor determinante en la concentración de estos metabolitos. Es decir que en la localidad de Teusaquillo se encuentran policías que presentan una concentración alta de 1-OHP y 3-BAP, y que esta concentración está asociada al hábito de fumar.

- La población que se ubica en el cuadrante II presenta concentraciones de 1-OHP, 3-BAP y material particulado PM10 inferiores al promedio, es decir que los policías que trabajan en las localidades de Suba, Chapinero y en las áreas 3, 5 y 12 presentan niveles de concentración de PM10 menores que el promedio y concentraciones tanto de 1-OHP como 3-BAP inferiores al promedio.

- En el cuadrante III se encuentran los policías que aunque están expuestos a una concentración de material particulado mayor que el promedio no presentan concentraciones de 1-OHP y 3-BAP altas. Los policías que trabajan en las localidades de Mártires, San Cristóbal y Santafé y en las áreas 16 y 14, son aquellos muy expuestos ambientalmente pero que presentaron bajas concentraciones de los metabolitos estudiados.

- Finalmente en el cuadrante IV se encuentran los policías que presentan altas concentraciones tanto de material particulado como de 1-OHP y 3-BAP, las localidades que presentan estas características son Kennedy y Bosa, y las áreas10 y 13. Es importante destacar que estas altas concentraciones también podrían ser debidas a sus hábitos de tabaquismo, evidenciándose una vez más la fuerte relación entre presentar altas concentraciones tanto de 1-OHP y 3-BAP y el hábito de tabaquismo.



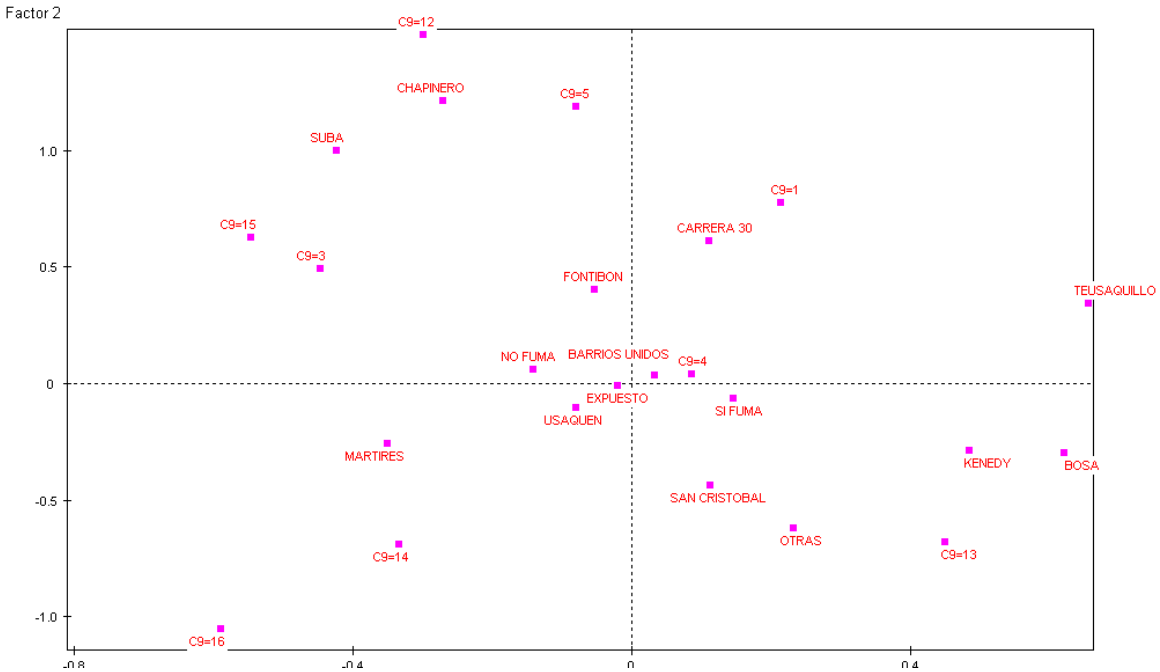


Figura 51. Diagrama de plano factorial donde se muestran cuatro cuadrantes donde se relaciona población expuesta y no expuesta con las variables concentración de 1-OHP, 3-BAP y material particulado PM10.

Al realizar una caracterización de los 180 policías, se puede determinar que existen tres grupos claramente diferenciados:

- El grupo 1 es el grupo de los **"No fumadores con bajas concentraciones tanto de 1-OHP, 3-BAP y material particulado."**, está formado por el 76.11%

de los 180 policías evaluados y se caracterizan por estar expuestos a concentraciones bajas de material particulado, no tener hábitos de tabaquismo y por consiguiente no presentar concentraciones altas de 1-OHP y 3-BAP. Las asociaciones presentes de este grupo permiten concluir que efectivamente, el estar ejerciendo en lugares de baja exposición incide en presentar bajos niveles de 1-OHP y 3-BAP.

- En el segundo grupo se encuentra el 4.44 % de los policías que se caracterizan por ser policías expuestos (operativos) con altos niveles de concentración a material particulado pero que presentan bajas concentraciones de 1-OHP y 3-BAP. Este grupo puede ser llamado como **"Policías expuestos a altas concentraciones de material particulado y con bajas concentraciones de 1-OHP y 3-BAP"**. Es de resaltar que el porcentaje de este grupo es muy pequeño con respecto al porcentaje de aquellos que presentando bajas concentraciones de material particulado, presentan también bajas concentraciones de 1-OHP y 3-BAP, al parecer, presentar bajas concentraciones de material particulado incide en presentar bajas concentraciones de 1-OHP y 3-BAP.

- Finalmente, existe un tercer grupo conformado por el 19.44% de los policías que se caracterizan por su habito de fumar y aunque no presentan niveles promedio de exposición a material particulado, si presentan altos niveles de 1-OHP y 3-BAP, esto permite concluir la gran incidencia que tiene el habito de fumar en la concentración de estas sustancias, así, este grupo puede ser llamado como **"Policías fumadores con altas concentraciones de 1-OHP y 3-BAP".**

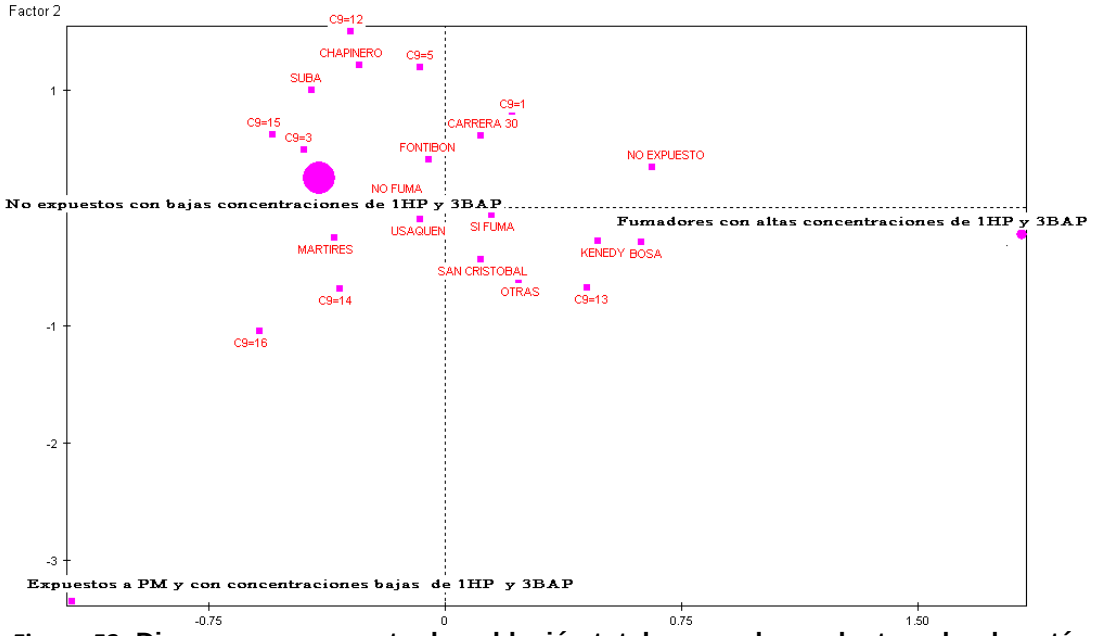


Figura 52. Diagrama que muestra la población total agrupada en clusters donde están presentes las variables concentración de 1-OHP. 3-BAP, tabaquismo y exposición a material particulado.

5.2. PREVALENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE 1OHP Y 3BAP VERSUS FACTORES DE RIESGO Tabaquismo vs 1 OHP

Tabla de contingencia Fuma * HP

Recuento

		HP		
		No detectable	Detectable	Total
Fuma	Fuma	17	166	183
	No fuma	44	297	341
Total		61	463	524

Tabla 35: muestra los recuentos de la población con hábitos de tabaquismo y no con concentraciones de 1-OHP cuantificable.

	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de las ventajas para tabaquismo (fuma / no fuma)	1,44	0,801	2,610

Tabla 36: muestra los valores de Odds Ratio para población con hábito de tabaquismo o no y niveles cuantificables de 1-OHP

La estimación del riesgo informa, por interpretación del valor de Odds Ratio, que existe 1,44 veces más probabilidad de encontrar el metabolito 1-OHP, en cantidades cuantificables, en población fumadora que en la población no fumadora.

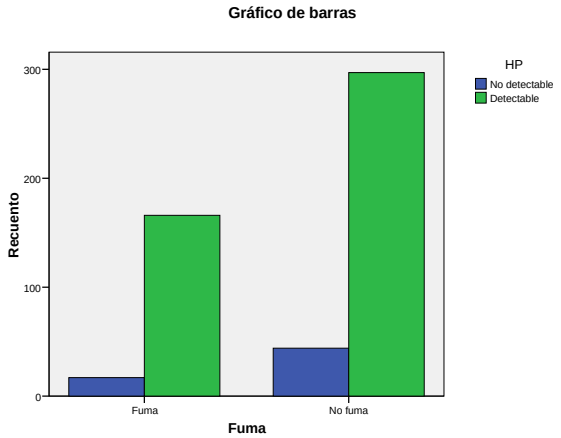


Figura 53. Gráfico de barras que muestra en recuento poblacional para población con habito de tabaquismo y presencia de 1-OHP a niveles cuantificables.

5.2.1. Tabaquismo vs 3-BAP

Tabla de contingencia

Recuento

		BAP		
		No detectable	Detectable	Total
tabaquismo	Fuma	95	88	183
	No fuma	249	92	341
Total		344	180	524

Tabla 37: muestra el recuento poblacional para población fumadora o no con niveles de 3-BAP cuantificable.

	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de las ventajas para tabaquismo (fuma / no fuma)	2,507	1,722	3,651

Tabla 38: muestra los valores de Odds Ratio para población con hábito de tabaquismo o no y niveles cuantificables de 3-BAP.

El Odds Ratio reporta que hay 2,507 veces más probabilidad de encontrar presencia de 3-BAP a niveles cuantificables en la población fumadora que la no fumadora.

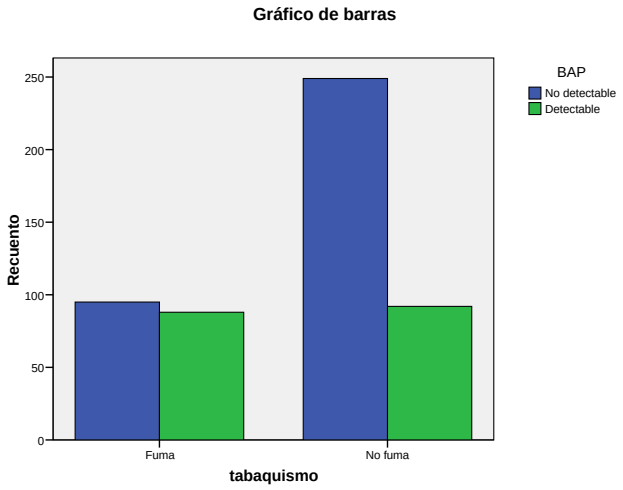


Figura 54. Gráfico de barras que muestra en recuento poblacional para población con hábito de tabaquismo y presencia de 3-BAP a niveles cuantificables.

5.2.2. Exposición vs 1-OHP

Tabla de contingencia Grupo * HP

Recuento

		HP		
		No detectable	Detectable	Total
Grupo	Operativo	27	386	413
	Administrativo	34	77	111
Total		61	463	524

Tabla 39: muestra el recuento poblacional para población expuesta y no expuesta con niveles de 1-OHP cuantificable.

	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de las ventajas para exposición(Operativo / administrativo	6,329	3,597	11,111

Tabla 40: muestra los valores de Odds Ratio para población expuesta y no expuesta con niveles cuantificables de 1-OHP.

El Odds Ratio muestra que hay 6,329 veces más probabilidad de encontrar 1-OHP en población expuesta que en población no expuesta.

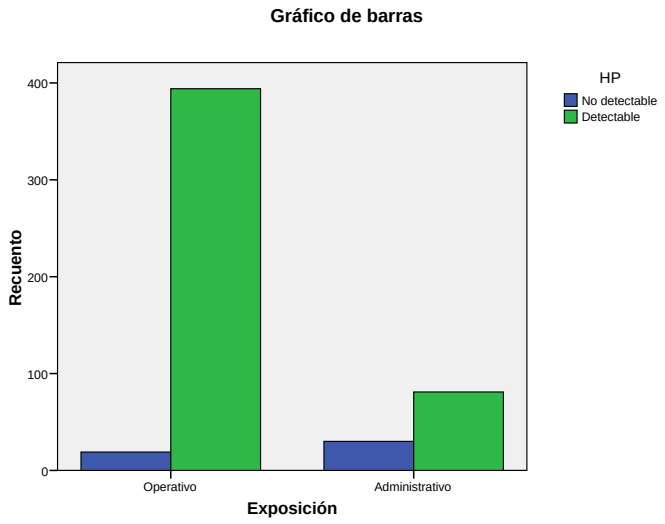


Figura 55. Grafico de barras que muestra en recuento poblacional para población expuesta y no expuesta con presencia de 1-OHP a niveles cuantificables.

5.2.3. Exposición versus 3BAP

Tabla de contingencia

Recuento

		BAP		
		No detectable	Detectable	Total
Exposición	Operativo	238	175	413
	Administrativo	106	5	111
Total		344	180	524

Tabla 41: muestra el recuento poblacional para población expuesta y no expuesta con niveles de 3-BAP medidos.

	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de las ventajas para exposición(Operativo / administrativo	15,588	6,225	39,035

Tabla 42: muestra los valores de Odds Ratio para población expuesta y no expuesta con niveles de 3-BAP.

El Odds Ratio, permite inferir que hay 15,588 veces más probabilidad de que la población de expuestos ambientalmente u operativos tengan niveles de 3-BAP cuantificables que los no expuestos.

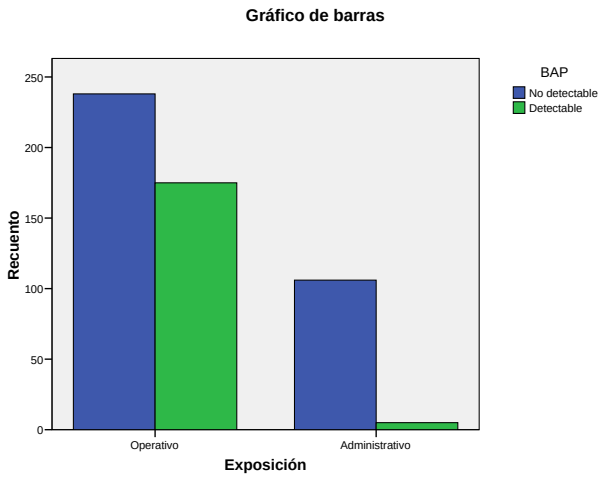


Figura 56. Grafico de barras que muestra en recuento poblacional para población expuesta y no expuesta con presencia o ausencia de 3-BAP.

5.2.4. Consumir alimentos asados versus 1-OHP

Tabla de contingencia Asado * HP

Recuento

		HP		
		No detectable	Detectable	Total
Asado	Consume	43	375	418
	No consume	18	88	106
Total		61	463	524

Tabla 43: muestra el recuento poblacional para población que reporta consumo de alimentos asados y niveles ce 1-OHP.

	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de las ventajas para consumo de alimentos asados(Si consume / No consume	1,782	0,981	3,236

Tabla 44: muestra los valores de Odds Ratio para población que reportó el consumo de alimentos asados y niveles de 1-OHP.

Esta variable, se tomó en cuenta ya que, al igual que el tabaquismo, es una variable de confusión. Se puede inferir que, según el Odds Ratio, hay 1,782 veces más probabilidad de encontrar 1-OHP a niveles cuantificables en población que haya reportado el consumo de alimentos asados en los tres días anteriores a la toma de la muestra que en los que no lo hicieron.

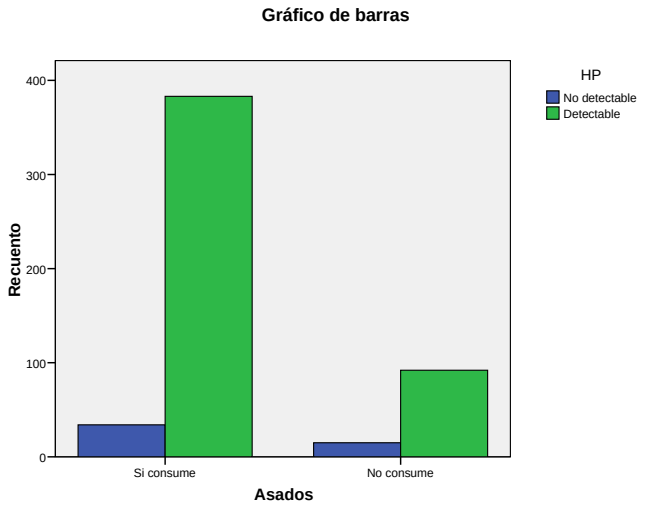


Figura 57. Grafico de barras que muestra en recuento poblacional para población que reportó consumo de alimentos asados o no, con presencia o ausencia de 1-OHP.

5.2.5. Consumidores de alimentos asados versus 3-BAP

Tabla de contingencia Asado * BAP

Recuento

		BAP		
		No detectable	Detectable	Total
Asado	Consume	265	153	418
	No consume	79	27	106
Total		344	180	524

Tabla 45: muestra el recuento poblacional para población que reporta consumo de alimentos asados o no, con niveles de 3-BAP.

	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de las ventajas para reporte de consumo de alimentos asados (Si consume / No consume)	1,689	1,044	2,732

Tabla 46: muestra los valores de Odds Ratio para población que reportó el consumo de alimentos asados o no, con niveles de 3-BAP.

Se puede observar por el valor obtenido para el Odds Ratio que hay 1,689 veces más probabilidad de encontrar el metabolito 3-BAP en población que haya reportado el consumo de alimentos asados en los días anteriores a la toma de la muestra que en los que no lo hicieron.

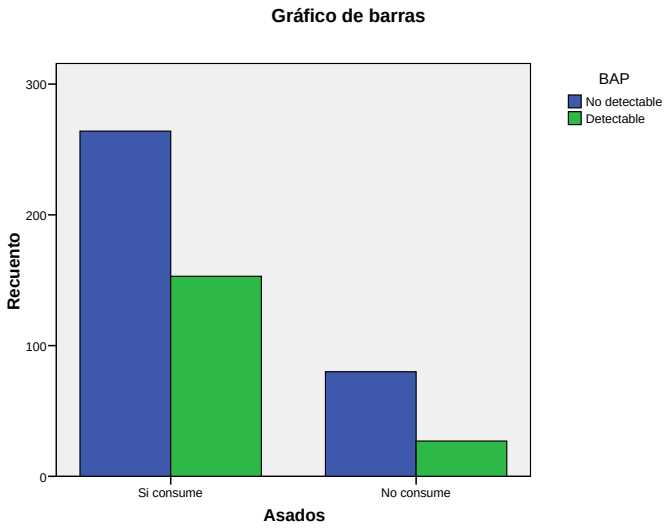


Figura 58. Gráfico de barras que muestra en recuento poblacional para población que reportó consumo de alimentos asados o no, con presencia o ausencia de 3-BAP.

5.2.6. Material particulado versus 1-OHP

Tabla de contingencia

Recuento

		Con1HP		
		Detectable	No detectable	Total
PM10	Alta exposición	84	3	87
	Baja exposición	391	46	437
Total		475	49	524

Tabla 47:muestra el recuento poblacional para población con alta y baja exposición a material particulado PM10 con niveles de 1-OHP.

	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de las ventajas para exposición a PM10	3,294	1,001	10,844

(alta exposición / Baja exposición)			

Tabla 48: muestra los valores de Odds Ratio para población con alta y baja exposición a material particulado, con niveles de 1-OHP.

Hay 3,294 veces más probabilidad de encontrar niveles cuantificables de 1-OHP en población expuesta a altos niveles de material particulado PM_{10} que en la población expuesta a niveles de PM_{1o} inferiores a la media.

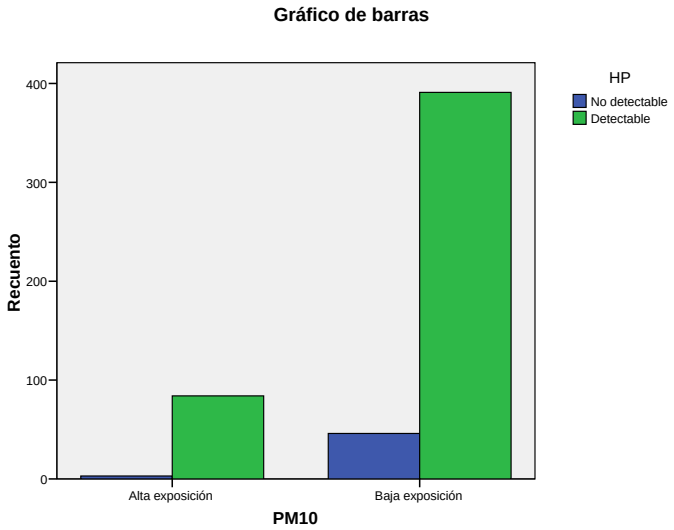


Figura 59.Grafico de barras que muestra en recuento poblacional para población con alta y baja exposición a material particulado y con presencia o ausencia de 1-OHP.

5.2.7. Material particulado PM10 versus 3-BAP

Tabla de contingencia

Recuento

		BAP		
		No detectable	Detectable	Total
PM10	Alta exposición	45	42	87
	Baja exposición	299	138	437
Total		344	180	524

Tabla 49: muestra el recuento poblacional para población con alta y baja exposición y con niveles de 3-BAP.

	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
Razón de las	2,022	1,268	3,224

ventajas para exposición a PM10 (alta exposición / Baja exposición)			

Tabla 50: muestra los valores de Odds Ratio (primera fila) y riesgos relativos para con alta y baja exposición a PM10 y con niveles de 3-BAP.

El Odds Ratio permite inferir que hay 2,022 veces más probabilidad de encontrar niveles cuantificables de 3-BAP en población con alta exposición a material particulado que en la población de baja exposición.

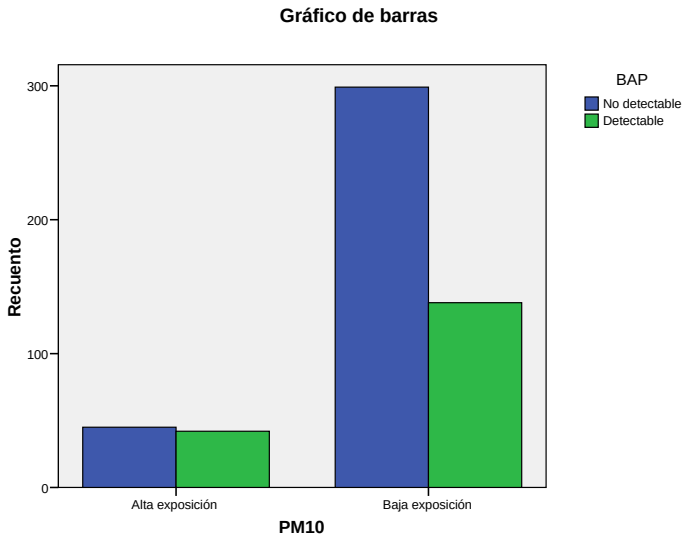


Figura 60. Gráfico de barras que muestra en recuento poblacional para población con alta y baja exposición y con presencia o ausencia de 3-BAP.

5.2.8. Comparación de los resultados obtenidos con otros estudios similares.

A nivel internacional se cuenta con múltiples estudios relacionados con el tema, sin embargo los relacionados a continuación presentan características comunes con este estudio:

M. Lafontaine el al. Del Institut National de Recherche et de S´ecurit´e Encontraron concentraciones de 3-hidroxibenzo(a)pireno en orina, en el intervalo de 205 a 2650 ng/L para fumadores y de 50 a 225 pg/L para no fumadores.

Zheng Li et al. Del Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Environmental Health encontraron en orina de poblacion general concentraciones de 1-hidroxipireno en el intervalo de 91 a 119 ng/L para fumadores y entre 35 y 46 ng/L para no fumadores.

Laura Campo et al, del Department of Occupational and Environmental Health, University of Milan encontraron niveles de 1-hidroxipireno en orina, para poblacion expuesta entre 4,5 y 147,1 mcg/L

El presente estudio encontró un intervalo de concentraciones para 1-OHP de 10 – 699 ng/L y para 3-BAP de 34 – 434 pg/L tanto para población expuesta como no expuesta lo que permite inferir que si bien las concentraciones medidas en la población de policías de tránsito, están dentro de los intervalos encontrados en los estudios citados, los niveles encontrados para 1-OHP tienen un límite inferior más bajo, lo que permite obtener un perfil más sensible de la población.

El límite superior para los estudios internacionales referenciados arriba está en 119 ng/L y en el presente estudio se obtuvo un valor máximo seis veces más alto, esto representa, desde el punto de vista analítico, que el rango de concentraciones para 1-OHP monitoreado es mucho más amplio y que se cuenta con una herramienta más sensible que permitiría en estudios posteriores monitorear poblaciones con exposiciones bajas y altas sin necesidad de validar parámetros adicionales. Desde el punto de vista ocupacional, se encuentra que la población de policías de tránsito expuestas ocupacionalmente a las emisiones del parque automotor es una población con una exposición muy alta. Es importante resaltar que la calidad del diesel en Colombia es inferior a la calidad del diesel en Estados Unidos y Europa, razón por la cual es más susceptible de emitir material particulado que sirva de carrier para los HAPs y pueda llegar este a vías respiratorias bajas.

CONCLUSIONES

1. De manera global en la población de estudio, la mayor proporción de individuos son de género masculino 512 individuos (89,8%), debido al tipo de funciones realizadas por la policía de tránsito. De igual forma, la mayor proporción de los individuos se encuentra en el rango de edad de 25 a 28 años (35,1%) y tienen un nivel de escolaridad de bachiller (73,9%). El tiempo de residencia promedio en Bogotá fue mayor en el grupo administrativo respecto a los operativos 243,5 meses comparados con 187,1 meses.

2. En la población de estudio, los síntomas respiratorios bajos de mayor prevalencia fueron sibilancias con 17,9% (102 individuos) y expectoración con 15,8% (90 individuos). Respecto a los síntomas respiratorios altos y de afección de mucosas, la rinosinusitis (56,8%) y la conjuntivitis (50,7%) fueron los más prevalentes.

3. Los síntomas respiratorios con mayor prevalencia reportados en el grupo operativo fueron tos (15,1%), y expectoración (17,02%). En el grupo administrativo fueron sibilancias 21% y disnea de grandes y medianos esfuerzos 11%.

4. Los síntomas oculares (52,1%), rinosinusitis (57,5%) y dermatitis (13,4%), fueron reportado con mayor prevalencia en el grupo operativo respecto al administrativo (44%, 54% y 9% respectivamente).

5. Al examen clínico, los policías operativos presentaron mayor prevalencia de signos de alteración ocular (31,4%), nasal (59,2%) y dérmica (12,7%) con respecto a los administrativos (8%, 31% y 3% respectivamente). Signos al examen pulmonar como roncus y Sibilancias se presentaron en muy bajo porcentaje en el grupo operativo (0,4%).

6. En las pruebas de función pulmonar, se presentaron alteraciones en el 7,7% de la población evaluada. Siendo el patrón obstructivo el más frecuente en los dos grupos de estudio (5,1%). Al evaluar según los grupos de estudio, no se obtuvieron diferencias significativas entre sus prevalencias de alteraciones para esta prueba, siendo de 7,6% en el operativo y 9,6% para el administrativo.

7. La presencia de hiperreactividad bronquial fue similar en los grupos de estudio con 28,7% en el grupo operativo y 29% en el administrativo.

8. El parámetro con mayor variación en las pruebas de función pulmonar fue la relación %VEF1/CVF con un valor de 3,14. No se presentaron diferencias significativas al contrastar los valores de cada parámetro en los grupos de estudio.

9. El reporte de antecedentes de enfermedad respiratoria fue mayor en el grupo administrativo respecto al operativo (16% vs. 10%). El antecedente respiratorio de mayor presentación en los dos grupos fue la bronquitis con una prevalencia de 7% para los operativos y 4,7% para los administrativos.

10. En cuanto a la exposición laboral previa a material particulado, humos y gases, el 43,3% (210 individuos) de la muestra evaluada reporto antecedentes. El grupo administrativo reportó un mayor porcentaje en dicho factor respecto al operativo (40% versus 32,2%). Las labores más frecuentes relacionadas con la exposición previa a estos contaminantes en el grupo administrativo fueron: vigilancia en calle (70,9%), oficios de bodega (17,6%), conducción (13,6%), y construcción (9,1%).

11. En el tiempo de permanencia en la policía, el grupo administrativo reportó su mayor porcentaje en la categoría de más de 5 años (55%), en contraste con el operativo cuya mayor proporción se encontró entre 1 a 5 años (49,36%).

12. Los dos grupos evaluados, la mayor proporción de sus individuos laboran en jornadas diarias de menos de 12 horas, con un 52,7% para el grupo operativo y 53% para el administrativo.

13. En cuanto a factores de riesgo, el gas natural fue el combustible de mayor uso en la población evaluada (95,1%), convirtiéndose en una fuente de contaminación intradomiciliaria con baja producción de material particulado, lo cual disminuye la exposición a este contaminante en los individuos de estudio.

14. El tabaquismo fue un factor de riesgo reportado en alta proporción en los individuos de estudio (40,2%). Se observó una pequeña diferencia entre las prevalencias de los dos grupos, operativos 40,9% y 37% para los administrativos. Es de resaltar que no existiendo diferencias en las prevalencias de reporte de este factor de riesgo en los grupos de estudio, controla su efecto en la presencia de los síntomas y signos respiratorios, dándole mayor fuerza a la asociación entre la exposición al material particulado y los síntomas respiratorios.

15. El uso de elementos de protección laboral, fue baja en la población evaluada con un 4,04% sin encontrar diferencias entre los grupos de estudio (4,1% para el operativo y 4% para el administrativo), lo cual incrementa el riesgo de presentar diagnósticos de alteraciones respiratorias tanto altas como bajas.

16. Los niveles de exposición promedio al PM_{10} cuantificados mediante mediciones de casos índice, no mostraron diferencias significativas en los dos grupos estudiados, con un valor de 123,9±62,1 $\mu g/m^3$ para el grupo operativo y 115,9±61,5 $\mu g/m^3$ para el administrativo. Dichos valores se encuentran dentro del rango de límites permisibles (TLV-TWA) establecidos por la American Conference of Industrial Hygienist (ACGIH TLV 3 mg/m3) y la Occupation Safety Health Administration (OSHA TLV 5 mg/m^3) para poblaciones expuestas ocupacionalmente. Es importante aclarar que para nuestro país no hay normatividad al respecto, sino que se aceptan los límites dados por estas agencias.

17. Al comparar los niveles de exposición al MP_{10} con la norma nacional de exposición promedio ambiental a este contaminante en 24 horas para población general (Res. 1208/2003 y res. 601/2006) correspondiente a 150 µg/m3, se encontraron tres zonas críticas correspondientes: localidad de Ciudad Bolívar, Bosa, Barrios Unidos y Teusaquillo, Terminal de transportes y

Obras (localidad Santa fe). Dentro de este contexto, podría pensarse que la población general susceptible podría estarse viendo expuesta a concentraciones de MP_{10} superiores a los valores propuestos por la norma, lo cuál hace necesario intervenir estos grupos poblacionales, de gran imanto en Salud Pública con programas de seguimiento a los efectos respiratorios en dichos individuos.

18. Según el promedio de exposición por jornada laboral, la jornada de la mañana presentó los mayores valores respecto a la jornada de tarde y noche.

19. No es posible correlacionar los valores de la red de monitoreo de aire reportados por la SDA con los obtenidos de los individuos de estudio, ya que corresponden a tipos de estudio diferentes y estrategias de muestreo distintas correspondientes a mediciones propias de cada uno de los microambientes donde los policías laboran, los cuales presentan características especiales dadas las condiciones no solo climatológicas, sino además del tráfico vehicular de cada corredor, el tipo de actividad que realizan en lugar de trabajo entre otros.

20. En el análisis bivariado de asociación entre exposición con los desenlaces, el grupo operativo tiene mayor riesgo de presentar síntomas como tos (1,8 veces), expectoración (1,7 veces), rinosinusitis (1,2 veces), conjuntivitis (1,3) y dermatitis (1,5 veces) respecto al grupo administrativo.

21. Respecto a los hallazgos del examen clínico, los individuos del grupo operativo tiene mayor riesgo de presentar signos de alteración ocular (5,3 veces), nasales (3,24 veces) y dérmicas (4,73 veces) al examen físico. Además de alteraciones en la realización de la espirometría (1,22 veces) respecto al grupo administrativo.

22. El grupo operativo presenta 1,31 veces y 1,26 veces más que les sea diagnosticado alteraciones respiratorias altas y bajas respecto al administrativo.

23. Los individuos fumadores tienen 1,29 veces mayor riesgo de que les sea diagnosticado una alteración respiratoria baja respecto a los no fumadores.

24. Los individuos que usan elementos de protección laboral reducen 0,82 veces el diagnostico de alteración respiratoria alta y 0,62 veces el diagnostico de alteración respiratoria baja. Por lo tanto se constituye un factor importante de protección.

25. No es posible realizar una asociación entre el reporte de síntomas, presencia de signos y alteraciones espirométricas con la presencia de metabolitos HAPs en orina. Los metabolitos en orina constituyen un biomarcador de exposición.

26. El análisis multivariado permite concluir que los policías expuestos se caracterizan porque en su gran mayoría son personas jóvenes (menores de 28 años) con un nivel de escolaridad de bachillerato, que no usan elementos de protección laboral y reportan mayor frecuencia de factores de riesgo como el tabaquismo. En cuanto a los desenlaces, tienen mayor asociación con

presentar síntomas respiratorios, así como alteraciones al examen clínico y en las pruebas espirometricas, relacionadas con un mayor nivel de exposición al material particulado promedio respecto a todo el grupo evaluado. Es importante destacar que uno de los factores más relevantes asociados al reporte de síntomas respiratorios, es el tiempo de residencia en Bogotá.

27. La caracterización por cluster determinó que un primer grupo representa el 81,23% de los policías de transito que participaron en el estudio, y tienen en común que su mayoría (96.11%) son expuestos laboralmente a una concentración de material particulado mayor que el promedio (130.15 vs 127.46 µgrs/m³), por lo cuál se denominaron como "Policías con mayores niveles de exposición a MP y que presentan alta prevalencia en alteraciones."

28. El segundo grupo del análisis cluster son: policías con menor exposición (115.81 µgrs/m³), en general son mujeres con altos niveles educativos, que utilizan elementos de protección laboral y no presentan factores de riesgo (tabaquismo). Presentan pocos signos clínicos de alteración al examen médico, que conlleven a baja presentación de anormalidades en la impresión diagnostica final. Este grupo representa el restante 18,77 % de los policías, por lo tanto fueron denominados: "Policías con menor nivel de exposición al MP y que presentan baja prevalencia de alteraciones".

29. La técnica para detección y cuantificación de 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno es selectiva, especifica, lineal, precisa y exacta para el intervalo de trabajo seleccionado; esto se demuestra con los diferentes pruebas estadísticas aplicadas.

30. La población expuesta a bajas concentraciones de material particulado presentan bajos niveles de 1-OHP y 3-BAP, lo que permite inferir que estos metabolitos están asociados al factor de riesgo, el cual es ser operativo.

31. La población que tiene el hábito de tabaquismo presenta altos niveles de 1-OHP y 3-BAP. Este análisis es importante ya que el tabaquismo es un factor de confusión, comúnmente asociado a 3-BAP, sin embargo se encontró que los dos metabolitos están presentes en esta población, esto se debe a que la población expuesta tiene altos niveles de los dos metabolitos y la distribución de fumadores en operativos es del 52% y 20% para administrativos, por lo tanto, el aporte de la población fumadora expuesta con habito de tabaquismo es grande comparado con la de administrativos fumadores que no tienen presencia de metabolitos procedentes de exposición ambiental.

32. La población analizada de las localidades de Kennedy y Bosa presenta una alta exposición a material particulado y altas concentraciones de metabolitos. Esto no contradice lo encontrado en los datos de la red de monitoreo ya que estas localidades se han caracterizado por una alta presencia de material particulado y han sido categorizadas mediante los Decretos 174 y 417 de 2006 como áreas fuente clase 1 para material particulado.

33. Con base en el análisis de los Odds Ratio para diferentes asociaciones entre factor de riesgo y evento, se puede concluir que existe 1,01 veces más probabilidad de encontrar el metabolito 1-OHP y 2,5 veces más probabilidad

encontrar presencia de 3-BAP en cantidades cuantificables en población fumadora que en la población no fumadora lo cual es concordante con lo que se ha establecido en literatura científica internacional.

34. Hay 7,680 veces más probabilidad de encontrar 1-OHP y 15,588 veces más probabilidad de encontrar 3-BAP a niveles cuantificables en población expuesta que la población no expuesta.

35. Hay 1,837 veces más probabilidad de encontrar 1-OHP y 1,717 veces más probabilidad de encontrar el metabolito 3-BAP a niveles cuantificables en población que haya consumido alimentos asados en los tres días anteriores a la toma de la muestra que en los que no lo hicieron.

El análisis del riesgo relativo entre factores de riesgo y desenlace muestra las siguientes conclusiones.

36. Del universo poblacional estudiado, se concluye que en la población fumadora hay 1,001 veces más presencia de 1-OHP a niveles cuantificables que en la no fumadora. Lo que indica que el hecho de fumar no es factor de riesgo para presentar niveles cuantificables de 1-OHP, lo que es concordante con lo reportado en la literatura internacional, por cuanto el 1-OHP es bioindicador de exposición a material particulado producto de combustión y no se ha asociado al hábito del tabaquismo.

37. En la población estudiada, se encontró 1,782 veces más presencia de 3-BAP a niveles cuantificables, en población fumadora que no fumadora, lo cual muestra una posible asociación entre el tabaquismo y la presencia de este biomarcador. Sin embargo, es importante resaltar que de la población expuesta y que tiene presencia de este biomarcador, el 48% reporta el habito de fumar, por lo tanto la presencia de este biomarcador a niveles cuantificables, no se asociaría exclusivamente al tabaquismo.

38. Se encontró 1,307 veces más presencia de 1-OHP en expuestos que en no expuestos, lo que permite asociar la exposición ambiental a contaminantes atmosféricos, en este caso material particulado, a la presencia de este biomarcador en las muestras de orina analizadas.

39. Hay 1,068 veces más presencia de 1-OHP y 1,454 veces más presencia de 3-BAP en población que consume alimentos asados que en la no consumidora. Esto significa que hay una asociación no muy fuerte entre la presencia de este biomarcador y el reporte de consumo de alimentos asados,

40. Se encontró en la población de alta exposición 1,079 veces más presencia del metabolito 1-OHP que en la población de baja exposición.

41. En la muestra analizada, se encontró 1,529 veces más presencia de niveles cuantificables de 3-BAP que en la población de alta exposición que en la de exposición baja.

42. Por último, se hace necesario continuar con las medidas de regulación ambiental en calidad de aire por parte de las entidades de control gubernamental, con el apoyo de la academia, para continuar desarrollando proyecto de investigación de impacto a los grupos no solo laborales, sino a la comunidad en general que habita en la ciudad de Bogotá.

RECOMENDACIONES

1. Se plantea crear y continuar programas de salud ocupacional de seguimiento de riesgo respiratorio y cardiovascular en los policías operativos e incentivar el uso de elementos de protección personal.

2. Entidades de control gubernamental y académicas, deben continuar desarrollando proyectos de investigación de impacto a los grupos no solo laborales sino en población general.

3. Clasificar por niveles de riesgo a la población expuesta permite calcular la probabilidad de cada individuo según el grupo asignado en la institución.

4. Los estudios que evalúan el impacto de la contaminación atmosférica, específicamente material particulado, deben continuar hacia la medición de partículas de tamaño $MP_{2,5}$.

5. Empleo de elementos de protección personal, tipo máscara para partículas menores de 10 micras y protección ocular.

6. Se hace necesario un seguimiento a los individuos con hallazgos de hiperreactividad bronquial para confirmar el diagnóstico mediante pruebas de broncoprovocación**.**

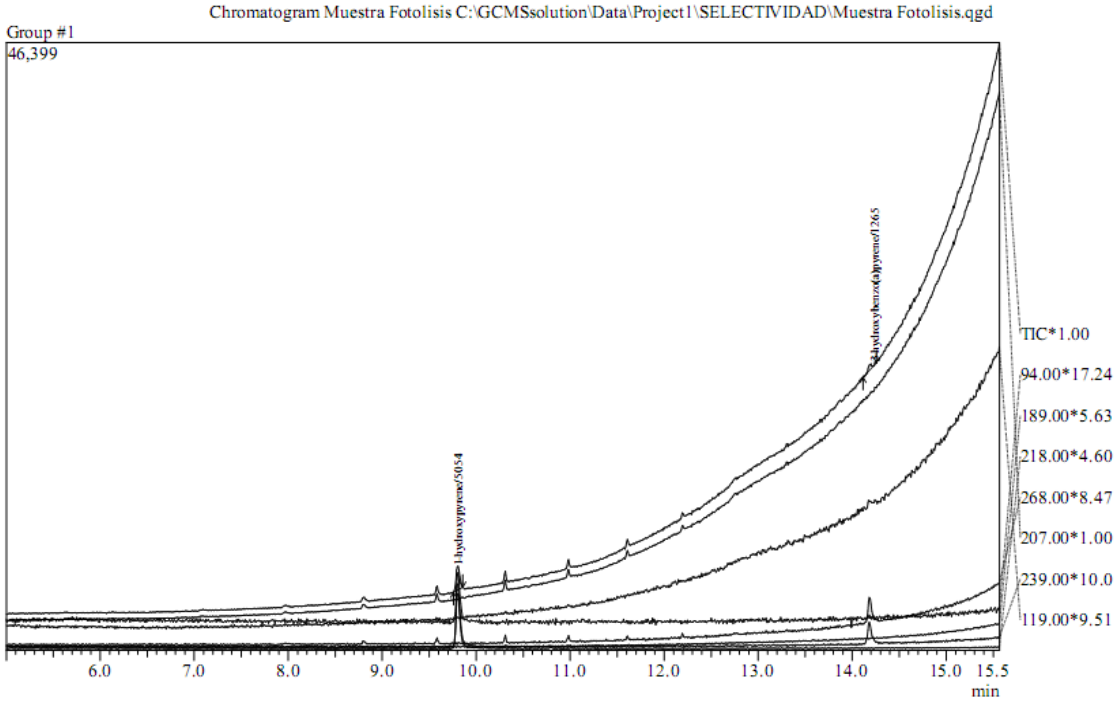
7. En los individuos susceptibles de la población general (niños, ancianos, personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares) cercanos a los corredores viales de las áreas con niveles superiores para PM_{10} superiores al promedio de 24 horas, se hace necesario la realización de programas de vigilancia epidemiológica para valorar el impacto de dichos hallazgos en su salud.

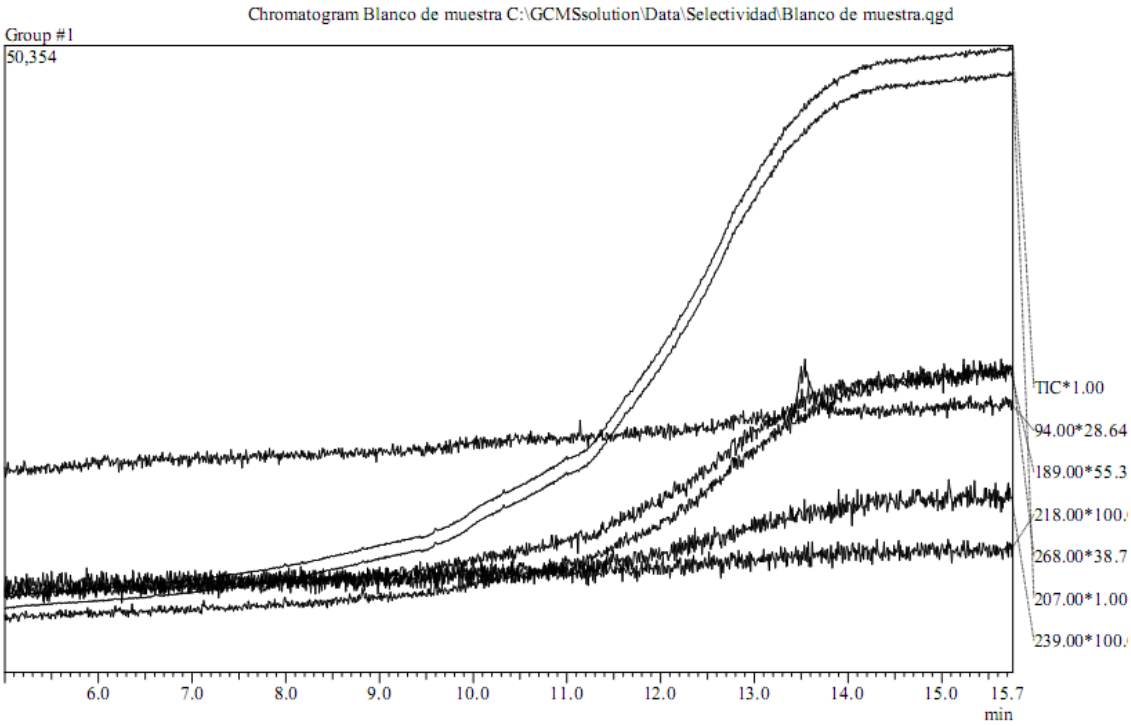
8. Sería recomendable que los resultados consignados dentro de este trabajo, fueran presentados a entidades que toman decisiones, con la finalidad que aporten a las decisiones de mejorar las normas que regulan las emisiones atmosféricas por parte del parque automotor.

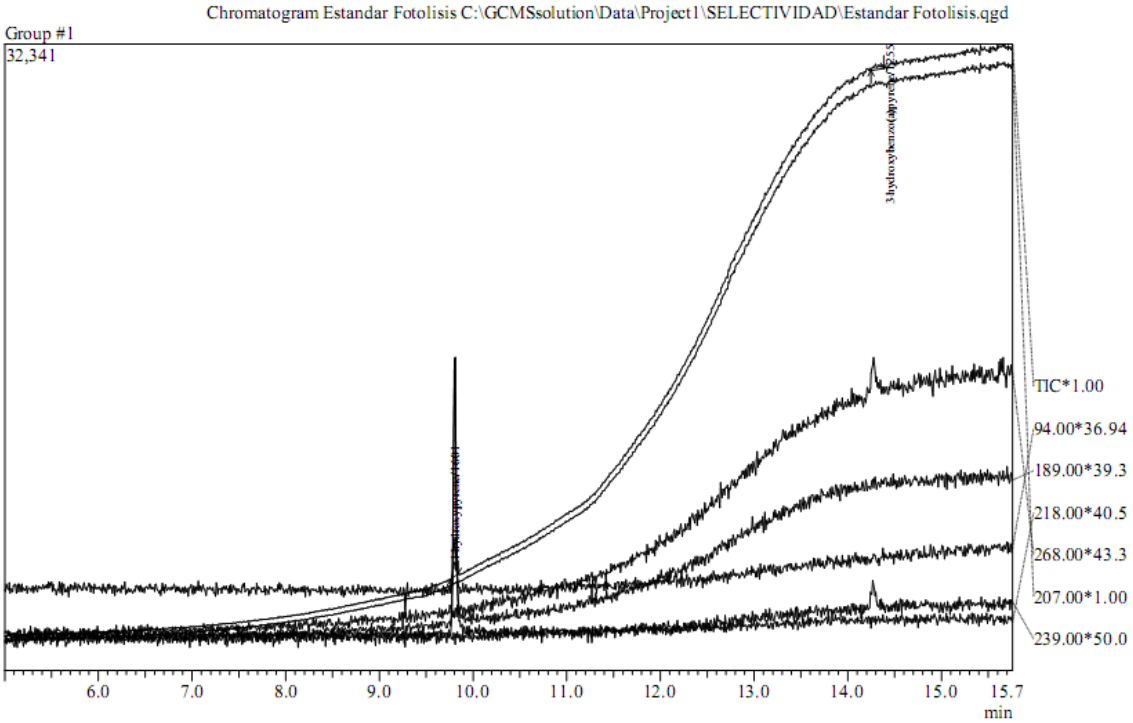
9. Es importante resaltar que el hecho de presentar niveles cuantificables de un metabolito de un compuesto cancerígeno, no es una señal infalible de desenlace de cáncer. La etiología de esta entidad es multifactorial y depende en una gran medida de factores genéticos de los individuos, de los hábitos de vida saludable, sin embargo, estos resultados muestran el comportamiento de estos biomarcadores en la población estudiada, y otros factores como la utilización de sistemas de protección personal y finalmente sobre las decisiones de fondo que se deben dar para minimizar la exposición no solo desde las empresas de transporte publico, sino desde la formulación misma del combustible.

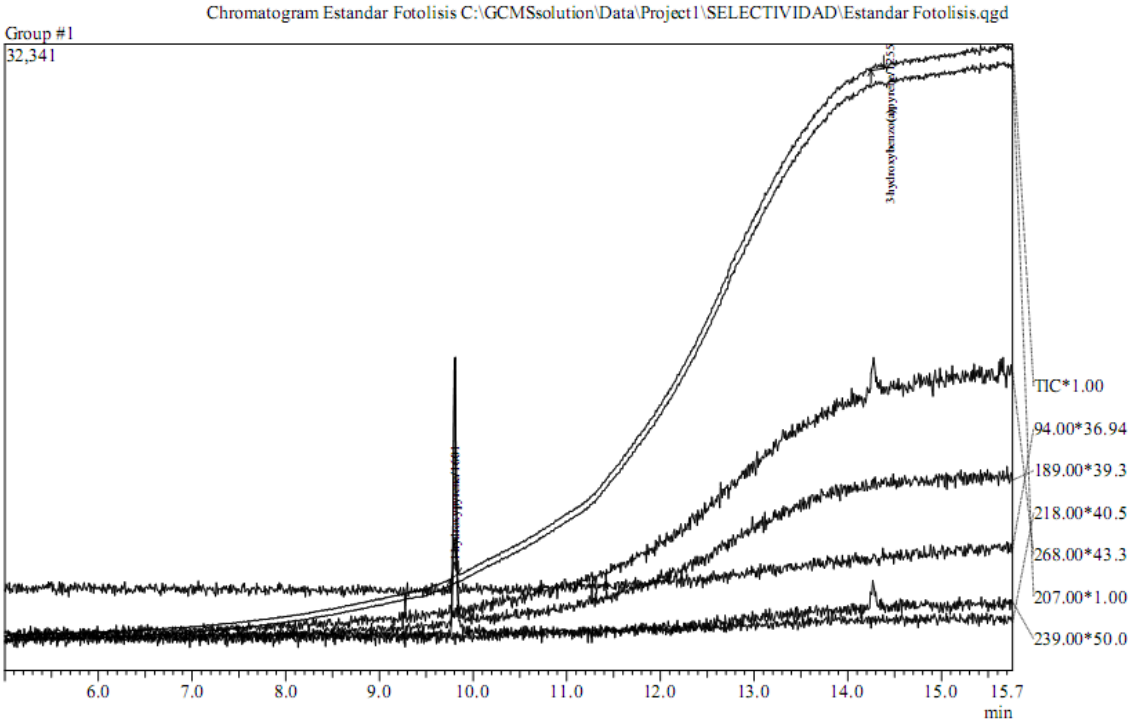
10. Los resultados acá recopilados, se deben usar para establecer un programa de seguimiento en salud ocupacional para la población expuesta, asi como para la implementación de medidas y directivas donde se promueva el uso de equipos de protección personal.

ANEXOS
ANEXO 1
CROMATOGRAMAS PARA SELECTIVIDAD






Chromatogram Estandar Fotolisis C:\GCMSsolution\Data\Project1\SELECTIVIDAD\Estandar Fotolisis.qgd
Group #1
32,341
TIC*1.00
94.00*36.94
189.00*39.3
218.00*40.5
268.00*43.3
207.00*1.00
239.00*50.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0
15.7
min


Chromatogram Estandar Fotolisis C:\GCMSsolution\Data\Project1\SELECTIVIDAD\Estandar Fotolisis.qgd
Group #1
32,341
TIC*1.00
94.00*36.94
189.00*39.3
218.00*40.5
268.00*43.3
207.00*1.00
239.00*50.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0
15.7
min

ANEXO 2

VALIDACION DE LA TECNICA ANALITICA

SELECTIVIDAD

La especificidad se evaluó por inyección de estándar y muestra enriquecida con los analitos luego de un proceso de fotolisis por exposición a luz ambiente por una semana, se encontró que no hay respuestas que interfieran con el análisis por coelución a tiempos de retención cercanos a los de los analitos de interés.
En lo concerniente a la selectividad, se calculó la resolución entre las respuestas cromatográficas para el analito de interés y las demás respuestas cromatográficas usando como criterio de aceptación que la resolución sea mayor de 2.

LINEALIDAD DEL SISTEMA

La linealidad del sistema se comprobó mediante inyecciones sucesivas de estándares a seis niveles de concentración de 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno.

CONCENTRACION 1-OHP (ng/L)	**RESPUESTA**
46,4	525
46,4	538
92,8	931
92,8	937
185,6	1730
185,6	1783
371,2	3711
371,2	3832
742,4	6878
742,4	7052
1484,8	11610
1484,8	11927
2969,6	24590
2969,6	24401
Intercepto (a)	**369,1**
Pendiente (b)	**8,084**
Coef. Correl.(r)	**0,9988**
Nivel de confianza (α)	**0,005**

CONCENTRACION 3-	**RESPUESTA**

BAP (pg/L)	
22	391
22	398
44	889
44	906
88	1834
88	1842
176	3968
176	3901
352	7281
352	7210
704	13200
704	13163
1408	28344
1408	28479
Intercepto (a)	**38,7**
Pendiente (b)	**19,911**
Coef. Correl.(r)	**0,9991**
Nivel de confianza (α)	**0,005**

Se hicieron los siguientes test para demostrar la linealidad del sistema tanto para 1-OHP como para 3-BAP.

Test para el coeficiente de correlación

Numero de datos n=12
Se calculó el valor t de la distribución t de student con una probabilidad de 0,005 y n-2 grados de libertad.
Ho. No hay correlación entre la concentración y la respuesta cromatográfica y no hay linealidad.
Ha. Hay correlación entre la concentración y la respuesta cromatográfica y hay linealidad.
Criterio de decisión: si t experimental > t tab se rechaza Ho.
Resultados para 1-hidroxipireno

n	**14**
t exp.	**101,73**
t (α, n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

n	**14**
t exp.	**115,66**
t (α, n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

CONCLUSION: Al rechazar la Ho, se demuestra que hay correlación entre la concentración y la respuesta cromatográfica y que se presentó linealidad.

Test para la pendiente

Ho: $\beta = 0$
Ho: $\beta \neq 0$
p: 0,05 (distribución de dos colas -alfa/2)
gl (grados de libertad): n-2
Criterio de decisión: si t experimental > t tab se rechaza Ho.
Se calculó el valor t de la distribución t de student obteniéndose los siguientes resultados.
Resultado para 1-hidroxipireno

sb	**0,112**
t exp	**71,87**
t (α , n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Resultado para 3-hidroxibenzo(a)pireno

sb	**0,246**
t exp	**80,79**
t (α , n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

CONCLUSION: La pendiente fue significativamente diferente de cero
Test de convergencia al origen
Ho: $\alpha = 0$
Ha: $\alpha \neq 0$
p: 0,05 (distribución de dos colas -alfa/2)
gl (grados de libertad): n-2 = 10
Criterio de decisión: si t experimental > t tab se rechaza Ho.
Se calculó el valor t de la distribución t de student obteniéndose los siguientes resultados.
Resultado para 1-hidroxipireno

sa	**145,77**
t exp	**2,53**
t (α , n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

sa	**92,74**
t exp	**0,42**
t (α , n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

CONCLUSION: Tanto para 1-hidroxipireno como para 3-hidroxibenzo(a)pireno, se rechaza la hipótesis alterna, por lo tanto se puede afirmar que hay convergencia al origen.
Análisis de varianza para la regresión

Ho para la regresión: No hay correlación entre las variables concentración y respuesta
Ha para la regresión: Hay correlación entre las variables concentración y respuesta
p: 0,05 (distribución de dos colas -alfa/2
PRUEBA ESTADISTICA f de Fisher
Criterio de decisión: si F exp > F tab, se rechaza la hipótesis nula
Resultados para 1-hidroxipireno

	GL	*SC*	*SCM*	*F exp*	*F Tabulado*	
Regresión	**1**	**888376787,7**	**888376788**	**5165,82851**	**4,75**	**CUMPLE**
Residuos	**12**	**2063661,506**	**171971,792**	**0,00251071**	**2,6**	
Total	**13**	**890440449,2**	**68495419,2**			

Resultados para 3-hidroxibanzo(a)pireno

	GL	*SC*	*SCM*	*F*	*F Tabulado*	
Regresión	**1**	**1211503884**	**1211503884**	**6679,17857**	**4,75**	**CUMPLE**
Residuos	**12**	**2176621,937**	**181385,1614**	**0,00194286**	**2,6**	
Total	**13**	**1213680506**	**93360038,9**			

CONCLUSION: Dado que Fexp > F tab para la regresión en ambos casos, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay correlación entre las variables concentración y respuesta.

Análisis de varianza para la linealidad

Ho para la linealidad: No hay desvío de la linealidad
Ha para la linealidad: Hay desvío de la linealidad
p: 0,05 (distribución de dos colas -alfa/2
PRUEBA ESTADISTICA f de Fisher
Criterio de decisión: si F exp > F tab, se rechaza la hipótesis nula
Resultados para 1-hidroxipireno

FUENTE DE VARIACION	**gl**	**SC**	**SCM**	**F exp**	**F (v, v2)**	
Linealidad	**5**	**1971591,0**	**394318,201**	**0,002**	**3,9715**	***CUMPLE***
Error Puro	**7**	**1380953825**	**197279118**			

Como Fexp < Ftab para la linealidad, se rechaza la hipótesis alterna y se concluye que no hay desvío de la linealidad para el intervalo de trabajo.

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

FUENTE DE VARIACION	**gl**	**SC**	**SCM**	**F exp**	**F (v, v2)**	
Linealidad	**5**	**2161858,9**	**432371,7874**	**0,002**	**3,9715**	***CUMPLE***
Error Puro	**7**	**1805641418**	**257948774**			

CONCLUSION: Como Fexp<Ftab para la linealidad, se rechaza la hipótesis alterna y se concluye que no hay desvío de la linealidad para el intervalo de trabajo.

LINEALIDAD DEL METODO

La linealidad del método se comprobó mediante inyecciones sucesivas de muestras enriquecidas a seis niveles de concentración de 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno.

Test para el coeficiente de correlación

CONCENTRACION 1-OHP (ng/L)	**RESPUESTA**
46,4	431
46,4	457
92,8	750
92,8	764
185,6	1458
185,6	1510
371,2	3365
371,2	3323
742,4	6077
742,4	6481
1484,8	11046
1484,8	11492
2969,6	18352
2969,6	19559
Intercepto (a)	**689,8**
Pendiente (b)	**6,398**
Coef. Correl.(r)	**0,9935**
Nivel de confianza (α)	**0,005**

CONCENTRACION 3-BAP (pg/L)	**RESPUESTA**
22	322
22	331
44	850
44	857
88	1502
88	1478
176	3213
176	3178
352	5492
352	5405
704	12004
704	11958
1408	23390

1408	22993
Intercepto (a)	**60,6**
Pendiente (b)	**16,486**
Coef. Correl.(r)	**0,9995**
Nivel de confianza (α)	**0,05**

Numero de datos n=12
Se calculó el valor t de la distribución t de student con una probabilidad de 0,005 y n-2 grados de libertad.
Ho. No hay correlación entre la concentración y la respuesta cromatográfica y no hay linealidad.
Ha. Hay correlación entre la concentración y la respuesta cromatográfica y hay linealidad.
Criterio de decisión: si t experimental > t tab se rechaza Ho.
Resultados para 1-hidroxipireno

n	**14**
t exp.	**42,87**
t (α, n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

n	**14**
t exp.	**160,14**
t (α, n-2)	**2,179**
CONCLUSION	**CUMPLE**

CONCLUSION: dado que para los dos analitos T exp> T tab, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay correlación entre la concentración y la respuesta cromatográfica y hay linealidad.
Test para la pendiente
Ho: $\beta = 0$
Ha: $\beta \neq 0$
p: 0,05 (distribución de dos colas -alfa/2)
gl (grados de libertad): n-2
Criterio de decisión: si t experimental > t tab se rechaza Ho.
Se calculó el valor t de la distribución t de student obteniéndose los siguientes resultados.
Resultado para 1-hidroxipireno

sb	**0,212**
t exp	**30,17**
t (α , n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

sb	**0,225**
t exp	**73,36**

t (α , n-2)	**2,179**
CONCLUSION	**CUMPLE**

CONCLUSION: Para ambos metabolitos, se encuentra que texp < t tab, por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se concluye que la pendiente fue significativamente diferente de cero.

Test de convergencia al origen
Ho: α = 0
Ha: α ≠ 0
p: 0,05 (distribución de dos colas -alfa/2)
gl (grados de libertad): n-2 = 10
Criterio de decisión: si t experimental > t tab se rechaza Ho.
Se calculó el valor t de la distribución t de student obteniéndose los siguientes resultados.
Resultados para 1-hidroxipireno

sa	**274,86**
t exp	**2,51**
t (□ , n-2)	**3,428**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

sa	**84,57**
t exp	**0,72**
t (□ , n-2)	**2,179**
CONCLUSION	**CUMPLE**

CONCLUSION: para ambos metabolitos, se encontró que t exp < t tab, por tal razón se rechaza la hipótesis alterna y se concluye que, en ambos casos, hay convergencia al origen.

Análisis de varianza para la regresión
Ho para la regresión: No hay regresión entre las variables concentración y respuesta
Ha para la regresión: Hay regresión entre las variables concentración y respuesta
p: 0,05 (distribución de dos colas -alfa/2
PRUEBA ESTADISTICA f de Fisher
Criterio de decisión: si F exp > F tab, se rechaza la hipótesis nula
Resultados para 1-hidroxipireno

	GL	***SC***	***SCM***	***F***	***F Tabulado***	
Regresión	**1**	**556477874**	**556477874**	**910,121658**	**4,75**	**CUMPLE**
Residuos	**12**	**7337188,86**	**611432,405**	**0,01409792**	**2,6**	

Total	**13**	**563815063**	**43370389,5**			

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

	GL	***SC***	***SCM***	***F***	***F tabulado***	
Regresión	**1**	**702835851**	**702835851**	**2849,89164**	**4,75**	**CUMPLE**
Residuos	**12**	**2959421,366**	**246618,447**	**0,00454245**	**2,6**	
Total	**13**	**705795272,4**	**54291944**			

CONCLUSION: Dado que Fexp > F tab, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay regresión entre las variables concentración y respuesta.

Análisis de varianza para la linealidad

Ho para la linealidad: No hay desvío de la linealidad

Ha para la linealidad: Hay desvío de la linealidad

p: 0,05 (distribución de dos colas -alfa/2

PRUEBA ESTADISTICA f de Fisher

Criterio de decisión: si F exp > F tab, se rechaza la hipótesis nula

Resultados para 1-hidroxipireno

FUENTE DE VARIACION	**GL**	**SC**	**SCM**	**F exp**	**F (v, v2)**	
Linealidad	**5**	**6425028,4**	**1285005,67**	**0,01**	**3,9715**	***CUMPLE***
Error Puro	**7**	**926424091**	**132346299**			

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

FUENTE DE VARIACION	**gl**	**SC**	**SCM**	**F exp**	**F (v, v2)**	
Linealidad	**5**	**693181,9**	**138636,386**	**0,001**	**3,9715**	***CUMPLE***
Error Puro	**7**	**1241814733**	**177402105**			

Conclusión: Como Fexp < Ftab para la linealidad, se rechaza la hipótesis alterna y se concluye que no hay desvío de la linealidad para el intervalo de trabajo para los dos metabolitos.

PRESICION Y EXACTITUD

Precisión del sistema para 1-hidroxipireno

La precisión del sistema se calculó mediante inyecciones sucesivas de la misma muestra, es este caso se inyecto seis veces un estándar de la misma concentración, luego de esto se calculó la desviación estándar de la serie de datos.

Se usó como criterio de aceptación que la desviación estándar fuera menor al 21,44%, se encontró que la desviación tiene un valor de 3,477 por lo tanto se puede afirmar que el sistema es preciso.

Inyeccion	***ng/L***	***Respuesta***
1	371,2	3786
2	371,2	3898
3	371,2	4159
4	371,2	3805
5	371,2	3847

6	371,2	3908

RSD	**3,477**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Exactitud para 1-hidroxipireno

Para esta fase de la validación se midieron por triplicado tres niveles de concentración y se calculó el porcentaje de recuperación por comparación con el promedio de la respuesta para ese mismo nivel de concentración en la linealidad del sistema.

Se aplica una prueba t, calculando t experimental con un intervalo de confianza del 95%.

Ho. El porcentaje de recuperación no es significativamente diferente del 100%

Ha. El porcentaje de recuperación es significativamente diferente del 100%

Criterio de decisión: si t exp > t tabulado, se rechaza la hipótesis nula; entonces, bajo la evidencia experimental, el porcentaje de recuperación es significativamente diferente del 100% a un nivel de confianza del 95,0%.

NIVEL DE CONCENTRACION	**RESPUESTA**	**% R**
46,4	498	93,7
	492	92,6
	493	92,8
371,2	3610	95,7
	3590	95,2
	3521	93,4
2969,6	22172	90,5
	22292	91,0
	22140	90,4
Promedio		**92,8**
RSD		**2,1**
n		**9**
t (0,05, n-1)		**2,306**
t exp		**10,410**
CONCLUSION		**NO CUMPLE**
INTERVALO DEL % DE RECUPERACIÓN 95,0-105,0%		**FALSO**

Precisión del sistema para 3-hidroxibenzo(a)pireno

La precisión del sistema se calculó mediante inyecciones sucesivas de la misma muestra, es este caso se inyecto seis veces un estándar de la misma concentración, luego de esto se calcula la desviación estándar de la serie de datos.

Se usó como criterio de aceptación que la desviación estándar fuera menor al 21.44%, Estimado con la Ecuación de Horwitz. RSD < 2(1-0,5 * log C) * 0,67, donde C es la concentración expresada como fracción decimal.

	pg/L	***Respuesta***

1	176	3886
2	176	4063
3	176	4100
4	176	3755
5	176	3827
6	176	3772

RSD	**3,794**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Se encontró que la desviación tiene un valor de 3,794 %, por lo tanto se puede afirmar que el sistema es preciso.

Exactitud para 3-hidroxibenzo(a)pireno

Se midieron por triplicado tres niveles de concentración y se calculó el porcentaje de recuperación por comparación con el promedio de la respuesta para ese mismo nivel de concentración en la linealidad del sistema.

Se aplica una prueba t, calculando t experimental con un intervalo de confianza del 95%.

Ho. El porcentaje de recuperación no es significativamente diferente del 100%

Ha. El porcentaje de recuperación es significativamente diferente del 100%

Criterio de decisión: si t exp > t tabulado, se rechaza la hipótesis nula; entonces, bajo la evidencia experimental, el porcentaje de recuperación es significativamente diferente del 100% a un nivel de confianza del 95,0%.

NIVEL DE CONCENTRACION	**RESPUESTA**	**% R**
	369	93,5
	360	91,3
22 pg/L	359	91,0
	3689	93,8
	3602	91,5
176 pg/L	3598	91,4
	25645	90,3
	25695	90,4
1408 pg/L	25647	90,3
Promedio		**91,5**
RSD		**1,4**
n		**9**
t (0,05, n-1)		**2,306**
t exp		**17,800**
CONCLUSION		**NO CUMPLE**
INTERVALO DEL % DE RECUPERACIÓN 95,0-105,0%		**FALSO**

Test de Cochram

Este test mide la varianza entre grupos para identificar si la concentración afecta el porcentaje de recuperación.

Ho. El nivel de concentración afecta el porcentaje de recuperación

Ha. El nivel de concentración no afecta el porcentaje de recuperación
Criterio de decisión: Si G exp < G tab, se rechaza la hipótesis nula.
Resultados para 1-hidroxipireno.

NIVEL DE CONCENTRACION	**VARIANZA**
46,4	10,33
371,2	2180,33
2969,6	6421,33

G Exp	**0,746**
G (k=3 n=3)	**0,871**
CONCLUSION	**CUMPLE**

Resultados para 3-hidroxibenzo(a)pireno

NIVEL DE CONCENTRACION	**VARIANZA**
22 pg/L	30,33
176 pg/L	2644,33
1408 pg/L	801,33

G Exp	**0,761**
G (k=3 n=3)	**0,871**
CONCLUSION	**CUMPLE**

CONCLUSION: Para ambos metabolitos, G exp < G tab, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se afirma que el nivel de concentración no afecta el porcentaje de recuperación.

PRESICION INTERMEDIA

En esta etapa de la validación se realizaron preparaciones de tres diferentes muestras en días diferentes y analistas diferentes, para entrar a considerar el error sistemático dentro del método, originados por el analista.

Resultados de concentraciones de 1-hidroxipireno para tres diferentes muestras preparadas en dos días diferentes por analistas diferentes.

Promedio valoración M1, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	460,47
RSD para los análisis inter día e inter analista	1,27%

Promedio valoración M2, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	207,88
RSD para los análisis inter día e inter analista	4,53%

Promedio valoración M3, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	346,70
RSD para los análisis inter día e inter analista	0,85%

CONCLUSIÓN: Las desviaciones estándar para las tres diferentes muestras preparadas en días diferentes por analistas diferentes, son inferiores al 5%, lo que denota que la probabilidad de error es baja con respecto al analista y al día de análisis.

Resultados de concentraciones de 3-hidroxibenzo(a)pireno para tres diferentes muestras en preparadas en dos días diferentes por analistas diferentes.

Promedio valoración M1, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	99,04
RSD para los análisis inter día e inter analista	3,05%

Promedio valoración M2, analista 1 día 1 y analista 2 día 2	79,05
RSD para los análisis inter día e inter analista	1,23%

Promedio valoración M3, analista 1 día 1 y analista 2 dia 2	60,15
RSD para los análisis inter día e inter analista	3,40%

CONCLUSIÓN: Las desviaciones estándar para las tres diferentes muestras preparadas en días diferentes por analistas diferentes, son inferiores al 5%, lo que denota que la probabilidad de error es baja con respecto al analista y al día de análisis.

LIMITE DE DETECION Y LÍMITE DE CUANTIFICACION

El límite de detección y cuantificación se halló instrumentalmente preparando soluciones de 0,464 ng/L. 0,92 ng/L y 2,32 ng/L para el 1-OHP y de 0,176 pg/L, 0,704 pg/L y 1,408 pg/L para el 3-BAP. La mínima concentración para los dos metabolitos se escogió basada en los resultados arrojados por el cálculo teórico.

Para el cálculo teórico, se utilizó la formula LD=3*DESVEST/m y LC=10*DESVEST/m para el límite de detección y cuantificación respectivamente, donde DESVEST es la desviación estándar y m es la pendiente de la recta.

Limite de detección y cuantificación para 1-hidroxipireno y 3-hidroxibenzo(a)pireno

1-hidroxipireno

LD ng/L	0,43	LIMITES TEORICOS
LC ng/L	1,43	

LD ng/L	0,92	LIMITES INSTRUMENTALES
LC ng/L	2,32	

3-hidroxibenzo(a)pireno

LD pg/L	0,211	LIMITES TEORICOS
LC pg/L	0,703	

LD pg/L	0,704	LIMITES INSTRUMENTALES
LC pg/L	1,408	

NIVEL DE CONCENTRACION	1-OHP ng/L	3-BAP pg/L	RESPUESTA DEL EQUIPO	
1	0,464	0,176	No hay señal	
2	0,92	0,704	Señales identificables	
3	2,32	1,408	Áreas 1-OHP	Áreas 3-BAP
			347	63

			364	56
			368	57
			358	49
			370	65

ANEXO 3
CONCENTRACIONES DE METABOLITOS PARA LA POBLACION DE ESTUDIO

INDIVIDUO	ng/L 1-OHP	pg/L 3-BAP	GRUPO DE TRABAJO	LOCALIDAD EN QUE TRABAJA
2	241	73	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
3	229	57	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
25	298	153	AREA 6	KENNEDY
23	199	79	AREA 6	KENNEDY
29	344	66	AREA 6	KENNEDY
21	567	64	AREA 6	KENNEDY
28	368	91	AREA 6	KENNEDY
13	211	87	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
7	329	56	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
17	293	96	AREA 6	KENNEDY
14	208	52	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
20	558	110	AREA 6	KENNEDY
11	198	104	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
8	236	80	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
83	ILC	ILC	AREA 3	SUBA
34	409	62	AREA 6	KENNEDY
79	494	61	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
53	200	75	AREA 5	FONTIBON
54	178	76	AREA 5	FONTIBON
84	220	80	AREA 3	SUBA
33	371	118	AREA 6	KENNEDY
63	237	63	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
56	298	84	AREA 5	FONTIBON
74	322	96	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
59	173	63	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
126	228	54	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
118	502	90	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
115	286	55	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
113	299	83	13	ecologia
128	243	54	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
97	277	68	AREA 3	SUBA
105	198	50	AREA 3	SUBA
108	229	67	SERES-TAXIS	fontibon
91	289	86	AREA 3	SUBA
110	232	113	ESCOLARES	fontibon

95	202	80	AREA 3	SUBA
130	223	59	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
157	211	48	AREA 2	CHAPINERO
150	286	98	AREA 2	CHAPINERO
148	313	69	AREA 2	CHAPINERO
132	179	79	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
146	264	87	AREA 2	CHAPINERO
141	95	ILC	AREA 2	CHAPINERO
153	294	54	AREA 2	CHAPINERO
138	236	55	AREA 2	CHAPINERO
155	243	87	AREA 2	CHAPINERO
137	226	97	AREA 2	CHAPINERO
158	236	43	AREA 2	CHAPINERO
200	243	72	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
196	210	46	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
197	368	98	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
166	190	53	AREA 1	USAQUEN
187	201	99	AREA 1	USAQUEN
181	264	54	AREA 1	USAQUEN
189	200	65	AREA 1	USAQUEN
218	235	84	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
161	213	75	AREA 2	CHAPINERO
202	136	66	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
186	368	77	AREA 1	USAQUEN
266	201	77	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
336	186	92	AEROPUERTO	FONTIBON
267	288	72	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
248	377	98	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
240	191	69	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
276	198	103	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
236	411	87	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
255	209	57	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
265	242	73	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
258	176	79	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
337	ILC	ILC	AEROPUERTO	FONTIBON
254	184	60	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
378	329	92	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
365	272	72	AREA 5	FONTIBON
371	258	73	AREA 5	FONTIBON
352	163	66	AREA 5	FONTIBON
366	184	67	AREA 5	FONTIBON
364	332	83	AREA 5	FONTIBON
339	120	ILC	AREA 5	FONTIBON

375	405	85	AREA 5	FONTIBON
380	147	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
344	220	89	AREA 5	FONTIBON
372	220	86	AREA 5	FONTIBON
403	88	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
393	445	75	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
399	339	76	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
391	344	56	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
388	229	66	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
400	215	66	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
397	195	53	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
382	235	83	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
390	107	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
394	237	84	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
408	210	55	AREA 3	SUBA
444	ILC	ILC	AREA 7	bosa
432	415	111	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
435	208	112	AREA 1	USAQUEN
439	265	86	AREA 1	USAQUEN
433	128	ILC	AREA 1	USAQUEN
414	240	76	AREA 2	CHAPINERO
417	269	55	AREA 2	CHAPINERO
413	197	34	AREA 2	CHAPINERO
443	124	ILC	AREA 7	bosa
422	201	77	AREA 5	FONTIBON
434	327	63	AREA 1	USAQUEN
445	108	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
462	340	75	AREA 7	bosa
467	198	103	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
457	161	58	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
461	244	80	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
446	ILC	ILC	AREA 7	bosa
464	292	93	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
451	79	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
448	122	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
458	288	61	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
453	236	55	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
456	191	52	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
484	395	71	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
476	336	113	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
472	286	86	AREA 6	KENNEDY
477	176	79	AREA 6	KENNEDY
468	326	84	AREA 7	bosa

487	449	99	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
469	221	77	AREA 6	KENNEDY
483	204	216	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
474	349	128	AREA 7	bosa
479	158	122	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
485	334	81	AREA 6	KENNEDY
518	181	53	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
507	227	223	AREA 7	bosa
503	161	129	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
495	197	123	AREA 7	bosa
520	223	150	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
512	190	118	AREA 6	KENNEDY
490	196	157	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
519	271	105	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
497	221	180	AREA 6	KENNEDY
498	165	121	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
505	245	158	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
489	255	152	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
534	341	201	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
533	328	164	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
525	289	143	AREA 6	KENNEDY
523	234	151	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
527	333	165	AREA 7	bosa
532	295	95	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
535	230	113	AREA 7	bosa
542	201	96	AREA 6	KENNEDY
544	202	131	AREA 6	KENNEDY
526	303	165	AREA 7	bosa
539	158	122	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
521	689	198	AREA 6	KENNEDY
582	245	158	AREA 7	bosa
548	271	105	AREA 7	bosa
581	234	151	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
575	219	194	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
583	511	262	AREA 7	bosa
580	341	201	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
585	266	113	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
564	346	99	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
566	242	138	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
572	447	434	AREA 6	KENNEDY
545	212	173	AREA 7	bosa
546	222	176	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
607	124	123	AREA 6	KENNEDY

638	338	165	OPERATIVO	fontibon
622	229	173	AREA 6	KENNEDY
625	271	102	OPERATIVO	fontibon
627	85	ILC	OPERATIVO	fontibon
629	253	116	OPERATIVO	fontibon
587	336	165	AREA 7	bosa
595	338	238	AREA 6	KENNEDY
617	238	96	AEROPUERTO	FONTIBON
586	384	253	AREA 7	bosa
640	231	100	TERMINALTRANSPORTE	fontibon
597	177	84	AREA 6	KENNEDY
651	231	100	ECOLOGIA	fontibon
644	148	ILC	TERMINALTRANSPORTE	fontibon
648	165	109	ECOLOGIA	fontibon
657	331	174	ECOLOGIA	fontibon
653	370	201	ECOLOGIA	fontibon
659	440	198	ECOLOGIA	fontibon
643	282	101	TERMINALTRANSPORTE	fontibon
646	189	223	TERMINALTRANSPORTE	fontibon
22	81	ILC	AREA 6	KENNEDY
15	192	ILC	AREA 6	KENNEDY
24	ILC	ILC	AREA 6	KENNEDY
5	384	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
10	ILC	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
6	114	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
19	119	ILC	AREA 6	KENNEDY
12	199	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
16	125	ILC	AREA 6	KENNEDY
26	430	ILC	AREA 6	KENNEDY
9	ILC	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
80	ILC	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
58	139	ILC	AREA 5	FONTIBON
61	505	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
49	212	ILC	AREA 5	FONTIBON
85	ILC	ILC	AREA 3	SUBA
31	84	ILC	AREA 6	KENNEDY
27	ILC	ILC	AREA 6	KENNEDY
86	ILC	ILC	AREA 3	SUBA
32	111	ILC	AREA 6	KENNEDY
51	62	ILC	AREA 5	FONTIBON
46	530	ILC	AREA 5	FONTIBON
60	ILC	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
101	37	ILC	AREA 3	SUBA

90	48	ILC	AREA 3	SUBA
99	179	ILC	AREA 3	SUBA
100	184	ILC	AREA 3	SUBA
102	109	ILC	AREA 3	SUBA
92	46	ILC	AREA 3	SUBA
87	98	ILC	AREA 3	SUBA
89	85	ILC	AREA 3	SUBA
96	62	ILC	AREA 3	SUBA
94	144	ILC	AREA 3	SUBA
93	ILC	ILC	AREA 3	SUBA
120	189	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
116	46	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
119	141	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
107	80	ILC	AREA 3	SUBA
103	84	ILC	AREA 3	SUBA
121	47	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
109	176	ILC	GRUPO TAXIS	fontibon
104	69	ILC	AREA 3	SUBA
106	29	ILC	AREA 3	SUBA
111	34	ILC	13	fontibon
114	118	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
117	129	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
140	337	ILC	AREA 2	CHAPINERO
131	40	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
123	131	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
134	168	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
127	119	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
129	148	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
136	85	ILC	AREA 2	CHAPINERO
124	86	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
142	29	ILC	AREA 2	CHAPINERO
133	103	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
122	115	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
125	54	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
129	148	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
160	64	ILC	AREA 2	CHAPINERO
154	ILC	ILC	AREA 2	CHAPINERO
151	145	ILC	AREA 2	CHAPINERO
162	190	ILC	AREA 1	USAQUEN
152	89	ILC	AREA 2	CHAPINERO
159	111	ILC	AREA 3	SUBA
144	184	ILC	AREA 2	CHAPINERO
149	395	87	AREA 2	CHAPINERO

147	128	ILC	AREA 2	CHAPINERO
156	150	ILC	AREA 2	CHAPINERO
143	105	ILC	AREA 2	CHAPINERO
178	60	ILC	AREA 1	USAQUEN
193	83	ILC	AREA 1	USAQUEN
192	44	ILC	AREA 1	USAQUEN
177	124	ILC	AREA 1	USAQUEN
179	396	112	AREA 1	USAQUEN
185	132	ILC	AREA 1	USAQUEN
180	123	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
173	362	ILC	AREA 1	USAQUEN
133	102	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
142	29	ILC	AREA 2	CHAPINERO
167	35	ILC	AREA 1	USAQUEN
172	144	ILC	AREA 1	USAQUEN
174	142	ILC	AREA 1	USAQUEN
171	188	ILC	AREA 1	USAQUEN
169	621	77	AREA 1	USAQUEN
122	115	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
164	63	ILC	AREA 1	USAQUEN
163	72	ILC	AREA 1	USAQUEN
176	212	ILC	AREA 1	USAQUEN
165	198	ILC	AREA 1	USAQUEN
175	210	ILC	AREA 1	USAQUEN
168	215	ILC	AREA 1	USAQUEN
124	85	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
229	589	86	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
195	234	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
204	110	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
201	49	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
221	181	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
235	98	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
199	62	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
198	88	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
237	78	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
219	213	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
203	87	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
226	561	81	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
257	112	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
253	68	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
246	39	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
250	95	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
242	178	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA

259	108	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
243	ILC	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
244	205	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
249	ILC	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
251	134	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
247	58	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
238	ILC	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
291	59	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
270	59	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
289	312	51	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
272	88	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
275	149	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
264	ILC	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
274	82	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
268	335	86	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
269	62	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
285	59	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
334	101	ILC	AEROPUERTO	FONTIBON
263	107	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
360	147	ILC	AREA 5	FONTIBON
351	229	ILC	AREA 5	FONTIBON
369	ILC	ILC	AREA 5	FONTIBON
358	176	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
362	189	ILC	AREA 5	FONTIBON
341	24	ILC	AREA 5	FONTIBON
353	132	ILC	AREA 5	FONTIBON
355	160	ILC	AREA 5	FONTIBON
356	70	ILC	AREA 5	FONTIBON
349	377	69	AREA 5	FONTIBON
354	80	ILC	AREA 5	FONTIBON
357	90	ILC	AREA 5	FONTIBON
406	476	ILC	AREA 12	SUBA, CARRERA 30 CON 96
404	46	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
389	87	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
407	ILC	ILC	AREA 3	SUBA
402	ILC	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
405	46	ILC	AREA 12	autonorte
409	96	ILC	AREA 3	SUBA
386	59	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
392	122	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
377	130	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
376	70	ILC	AREA 5	FONTIBON
373	65	ILC	AREA 5	FONTIBON

440	583	61	AREA 7	bosa
420	117	ILC	AREA 2	CHAPINERO
424	68	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
415	391	ILC	AREA 2	CHAPINERO
423	66	ILC	CARRETERAS	USAQUEN, PERIFERIA
421	77	ILC	AREA 2	CHAPINERO
442	17	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
412	62	ILC	AREA 2	CHAPINERO
416	138	ILC	AREA 2	CHAPINERO
411	301	84	AREA 2	CHAPINERO
410	ILC	ILC	AREA 3	SUBA
441	39	ILC	AREA 6	KENNEDY
466	40	ILC	AREA 7	bosa
450	561	76	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
449	164	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
455	41	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
470	122	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
459	91	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
447	39	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
460	26	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
452	524	145	AREA 7	bosa
465	56	ILC	AREA 6	KENNEDY
454	14	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
463	10	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
500	319	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
480	73	ILC	AREA 4	BARRIOS UNIDOS
504	203	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
488	52	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
471	59	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
482	157	ILC	AREA 7	bosa
499	223	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
508	105	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
506	289	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
481	108	ILC	AREA 7	bosa
486	98	ILC	AREA 7	bosa
473	32	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
536	98	ILC	AREA 6	KENNEDY
531	222	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
511	ILC	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
522	76	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
517	128	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
528	83	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
524	ILC	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE

529	97	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
509	104	ILC	AREA 7	bosa
537	699	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
514	ILC	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
510	120	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
554	58	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
553	172	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
538	430	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
549	69	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
550	174	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
547	55	ILC	AREA 7	bosa
551	42	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
552	17	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
541	110	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
540	84	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
543	93	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
556	ILC	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
590	72	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
578	50	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
588	70	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
569	29	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
561	71	ILC	AREA 9	MARTIRES, CANDELARIA, SANTA FE
589	62	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
560	35	ILC	AREA 10	ANTONIO NARIÑO, RAFAEL URIBE URIBE
558	231	ILC	AREA 11	carrera 30 desde 94 hasta 11 sur
559	94	ILC	AREA 9	centro
584	104	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
596	56	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
573	ILC	ILC	AREA 8	CIUDAD BOLIVAR, USME
647	178	ILC	OPERATIVO	fontibon
652	86	ILC	ECOLOGIA	emisiones carros
655	235	ILC	ECOLOGIA	fontibon
641	70	ILC	TERMINALTRANSPORTE	fontibon
637	90	ILC	OPERATIVO	fontibon
650	168	ILC	ECOLOGIA	fontibon
632	76	ILC	OPERATIVO	fontibon
639	205	ILC	OPERATIVO	fontibon
634	80	ILC	OPERATIVO	fontibon
635	174	ILC	OPERATIVO	fontibon
619	74	ILC	AEROPUERTO	FONTIBON
618	110	ILC	AEROPUERTO	FONTIBON
658	129	ILC	ECOLOGIA	fontibon
656	590	83	ECOLOGIA	fontibon

295	55	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
216	72	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
206	58	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
289	93	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
234	114	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
218	111	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
213	63	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
207	97	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
233	95	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
328	108	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
326	97	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
307	70	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
308	78	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
309	91	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
300	127	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
323	81	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
427	81	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
210	181	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
211	46	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
225	81	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
229	157	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
219	285	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
262	61	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
217	60	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
231	83	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
227	44	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
228	131	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
224	95	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
277	48	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
220	320	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
226	79	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
298	70	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
283	83	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
297	229	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
290	182	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
292	139	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
285	38	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
296	421	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
280	49	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
288	32	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
278	53	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
294	24	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
299	51	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO

322	290	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
314	47	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
301	55	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
320	14	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
305	72	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
312	30	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
313	26	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
302	113	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
304	29	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
315	41	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
303	150	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
324	53	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
614	335	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
605	108	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
613	95	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
610	63	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
325	513	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
603	68	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
332	109	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
602	62	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
333	31	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
623	324	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
604	76	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
425	392	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
329	26	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
205	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
208	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
209	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
212	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
214	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
221	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
222	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
230	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
232	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
278	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
281	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
284	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
287	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
291	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
293	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
306	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
310	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
316	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO

317	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
318	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
319	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
321	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
327	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
330	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
331	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
426	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
598	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
599	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
600	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
605	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
609	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
611	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
612	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO
615	ILC	ILC	DIRECCIONSANIDAD-DISAN	TEUSAQUILLO

ANEXO 3.

PROTOCOLO PARA MEDICIÓN DE PARTÍCULAS NO REGULADAS EN OTRA PARTE.

Definición: aerosol colectado por muestreador con punto de corte promedio de 4-µm.
Método. 0600, Versión 3: 15 Enero 1998.
Evaluación. Total.
Limites: OSHA: 5 mg/m^3
NIOSH: no REL.
ACGIH: 3 mg/m^3.

Este método describe el equipo y los procedimientos necesarios para la toma de muestra, con filtros de cloruro de polivinilo (PVC), y la determinación gravimétrica de material particulado en aire.
MEDICION
Técnica: Gravimetría (peso del filtro)
Analito: fracción másica de polvo respirable.
Balanza: 0.001 mg sensibilidad, usando la misma balanza antes y después de la recolección.
Calibración: Según norma de Instituto Nacional de Estándares y Tecnología.
Rango: 0.1 a 2 mg por muestra.
Carga Estimada: 0.03 mg por muestra.
Precisión: < 10 µg con 0.001 mg de sensibilidad en la balanza;
< 70 µg con 0.01 mg de sensibilidad en la balanza.

MUESTREO:
Muestreador: Ciclón mas filtro (ciclón de nylon de 10 mm, ciclón Higgins-Dewel (HD) o ciclón aluminio + membrana de 5 µm membrana PVC).
Tasa de Flujo: ciclón nylon: 1,7 L/min.
Ciclón HD: 2.2. L/min.
Ciclón aluminio: 2.5 L/min.
Volumen mínimo: 20 L @ 5 mg/m^3.
Volumen máximo: 400 L.
Equipamiento: rutina.
Estabilidad de la muestra: estable.
Blancos: 2 a 10 campos en blanco por set.

EXACTITUD:
Rango estudio: 0,5 a 10 mg/m^3.
Sesgo: dependiente del la distribución del tamaño de polvo.
Precisión global: dependiente de la distribución del tamaño.
Exactitud: dependiente de la distribución del tamaño.

APLICABILIDAD: el rango de trabajo es 0,5 a 10 mg/m^3 para 200 L de aire muestreado. El método mide la concentración másica de cualquier polvo respirable no volátil. Adicionalmente los polvos inertes, el método ha sido recomendado para polvo de carbón respirable. El método es sesgado a la luz de la reciente definición adoptada internacionalmente para polvo respirable ej. +7% sesgo en partículas no diesel, partículas de minería carbón.

INTERFERENCIAS: partículas mayores al polvo respirable (mayor a 10 µm) ha sido hallado en algunos casos por análisis microscópico de los filtros del ciclón. Recolección de todos los tamaños de partículas en las muestras pueden ser causadas por inversión de los ciclones ensamblados. Partículas pesadas, fibras y partículas saturadas de agua pueden interferir con las propiedades de selección de tamaño del ciclón. El uso de muestreadores conductivos es recomendados para disminuir el efecto de la carga de las partículas.

OTROS METODOS: Este método es basado en la hoja de datos de muestreo #29.02.

EQUIPOS:

1. Muestreador:
    a. Filtro: 5.0 µm tamaño poro, filtro de cloruro de polivinilo o filtro de membrana equivalente hidrofóbica soportado por un soporte de filtro.
    b. Ciclómetro: 10 mm nylon.
2. Bomba personal muestreo: 1.7 L/min ± 5% para ciclómetro de nylon, 2.2 L/min ± 5% para HD ciclómetro, o 2.5 L/min ± 5%.
3. Balanza analítica, con una sensibilidad de 0.001 mg.
4. Pesos estandarizados.
5. Neutralizador de estática.
6. Fórceps (preferiblemente de nylon) sin estría o bordes.
7. Cámara ambiental o cuarto aislado para balanza a condiciones de 20 C y 50 ± 5% Humedad Relativa.

PRECAUCIONES ESPECIALES: Ninguna.

PREPARACION DE LOS MUESTREADORES ANTES DEL MUESTREO:

1. Acondicionar los filtros en un ambiente controlado en el área de pesado o una cámara por los menos de 2 horas.
2. Pesar los filtros en un área controlada. Grabar la tara del filtro, Peso1 (mg).

-Debe estar en cero la balanza antes del pesaje.
-Cargar los filtros con fórceps.
-Pasar el filtro sobre una fuente antiestática. Repetir este paso si el filtro no se libera fácilmente por los fórceps o si atrae el plato de la balanza. La electricidad estática puede causar pesos erróneos de lectura.

3. Coloque los filtros en un porta filtros y asegure firmemente para que no se desplace.

4. Remueva la capa de granos de arena del ciclón antes de usar o inspeccione el interior del ciclón. Si en el interior se encuentra rayado, descarte este ciclón ya que sus características de separación de polvo pueden alterarse. Limpie el interior del ciclón para prevenir la reentrada de grandes partículas.

5. Coloque la cabeza del muestreador. Cheque la alineación del porta filtro y el ciclón en el cabezote del muestreador para prevenir escapes.

MUESTREO:

5. Calibre cada bomba de muestreo personal al flujo apropiado con un muestreador representativo en línea.

NOTA 1. Porque su diseño interior, ciclones de aluminio y nylon son calibrados dentro de un gran vaso con los puertos de entrada y salida. La entrada es conectada al calibrador (ej. Calibrador de burbuja). La salida del ciclón es conectada al puerto de salida dentro del vaso, y la salida del vaso es conectada a la bomba. Ver apéndice para procedimientos de calibración alterno (el calibrador no puede ser conectado directamente al ciclón HD).
NOTA 2. Cada vez que la tasa de flujo cambie por una cantidad conocida entre la calibración y el uso, las tasas de flujo nominales son usadas para calcular las concentraciones porque el hecho de auto corrección de los ciclones.

6. Muestra de 45 min a 8 horas. No deben exceder 2 mg de carga de partículas en el filtro. Toma 2 a 4 muestras replicar para cada grupo de campo muestreado, asegurando la calidad del procedimiento de muestreo.

NOTA: No se puede permitir que los dispositivos de muestreo se inviertan en cualquier tiempo. Cambiar el ciclón por otro cualquiera de orientación horizontal puede depositar material de gran tamaño dentro del cuerpo del ciclón y el filtro.

PREPARACION DE LA MUESTRA:

7. Remover la parte superior y el tapón superior del cassette porta filtro. Equilibrar por lo menos 2 horas en un ambiente controlado o cámara.

CALIBRACION Y CONTROL CALIDAD:

8. Verifique que la microbalanza se encuentre en cero en todos los pesajes. Use la misma microbalanza para pesar los filtros antes y después de la recolección de las muestras. Calibre la balanza con los estándares de la National Institute of Standars and Technology Class S-1.1 o ASTM Class 1 weights.
9. El conjunto de las muestras de campo replicas o blanco puede ser expuesto a algunas partículas ambientales, ya sea en una cámara de partículas de laboratorio o en campo. Las muestras de control de calidad deben ser tomadas con los mismos equipos, procedimientos, y usadas por el mismo personal en la rutina de las muestras de campo. El cálculo de precisión para estas réplicas y de la desviación estándar relativa (Sr) debe ser registradas en hojas de control. Se deben tomar las acciones correctivas cuando la precisión está fuera del control.

MEDICION:

10. Pesar cada filtro, incluyendo los filtros en blanco. Registre los pesos posterior al muestreo, W_2 (mg), al lado de su correspondiente peso tara. Registre cualquier novedad acerca del filtro (ej. Partículas visibles, sobrecarga, fuga, humedad, rotura, etc).

CALCULOS

11. Calcular la concentración de partículas respirables, C (mg/m^3), en el volumen de aire muestreado, V (L):

$$C = \frac{(W2-W1) - (B1-B1)}{V} \cdot 10^3 \text{ , } mg/m^3$$

Donde: W1 = peso tara del filtro antes del muestreo (mg)
W2= peso posterior al muestreo de la muestra contenida en el filtro (mg).
B1= peso promedio de tara de los filtros en blanco (mg).
B2= peso promedio posterior al muestreo de los filtros en blanco (mg).
V = volumen muestreado de la tasa de flujo nominal (ej., 1,7 L/min o 2.2. L/min)

EVALUACION DEL METODO:

1. Sesgo: en las mediciones del polvo respirable, el seso en la muestra es calculado relacionado a la convención del apropiado polvo respirable. La teoría para calcular el sesgo es desarrollado por Bartley y Breuer. Para este método, el sesgo, por lo tanto, depende de la convención internacional para polvo respirables, las curvas de penetración de ciclones, y el tamaño de la distribución del polvo ambiental. Basado en las mediciones de la curva de penetración para flujo no pulsante, el sesgo de este método se muestra en la figura No. 1.
2. Para distribuciones de tamaño de partículas del área sombreada, el sesgo del método tiende ha estar dentro de ± 0,10 del criterio establecido por la NIOSH para la validación del método. Sesgos mayores a ± 0,10 podrían esperarse para algunos aerosoles de ambientes de trabajo. Sin embargo, sesgos dentro de ± 0,20 podrían esperarse para polvo con desviaciones estándar geométricas mayores a 2.0, las cuales en este caso se encuentran en muchos ambientes laborales.
3. Los sesgos pueden también ser causados por la vibración de los ciclones en las bombas de muestreo personal. Bartley, y cols., mostraron que muestras de ciclones con flujo cambiante pueden tener sesgos negativos tan grandes como -0,22 en comparación a las muestras con flujos fijos. La magnitud del sesgo depende de la amplitud de la variación del ciclón de apertura y la distribución del tamaño del polvo. Para bombas con tasas de flujo instantáneo dentro 20% del promedio, la variación de la magnitud del sesgo es menor a 0,02 para distribuciones de tamaño polvo encontradas en los sitios de trabajo.
4. Cargas eléctricas en el polvo y el ciclón pueden también causar sesgos. Briant y Moss han hallado sesgos electrostáticos tan grandes como -50%, y muestran que los ciclones hechos de nylon recubiertos con grafito eliminan este problema. Uso de muestreadores conductivos y casettes para filtros son recomendados.

PRECISIÓN

La precisión de la determinación gravimétrica para un procedimiento similar al descrito y en el que está basado este método es de aproximadamente 0,08 mg por muestra. Este valor depende del peso del filtro y de la precisión con la que se determina este peso, por lo que es un dato que necesita ser evaluado en cada laboratorio.

La precisión total del método tiene un coeficiente de variación calculado de 0,056 para la determinación de polvo total en el intervalo de 8 a 28 mg/m^3 para volúmenes de muestreo de 200 l de aire.

En el caso de la fracción respirable la precisión total para una única muestra tiene coeficientes de variación calculados entre 0,043 y 0,145 en el intervalo de 0,5 a 5 mg/m^3, en ensayos de laboratorio y utilizando una balanza de sensibilidad 0,01 mg. En pruebas en campo, utilizando la misma balanza, la precisión se estima entre 0,144 y 0,227 para concentraciones de 1 a 10 mg/m^3.

ANEXO 4.

GUÍAS ESTANDARIZACIÓN ESPIROMETRÍA

La espirometría es una prueba fisiológica que evalúa como un individuo inhala o exhala volúmenes de aire en función del tiempo. La principal medida de la espirometría puede ser el volumen o el flujo.

Es una herramienta importante en el diagnóstico del estado respiratorio de un paciente, sin guiar directamente a al diagnóstico etiológico. Algunas de las indicaciones de la espirometría son diagnósticas, de monitoreo, terapéuticas, evaluación de discapacidad y alteración y salud pública. En el presente proyecto, sus indicaciones son:

Diagnósticas

- Para evaluar síntomas, signos o anormalidad en las pruebas de laboratorio.
- Para medir los efectos de la enfermedad en la función pulmonar.
- Para tamizar los individuos con riesgo a desarrollar enfermedad pulmonar.

Monitoreo

- Para monitorizar las personas expuestas a agentes nocivos.

Salud Pública

- Investigación clínica
- Encuestas epidemiológicas.

Entre los aspectos más importantes son la Capacidad Vital Forzada (CVF), el cuál es el volumen liberado durante una espiración forzada y completa posterior a una inspiración plena, y el volumen forzado espiratorio (VEF) en un segundo, el cual es el volumen en el primer segundo de una maniobra de CVF.

Una espirometría puede realizarse con diferentes equipos y requiere cooperación entre el sujeto y el examinador, y los resultados obtenidos pueden depender tanto de factores técnicos como personales. La variabilidad de los resultados pueden ser disminuidos y precisión de la medida puede mejorarse, si el rango de los valores normales poblacionales es estrecho, permitiendo detectar más fácilmente las anormalidades.

En 1979 se realizó el primer comité para estandarización de la espirometría por la Sociedad Americana de Tórax (ATS en inglés). Este ha sido actualizado en 1987 y 1994.

Equipos:

Requerimientos

El espirómetro debe ser capaz de acumular un volumen mayor a 15 segundos y medir volúmenes ≥ 8 L con una precisión de al menos ± 3% por lectura o ± 0.050 L, aunque puede ser mayor con flujos entre 0 y 14 $L*s^{-1}$. La resistencia total al flujo de aire de 14 $L*s^{-1}$ debe ser < 1.5 cm $H_2O.L^{-1}*s^{-1}$. La resistencia total debe ser medida con teniendo en cuenta tubos, válvulas, prefiltros, etc. Entre el sujeto y el espirómetro.

Validación: se recomienda que los sistemas de espirometría puedan ser evaluados usando una jeringa mecánica guiada por computador o su equivalente, siguiendo el test del rango de exhalaciones son similares a las encontradas en las pruebas poblaciones.

Control de calidad. El control de calidad del equipo y la calibración son parte importante de las buenas prácticas de laboratorio. Como mínimo, los requerimientos son los siguientes:

1. Una curva de resultados de calibración debe tenerse.
2. Historial de reparaciones u otras modificaciones realizadas al equipo.
3. Actualización de los datos de programación y equipamiento del computador.
4. Si el equipo es movilizado debe calibrarse antes de emplearse.

A continuación se presenta un resumen de los controles de calidad al equipo:

Prueba	Intervalo Mínimo	Acción
Volumen	Diario	Chequeo de calibración con una jeringa 3L
Pico	Diario	3 cm H2O (0.3 Kpa) a presión constante por 1 min.
Linearidad del Volumen	Cada 4 día	1 L incrementos en la jeringa de calibración medida
Linearidad de flujo	Semanalmente	Prueba de al menos tres diferentes rangos de flujo
Tiempo	Cada 4 día	Registro mecánico de chequeo con cronómetro
Programa	Nuevas versiones	Curva datos instalación y prueba desempeño usando un sujeto “conocido”

La Calibración es el procedimiento para establecer la relación entre los valores de flujo o volumen determinados por el sensor y el flujo o volumen actual.

El chequeo de la calibración es diferente a la calibración y se usa para validar que el dispositivo esta dentro de los límites de calibración. Si un dispositivo falla en el chequeo de calibración, un nuevo procedimiento de calibración o mantenimiento al equipo debe realizarse. Los chequeos de calibración deben realizarse diariamente, o más frecuentemente según indicaciones del fabricante.

Control de calidad para las mediciones realizadas a volúmenes.

La exactitud del volumen del espirómetro debe ser chequeada al menos diariamente, con una simple descarga de una jeringa de calibración de 3 L. El chequeo de la calibración diaria es altamente recomendado ya que puede detectar un problema, y también ayuda a definir la variabilidad del laboratorio dia a día. Chequeos más frecuentes deben realizarse en circunstancias especiales: pruebas en industrias u otros estudios a un gran número de sujetos, en este caso debe ser mayor al día. Cuando la temperatura ambiental cambia, la exactitud del volumen debe chequearse con mayor frecuencia y deben aplicarse los factores de corrección respectivos.

El chequeo de la linearidad dada por los fabricantes, es equivalente a uno de los siguientes procedimientos donde se comparan volúmenes observados con las correspondientes mediciones acumuladas de volumen.

Control de la calidad de las mediciones de flujo realizadas.

Para valorar la precisión del volumen, los chequeos de calibración deben hacerse al menos a diario, usando una descarga de una jeringa de 3-L al menos tres veces con lo que se obtiene un rango de flujos variando entre 0.5 y 12 $L*s^{-1}$. El volumen de cada flujo podría encontrar la precisión requerida de ±3.5%. Para dispositivos que usan sensores de flujo desechables, un nuevo sensor debe ser utilizado para evaluar a los pacientes cada día.

Realización de la Prueba.

Hay tres distintas fases de la maniobra de CVF que son:
1. Inspiración máxima
2. Espiración rápida forzada, y
3. Completar la exhalación para terminar la prueba.

El técnico debe demostrar la maniobra apropiada para el seguimiento del procedimiento descrito a continuación para registrar una CVF:

Chequear la calibración del espirómetro

Explicar la prueba

Preparar el sujeto

- Interrogar acerca de tabaquismo, enfermedad reciente, uso de medicamentos,
- Medir el peso y la talla sin zapatos.

Lavarse las manos

Instruir y demostrar la realización de la prueba al sujeto, esto incluye

- Postura correcta con la cabeza ligeramente elevada
- Inhalar rápidamente y completamente
- Colocar la boquilla (circuito abierto)
- Exhalar con esfuerzo máximo

Realizar la maniobra (método del circuito cerrado)

- Tener al sujeto asumiendo la posición correcta
- Ocluir con un clip la nariz, colocar la boquilla en la boca y colocar los labios alrededor de esta
- Inhalar completamente y rápidamente con una pausa de menos de 1 segundo de la CPT
- Exhalar al máximo hasta que no pueda expeler más aire manteniendo la postura erecta
- Repetir instrucciones como sea necesario, dirigir vigorosamente
- Repetir por un mínimo de tres maniobra, no mas de ocho usualmente se requieren
- Chequear el test de repetibilidad y realizar más maniobras si es necesario

Realización de la maniobra (circuito abierto)

- Adecuar al sujeto en la postura correcta
- Colocar un clip en la nariz
- Inhalar completamente y rápidamente con una pausa de menos de 1 s de la CPT
- Posicionar la boquilla en la boca y colocar los labios alrededor de ella

- Exhalar al máximo hasta que no pueda expeler más aire manteniendo la postura erecta
- Chequee la prueba de repetitividad y realizar más maniobras según sea necesario.

El sujeto debe inhalar rápidamente y completar su Capacidad Residual Funcional, el tubo de respiración debe insertarse dentro de la boca del sujeto, hacer un correcto sello con los labios alrededor de la boquilla sin que la lengua lo ocluya, y entonces la maniobra de CVF debe realizarse sin la más mínima vacilación.

Reducciones del PEF y VEF1 deben ser mostradas cuando la inspiración es lenta y/o cuando hay una pausa de 4-6 s de la capacidad pulmonar total antes de iniciar la exhalación. Es importante que la inspiración sea rápida y sin pausas, La prueba asume una inhalación total antes del inicio de la exhalación forzada, y esta es imperativa que el sujeto tome una inhalación completa antes del inicio de la maniobra. El sujeto podría se estimulado a soplar o no, el aire de sus pulmones, y así exhalar completamente. Sin embargo, el que dirige la maniobra debe de manera entusiastamente apoyar los esfuerzos que realiza el individuo.

Punto de fin de prueba.
La curva tiempo-volumen no muestra cambios en volumen (<0.025 L) por > 1 s, y el sujeto tiene que exhalar por lo menos 3 segundos en niños menores de 10 años, y mayor o igual a 6 segundos en sujetos mayores a 10 años de edad.

Criterios Adicionales. Tos durante el primer segundo de la maniobra puede afectar la medición del VEF1. Tos en el primer segundo o cualquier otro síntoma, interfiere con la exactitud de la medición, esto debe ser vigilado por el técnico.

Criterio de Flujo aceptable:
Los criterios de aceptabilidad de inicio y final de la prueba deben cumplirse. Adicionalmente, el técnico podría observarse que el sujeto entendió las instrucciones y realizó la maniobra con una inspiración máxima, un buen comienzo, una espiración continua pareja y un esfuerzo máximo. Las condiciones de seguimiento deben estar presentes:
1. Sin un inicio insatisfactorio de la espiración, caracterizado por un excesiva vacilación o un volumen extrapolado VE de inicio falso >5% de la CVF o 0.150 L, cualquiera es mayor.
2. Sin tos durante el primer segundo de la maniobra, ya que afecta el valor del VEF1, o algún otra tos que, al juicio del técnico, interfiere con la medición de la exactitud de la prueba.
3. Sin terminación temprana de la espiración
4. Sin una maniobra de Valsalva (glotis cerrada) o vacilación durante la maniobra que causa un cese del flujo del aire, cuales evita la exactitud de la medición del VEF1 o CVF
5. Sin una abertura
6. sin una obstrucción en la boquilla
7. Sin evidencia de una respiración extra durante la maniobra.

Criterios dentro de la maniobra.
El Espirograma individual es aceptable si:

Esta libre de artefactos

- Tos durante el primer segundo de exhalación
- Cierre de la glotis influencia la medición
- Terminación temprana o punto de corte
- Esfuerzo realizado no es el máximo
- Abertura
- Obstrucción de la boquilla

Tiene un buen inicio

- Volumen extrapolado <5% de la CVF O 0.15 l, cualquiera mayor a este.

Exista una exhalación satisfactoria

- Duración de mayor o igual a 6 s(3 s para niños) o una meseta en la curva tiempo volumen o
- Si el sujeto no puede o no puede continuar la exhalación

Criterios entre maniobras.
Después de que tres aceptables espirogramas se han obtenido, se aplican las siguientes pruebas:

- Los dos mayores valores de CVF no debe ser diferentes de 0.150 L uno respecto al otro.
- Los dos mayores valores del VEF1 deben ser diferentes en 0.150 L entre ellos.

Si alguno de esos criterios se cumple, la sesión de prueba finaliza.
Si alguno de esos criterios no se logra, se prosigue la prueba hasta:

- Alguno de los criterios se logre con análisis adiciona de espirogramas aceptables o
- Un total de 8 pruebas tienen el desempeño (opcional) o
- El paciente o sujeto no puede continuar.

Guardar, como mínimo, tres maniobras satisfactorias.

Selección de la prueba resultante
CVF y VEF1 podría ser medido de una serie de al menos tres curvas espiratorias forzadas que tienen un inicio aceptable y libre de artefactos, como tos. La mayor CVF y VEF1 podría ser grabado después de examinar los datos de todos los usados en la curvas.

Estandarización del VEF1 del volumen espirado, VEF1/CVF y VEF1/CV
En algunos pacientes, un lento o CV no forzada o Capacidad Vital Inspiratoria puede proveer un mayor o más apropiado denominador para el cálculo del VEF1/CV%. Algunos investigadores han reportado que CV es ligeramente mayor que la CVF en sujetos normales.

PEF es usualmente obtenido de la curva flujo-volumen. Esto es el flujo espiratorio máximo alcanzado por la máxima espiración forzada, iniciando sin vacilación de un punto de máxima inflación pulmonar, expresado en L*s-1. Cuando PEF es un registro usado por un Pico flujo portátil, es frecuentemente expresado en L-min-1.

Test de reversibilidad.

Es una determinación de la reversibilidad de la limitación al flujo aéreo con la administración de una droga. La elección del medicamento, dosis y modo de administración es decisión del clínico.

El objetivo de la prueba es determinar si la función pulmonar mejora con la adición de una terapia en su tratamiento regular, entonces el sujeto puede continuar con su medicación regular antes de la prueba.

Si el clínico quiere determinar mientras si alguna evidencia de limitación reversible al flujo, entonces el sujeto podría ser sometido a una prueba de función basal cuando no toma ninguna medicación previa a la prueba. Drogas inhaladas de corta acción podrían no ser usadas dentro 4 horas antes de la prueba. Broncodilatadores de larga acción y terapia oral con aminofilina o liberación lenta deben ser consumidas 12 horas antes de la prueba. Fumar al igual debe restringirse por lo menos más de una hora antes de la prueba y durante la misma.

Método:

Los pasos a seguir son:

1. El sujeto tiene tres pruebas aceptables de VEF1, CVF y PEF grabadas de la forma ya descrita previamente.
2. Los medicamentos son administrados en la dosis y por el método indicado por la prueba. Por ejemplo, después un generosa y espiración incompleta, una dosis de 100 ug de albuterol/salbutamol es inhalado en una respiración de la CPT desde el dispositivo espaciador. La respiración es retenida 5-10 s antes que el sujeto exhale. Cuatro dosis separadas (total de 400 µgrs dosis) son administrados en intervalos de 30 s. Esta dosis se incrementa la respuesta para obtener una curva dosis respuesta. Una dosis baja puede ser usada si hay antecedentes de efectos en la frecuencia cardiaca o temblor. Otras drogas pueden ser usadas. Para agentes anticolinérgicos como Bromuro de Ipratropio, la dosis total es 160 µg.

Tres pruebas aceptables son registradas ≥ 10 min o mayor a 15 min después de los agonistas β2-agonistas, y 30 minutos después de los agentes anticolinérgicos de corta acción.

Comentarios a la dosis y el método de liberación:
Estandarización de la dosis de broncodilatador administrada es necesaria en orden de estandarizar la definición de una respuesta significativa al broncodilatador. La rata de deposición pulmonar de una droga con volumen corriente desde un nebulizador no ventilado podría depender de la concentración de drogas, rata de salida del nebulizador, distribución del tamaño de partículas, y la proporción del tiempo empleado en la inspiración del total del tiempo respiratorio. La fracción del aerosol transportado en partículas con un diámetro de ≤ 5 µm que se espera se deposite en un pulmón de adulto si es inhalado a través de una boquilla se define como fracción respirable (FR). La deposición pulmonar de los inhaladores de polvo seco es específica de los dispositivos, y es mayor con nebulizadores no ventilados.

CONSIDERACIONES TECNICAS.
Recomendaciones Mínimas para sistemas de espirometría.
La precisión de los resultados requiere un equipo preciso. La precisión de un sistema de espirometría depende de las características de todo el sistema, del volumen o trasductor de flujo y el uso de una línea de filtro, un registrador y un

procesador. Cambios en cualquier aspecto del equipo o errores en cualquiera de los pasos del proceso puede afectar la precisión de los resultados.

Corrección BTPS

Todas los valores de espirometría pueden ser reportados por BTPS por cualquier método (midiendo la temperatura y presión barométrica) que provea el fabricante. Para los espirómetros de tipo volumen, la temperatura dentro del espirómetro podría ser medida por cada maniobra de respiración. Independiente de la técnica de corrección BTPS que se use, la temperatura ambiente debe siempre ser registrada con una exactitud de ± 1°C. En situaciones donde la temperatura del aire ambiente cambia rápidamente (> 3 °C en < 30 min), correcciones de temperatura continuas pueden ser necesarias. Los usuarios de espirómetros podría ser prevenidos de los problemas potenciales con pruebas realizadas con temperaturas ambientales bajas: 17 °C es el límite inferior para la temperatura ambiente, a menos que el fabricante recomiende que se puede emplear a bajas temperaturas ambientales. Si la presión barométrica no es usada para el cálculo de la corrección BTPS, el rango de las presiones barométricas válidas mayores a la corrección deben ser publicadas por el fabricante.

Contraindicaciones del Uso de la Espirometría.

- Desórdenes agudos que afectan el desarrollo de la prueba (ej. Vómito, náusea, vértigo)
- Hemoptisis de causa desconocida (Maniobra CVF puede agravar la condición)
- Neumotórax
- Cirugía reciente abdominal o torácico
- Cirugía ocular reciente.
- Infarto de miocardio reciente o angina inestable.
- Aneurisma Torácico (riesgo de ruptura por incremento de la presión intratoráxica)

BIBLIOGRAFIA

1. OPS, *Organizacion Panamericana de la Salud. Evaluación de los efectos de la Contaminación del aire en la Salud de América Látina y el Caribe.*, OPS, Editor. 2005, OPS: Washington D.C.
2. Onursal, B. and S. Gautam, *Vehicular air pollution: experiences from seven Latin American urban centers*. 1997: World Bank Publications.
3. OMS., *Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la salud en el mundo*. 2002.
4. Luengas AT, R.J., Guzman LE, Ospino H, Gómez DA, López JL, Barahona NA., *Informe anual de calidad de aire de Bogota-2008. Red de monitoreo de calidad del aire. Secretaria Distrital Ambiente.* 2009.
5. Behrentz E, S.N., Fandiño M., *Definición de elementos técnicos para la formulación de políticas distritales encaminadas al mejoramiento de la calidad del aire en Bogotá. Reporte Final. Parte A - Inventario de Emisiones provenientes de Fuentes Fíjas.* Informe técnico, 2008.
6. Behrentz E, S.N., Rodriguez PA., *Definición de elementos técnicos para la formulación de políticas distritales encaminadas al mejoramiento de la calidad del aire en Bogotá. Reporte Final. Parte B. Inventario de Emisiones Provenientes de Fuentes Vehículares.* Informe técnico, 2008.
7. HM, G., *Evaluacion del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión. Estudio de caso. Bogotá.* Facultad de Ingenieria. Documento técnico, 2006.
8. Palma VR, G.H., *Distribución de tamaños de partículas en áreas de influencia vehicular (Av. Jimenez, Cra 7 y Av. Ciudad de Quito).* . Tesis de grado. Facultad Ingenieria., 2007.
9. Eller, P.M. and M.E. Cassinelli, *NIOSH manual of analytical methods*. 1994: DIANE Publishing.
10. NIOSH, *Manual of Analytical (NMAM), Particulates not otherwise regulated, respirable. Method 0600. Fourth Edition,* . 1994.
11. McCammon CS, W.M., *NIOSH. Manual of Analytical Methods. General Considerations for Sampling airbone contaminants.* 1998.
12. Harber, P., et al., *Respiratory protection guidelines. This official statement of the American Thoracic Society was adopted by the ATS Board of Directors, March 1996.* American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1996. **154**(4): p. 1153-1165.
13. Crapo, R.O., et al., *Guidelines for methacholine and exercise challenge testing-1999. This official statement of the American Thoracic Society was adopted by the ATS Board of Directors, July 1999.* Am J Respir Crit Care Med, 2000. **161**(1): p. 309-29.