

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención

de título de Ingeniera Ambiental

e Ingeniero Ambiental

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN
SUELO URBANO Y VEGETACIÓN DE CUENCA POR
ESPECTROMETRÍA ICP Y CÁLCULO DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN A
LA POBLACIÓN”**

AUTORES:

JESSICA KARINA MOROCHO MATUTE

BYRON PAÚL PUENTE ROCANO

TUTOR:

FREDI PORTILLA FARFÁN, PhD.

CUENCA – ECUADOR

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jessica Karina Morocho Matute con documento de identificación N° 0105993810 y Byron Paúl Puente Rocano con documento de identificación N° 0106523962, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales, en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN SUELO URBANO Y VEGETACIÓN DE CUENCA POR ESPECTROMETRÍA ICP Y CÁLCULO DE RIESGO DE EXPOSICIÓN A LA POBLACIÓN”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Ambiental* en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación al determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre del 2019



Jessica Karina Morocho Matute

C.I. 0105993810



Byron Paúl Puente Rocano

C.I. 0106523962

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN SUELO URBANO Y VEGETACIÓN DE CUENCA POR ESPECTROMETRÍA ICP Y CÁLCULO DE RIESGO DE EXPOSICIÓN A LA POBLACIÓN”**, realizado por Jessica Karina Morocho Matute y Byron Paúl Puente Rocano, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre del 2019



Fredi Portilla Farfán, PhD.

C.I: 0102824331

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jessica Karina Morocho Matute con documento de identificación N° 105993810 y Byron Paúl Puente Rocano con documento de identificación N° 0106523962, autores del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN SUELO URBANO Y VEGETACIÓN DE CUENCA POR ESPECTROMETRÍA ICP Y CÁLCULO DE RIESGO DE EXPOSICIÓN A LA POBLACIÓN”**, certificamos que el total contenido del *Trabajo Experimental* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre del 2019



Jessica Karina Morocho Matute

C.I. 0105993810



Byron Paúl Puente Rocano

C.I. 0106523962

DEDICATORIA

A mi familia con mucho amor y cariño le dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis.

Una dedicatoria especial para mi abuelita María Alejandrina por ser el pilar fundamental en la familia, fruto de nobles virtudes, enseñanzas y valores que los mantendré el resto de mi vida.

A mi amiga y compañera Jessica por su dedicación y responsabilidad en este proyecto. Te agradezco no solo por la ayuda brindada, sino por los buenos momentos en los que convivimos.

Byron Paúl

DEDICATORIA

A mis padres por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, me han permitido cumplir la realización de esta tesis, por inculcarme en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades, ha sido un orgullo y privilegio ser su hija.

A mis hermanas por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi amigo y compañero Paúl por apoyarme y extenderme su mano en los difíciles momentos, por los buenos momentos y por la amistad brindada durante todos estos años.

Jessica Karina

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitir tener y disfrutar de mis seres queridos, gracias a mis padres y hermano por apoyarme en cada decisión, proyecto y haber puesto toda la confianza en mí.

Byron Paúl

Gracias a Dios, a mis padres y hermanas por el apoyo incondicional, por el amor recibido, la dedicación, por la paciencia con la que cada día se preocupan por mi desarrollo personal y profesional, gracias por ser los principales promotores de mis sueños y por siempre anhelar lo mejor para mí.

Jessica Karina

Agradecemos a nuestro tutor Dr. Fredi Portilla por su guía en la realización de este trabajo experimental, igualmente al Dr. Pablo Arévalo y la Ing. Sandy Gavilanes por su tiempo y apoyo brindado en el laboratorio; a nuestros amigos por su amistad incondicional durante toda la estadía en la universidad.

Paul y Jessica

INDICE GENERAL

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema.....	1
1.2. Delimitación del área de estudio	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
CAPITULO II: MARCO TEORICO	3
2.1. Tipo de clima en la provincia del Azuay	3
2.2. Suelo	4
2.2.1. Tipo del suelo en la provincia del Azuay	4
2.2.2. Uso de suelo a nivel urbano en la Ciudad de Cuenca	6
2.3. Contaminación Ambiental.....	7
2.4. Contaminación atmosférica	9
2.5. Contaminación del agua	10
2.6. Contaminación del suelo	11
2.7. Fuentes de contaminación del suelo	12
2.8. Contaminación difusa	13
2.9. Contaminación local	13
2.10. Metales pesados en el suelo	14
2.10.1. Metales pesados en suelos urbanos de países latinoamericanos	14
2.11. Contaminación por cadmio en suelos urbanos.....	16
2.12. Metales pesados en la vegetación	18
2.12.1. Toxicidad del cadmio en la vegetación	20
2.13. Estrategias de tolerancia al cadmio.....	21
2.14. Fuentes de contaminación por cadmio.....	21
2.15. Mecanismo de acción de toxicidad del cadmio	22

2.16.	Efectos del metal cadmio en el medio ambiente.....	24
2.17.	Límites máximos y mínimos permisibles de cadmio en el suelo.....	25
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.....		26
2.18.	Desarrollo de la investigación.....	27
2.18.1.	Población.....	27
2.18.2.	Tipos de muestreo y descripción de las muestras	27
2.19.	Localización de las zonas investigadas.....	29
2.19.1.1.	Toma de Muestras Zona Norte	29
2.19.1.2.	Toma de Muestras Zona Centro	31
2.19.1.3.	Toma de muestras Zona Sur	34
2.19.2.	Selección de los lugares de Muestreo	36
2.20.	Tamaño de la Muestras Tomadas	36
2.21.	Métodos, Técnicas e Instrumentos.....	39
2.21.1.	Métodos para recolección de datos	39
2.21.1.1.	Encuestas	39
2.21.1.2.	Determinación de Cadmio en Suelo y Vegetación.....	40
2.22.	Equipos y Materiales.....	40
2.23.	Procedimiento	41
2.23.1.	Preparación de muestra de suelo	41
	CuarTEAMIENTO	41
2.23.2.	Preparación de muestra vegetal.....	43
2.24.	Espectrometría de Absorción atómica ICP	44
2.25.	Evaluación del Riesgo.....	47
2.26.	Instrumentos para el análisis estadístico	48
2.27.	Análisis Estadístico	48
2.27.1.	Tratamiento de los datos	48
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		49
2.28.	Caracterizas de la población en estudio	49
2.28.1.	Estadístico Descriptivo: Edad Población Encuestada Zona Norte de Cuenca	49
2.28.2.	Estadístico Descriptivo: Edad Población Encuestada Zona Centro Histórico de Cuenca	49
2.28.3.	Estadístico Descriptivo: Edad Población Encuestada Zona Sur de Cuenca.....	50
2.28.4.	Estadístico Descriptivo: Sexo Población Encuestada Zona Norte de Cuenca	51

2.28.5. Estadístico Descriptivo: Sexo Población Encuestada Zona Centro Histórico de Cuenca	51
2.28.6. Estadístico Descriptivo: Sexo Población Encuestada Zona Sur de Cuenca.....	52
2.28.7. Estadístico Descriptivo: Peso Corporal Población Encuestada Zona Norte de Cuenca	53
2.28.8. Estadístico Descriptivo: Peso Corporal Población Encuestada Zona Centro Histórico Cuenca.....	54
2.28.9. Estadístico Descriptivo: Peso Corporal Población Encuestada Zona Sur de Cuenca	55
2.28.10. Estadístico Descriptivo: Tiempo de Permanencia, comparación entre los sectores de estudio Zona Norte de Cuenca	56
2.28.11. Estadístico Descriptivo: Tiempo de Permanencia, comparación entre los sectores de estudio Zona Centro Histórico de Cuenca	57
2.28.12. Estadístico Descriptivo: Tiempo de Permanencia, comparación entre los sectores de estudio, Zona Sur de Cuenca.....	58
2.28.13. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de Enfermedades padecidas en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca, durante su tiempo de permanencia.....	60
2.28.14. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de Enfermedades padecidas en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca, durante su tiempo de permanencia	61
2.28.15. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de enfermedades padecidas en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca, durante su tiempo de permanencia	62
2.28.16. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de principales tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca.....	63
2.28.17. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca.....	63
2.28.18. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca	64
2.28.19. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Norte de Cuenca.....	66
2.28.20. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de alimentos que consume la población encuestada de la Zona Centro Histórico de Cuenca.....	67
2.28.22. Estadística Descriptiva: Frecuencia horas/día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Norte de Cuenca	68
2.28.23. Estadística Descriptiva: Frecuencia horas/ día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Centro Histórico de Cuenca.....	69
2.28.24. Estadístico Descriptivo: Frecuencia horas/día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Sur de Cuenca	70

2.29.	Determinación de Concentración de Cadmio en Suelos y Vegetación de la Zona Norte de Cuenca	71
2.30.	Determinación de la Concentración de Cadmio en Suelo y Vegetación de la Zona Centro Histórico de Cuenca.....	74
2.31.	Determinación de la Concentración de Cadmio en Suelo y Vegetación de la Zona Sur de Cuenca	77
2.32.	Promedios Mínimos, Máximos de las concentraciones de Cadmio	80
2.33.	Prueba de Hipótesis.....	81
2.34.	Comparación de los niveles permitidos de cadmio para suelo y vegetación según Normativa Nacional e Internacional.....	86
2.35.	Riesgo Toxicológico	87
2.36.	ESTRATEGIAS DE PREVENCION/ MITIGACION A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDO	89
3.	CONCLUSIONES	93
4.	BIBLIOGRAFIA	95
5.	ANEXOS	102
	ANEXO 1. Encuesta.....	102
	ANEXO 2. Resultados de la concentración de Cadmio	104
	ANEXO 3. Toma de Muestras y análisis de laboratorio	107

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Tipos de Clima en la provincia del Azuay</i>	3
<i>Tabla 2: Principales contaminantes atmosféricos y sus fuentes</i>	9
<i>Tabla 3: Criterios de calidad del suelo</i>	25
<i>Tabla 4: Criterios de Remediación o Restauración del suelo.</i>	25
<i>Tabla 5: Nivel de Confianza (z)</i>	37
<i>Tabla 6: Tamaño de mallas en el laboratorio de Ciencias de la Vida (UPS) estándar en Estados Unidos</i>	42
<i>Tabla 7: Estadístico descriptivo sobre la edad de la población de la Zona Norte de Cuenca</i>	49
<i>Tabla 8: Estadístico descriptivo sobre la edad de la población de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	49
<i>Tabla 9: Estadístico descriptivo sobre la edad de la población de la Zona Sur de Cuenca</i>	50
<i>Tabla 10: Zona Norte de Cuenca, población por sexo</i>	51
<i>Tabla 11: Zona Centro Histórico de Cuenca, población por sexo</i>	51
<i>Tabla 12: Zona Sur de Cuenca, población por sexo</i>	52
<i>Tabla 13: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Norte de la ciudad de Cuenca</i>	53
<i>Tabla 14: Porcentaje del peso corporal de la población encuestada Zona Norte</i>	53
<i>Tabla 15: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Centro Histórico de la ciudad de Cuenca</i>	54
<i>Tabla 16: Porcentaje del peso corporal de la población encuestada Zona Centro Histórico</i>	54
<i>Tabla 17: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Sur de la ciudad de Cuenca</i>	55
<i>Tabla 18: Porcentaje del peso corporal de la población encuestada Zona Sur</i>	55
<i>Tabla 19: Comparación de los diferentes sectores estudiados referente al tiempo de permanencia de la Zona Norte de Cuenca</i>	56
<i>Tabla 20: Comparación de los diferentes sectores estudiados en porcentaje referente al tiempo de permanencia de la Zona Norte de Cuenca</i>	56
<i>Tabla 21: Comparación de los diferentes sectores estudiados referente al tiempo de permanencia de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	57
<i>Tabla 22: Comparación de los diferentes sectores estudiados en porcentaje referente al tiempo de permanencia de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	57
<i>Tabla 23: Comparación de los diferentes sectores estudiados referente al tiempo de permanencia de la Zona Sur de Cuenca</i>	58
<i>Tabla 24: Comparación de los diferentes sectores estudiados en porcentaje referente al tiempo de permanencia de la Zona Sur de Cuenca</i>	59
<i>Tabla 25: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca, durante su tiempo de permanencia</i>	60
<i>Tabla 26: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca, durante su tiempo de permanencia</i>	61

<i>Tabla 27: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados e la Zona Centro Histórico de Cuenca, durante su tiempo de permanencia</i>	62
<i>Tabla 28: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca</i>	63
<i>Tabla 29: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	63
<i>Tabla 30: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca</i>	64
<i>Tabla 31: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Norte de Cuenca</i>	66
<i>Tabla 32: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	67
<i>Tabla 33: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la zona Sur de Cuenca</i>	67
<i>Tabla 34: Frecuencia de horas al día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Norte de Cuenca</i>	68
<i>Tabla 35: Frecuencia de horas al día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	69
<i>Tabla 36: Frecuencia de horas al día que permanecen al aire libre las personas encuestadas de la Zona Sur de Cuenca</i>	70
<i>Tabla 37: Concentración de Cadmio en vegetación de la Zona Norte de Cuenca</i>	71
<i>Tabla 38: Concentración de cadmio en suelos de la Zona Norte de Cuenca</i>	72
<i>Tabla 39: Estadístico descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm) en vegetación de la Zona Norte de Cuenca</i>	73
<i>Tabla 40: Estadístico descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm) en suelos de la Zona Norte de Cuenca</i>	74
<i>Tabla 41: Concentraciones de Cadmio en vegetación de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	74
<i>Tabla 42: Concentración de Cadmio en suelos de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	75
<i>Tabla 43: Estadístico Descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm), en vegetación de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	76
<i>Tabla 44: Estadístico Descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm), en suelos de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	77
<i>Tabla 45: Concentraciones de cadmio en vegetación de la Zona Sur de Cuenca.</i>	77
<i>Tabla 46: Concentraciones de cadmio en suelos de la Zona Sur de Cuenca</i>	78
<i>Tabla 47: Estadístico descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm) en vegetación de la Zona Sur de Cuenca</i>	79
<i>Tabla 48: Estadístico Descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm) en suelos de la Zona Sur de Cuenca</i>	80
<i>Tabla 49: Promedios, Mínimos, Máximos de concentraciones de cadmio en muestra vegetal de la ciudad de Cuenca</i>	80
<i>Tabla 50: Promedios, Mínimos, Máximos de concentraciones de cadmio en muestras de suelo de la ciudad de Cuenca</i>	81
<i>Tabla 51: Datos para cálculo de estadístico de prueba</i>	82

<i>Tabla 52: Área bajo la curva distribución de probabilidad normal</i>	83
<i>Tabla 53: Concentraciones promedio de media aritmética en muestra vegetal de las zonas de estudio</i>	87
<i>Tabla 54: Concentraciones promedio de media aritmética en muestra suelo de las zonas de estudio</i>	87
<i>Tabla 55: Datos para el cálculo de la dosis de exposición de las zonas en estudio</i>	87
<i>Tabla 56: Dosis de Exposición (DE) calculado en mg/kg/día</i>	88
<i>Tabla 57: Índice de peligro de las zonas en estudio</i>	89
<i>Tabla 58: Estrategias Sanitarias de Prevención ante la posible contaminación por metales pesados.</i>	90

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Ubicación Geográfica.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2: Relación existente entre la contaminación de los tres vectores ambientales, aire, agua y suelo.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3: Proceso de contaminación.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4: Contaminación local y difusa del suelo.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5: Dinámica de los metales pesados</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6: Esquema de respuesta celular al cadmio, daños oxidativos y señalización.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7: Modelo toxicocinético del cadmio.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8: Mapa de puntos de muestreo de la Ciudadela Kennedy de Cuenca.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9: Mapa de puntos de muestreo del Parque Industrial de Cuenca.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10: Mapa de puntos de muestreo del Terminal Terrestre de Cuenca.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11: Mapa de puntos de muestreo del Aeropuerto Internacional Mariscal Lamar</i>	<i>31</i>
<i>Figura 12: Mapa de puntos de muestreo de San Sebastián de Cuenca.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13: Mapa de puntos de muestreo del Mercado 10 de Agosto de Cuenca.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 14: Mapa de puntos de muestreo del Parque Calderón de Cuenca</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15: Mapa de puntos de muestreo del sector de San Blas de Cuenca.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 16: Mapa de puntos de muestreo del Mercado 9 de Octubre de Cuenca.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17: Mapa de puntos de muestreo del Estadio Alejandro Serrano Aguilar de Cuenca</i>	<i>34</i>
<i>Figura 18: Mapa de puntos de muestreo del Coliseo Jefferson Pérez de Cuenca</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19: Mapa de puntos de muestreo de la Feria Libre de Cuenca.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20: Mapa de puntos de muestreo del Coral Centro de Cuenca.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 21: Mapa de puntos de muestreo del Hospital Vicente Corral Moscos de Cuenca</i>	<i>36</i>
<i>Figura 22: Población de la Zona Norte de Cuenca por sexo</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23: Población de la Zona Centro Histórico de Cuenca por sexo</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24: Población de la Zona Sur de Cuenca por sexo.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 25: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Norte de la Ciudad de Cuenca</i>	<i>54</i>
<i>Figura 26: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca</i>	<i>55</i>
<i>Figura 27: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Sur de la ciudad de Cuenca.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 28: Comparación entre los sectores investigados referente al tiempo de permanencia en la Zona Norte de Cuenca</i>	<i>57</i>
<i>Figura 29: Comparación entre los sectores investigados referente al tiempo de permanencia de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	<i>58</i>
<i>Figura 30: Comparación ente los sectores investigados referente al tiempo de permanencia de la Zona Sur de Cuenca</i>	<i>59</i>
<i>Figura 31: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca, durante su tiempo de permanencia</i>	<i>60</i>
<i>Figura 32: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca, durante su tiempo de permanencia</i>	<i>61</i>

<i>Figura 33: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca, durante su tiempo de permanencia</i>	<i>62</i>
<i>Figura 34: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 35: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 36: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 37: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Norte de Cuenca.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 38: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Centro Histórico de Cuenca.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 39: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Sur de Cuenca.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 40: Frecuencia de horas al día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Norte de Cuenca.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 41: Frecuencia de horas al día que permanecen al aire libre la población encuestada de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	<i>70</i>
<i>Figura 42: Frecuencia de horas al día que permanecen al aire libre la población encuestada de la Zona Sur de Cuenca</i>	<i>71</i>
<i>Figura 43: Concentración de Cadmio en vegetación de la Zona Norte de Cuenca.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 44: Concentración de cadmio en suelos de la Zona Norte de Cuenca</i>	<i>73</i>
<i>Figura 45: Concentraciones de Cadmio en vegetación de la Zona Norte de Cuenca.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 46: Concentración de cadmio en suelos de la Zona Centro Histórico de Cuenca</i>	<i>76</i>
<i>Figura 47: Concentraciones de cadmio en vegetación de la Zona Sur de Cuenca</i>	<i>78</i>
<i>Figura 48: Concentraciones de cadmio en suelos de la Zona Sur de Cuenca</i>	<i>79</i>
<i>Figura 49: Prueba de dos colas, áreas de aceptación y de rechazo con un nivel de riesgo de 0.010.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 50: Valor z en prueba de dos colas</i>	<i>85</i>
<i>Figura 51: Comparación promedio de cadmio en muestras vegetal y de suelo con la Normativa Internacional y Nacional.....</i>	<i>86</i>

NOMENCLATURA Y ACRÓNIMOS

Cd: Cadmio

Kg: kilogramos

Ppm: partes por millón

Mg/ kg: miligramo por kilogramo

RFD: dosis de referencia

DE: dosis de exposición

FE: factor de exposición

IP: Índice de Peligro

PC: peso Corporal

°C: grados centígrados

TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente

Espectrometría ICP: Espectrometría por Plasma de acoplamiento Inducido

ATSDR: Agencia para sustancias tóxicas y el Registro para enfermedades

FAO: Organización de la Naciones Unidas para Agricultura y Alimentos

UE: Unión Europea

EPA: Agencia de Protección Ambiental de EEUU

PNUMA: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

COTAD: Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización

SENPLADES: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo de Ecuador

MAE: Ministerio del Medio Ambiente

PDOT: Plan de Ordenamiento Territorial

RESUMEN

Por medio del presente trabajo de investigación se evaluaron las concentraciones de cadmio en muestras de suelo y vegetación en la Zona Norte, Centro Histórico y Sur de Cuenca, delimitando puntos estratégicos como centros de salud, zonas de recreación y centros educativos, para ello, se recolectaron 12 muestras entre vegetación y suelo, por cada subzona definidas de las tres zonas urbanas de la ciudad, la determinación se realizó por triplicado usando el método de digestión ácida y por Espectrometría de Plasma de Acoplamiento Inducido (ICP), los valores encontrados de cadmio fueron comparados con la Normativa Ecuatoriana del Ministerio del Medio Ambiente, y con Normativa Internacional como la Agencia para sustancias tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), la Unión Europea (UE) y la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), encontrando valores por debajo de los límites permisibles para vegetación y suelo urbano; además, se determinó el riesgo toxicológico mediante la dosis de exposición en la población estudiada; el levantamiento de información se realizó a través de encuestas definidas por el número de personas que habitan en las zonas de estudio. Los valores encontrados fueron mínimos por lo que no se detecta riesgo toxicológico en la población, cabe recalcar la importancia de un monitoreo continuo en dichas zonas para prevenir riesgos futuros, debido a que este tipo de metal no tiene función biológica, tiende a acumularse y puede ser tóxico a niveles relativamente bajos afectando a la salud pública y el medio ambiente.

Palabras Clave: Cadmio; Espectrometría ICP; Riesgo toxicológico; Contaminación de suelo; Ambiente.

ABSTRACT

Through this research work, the concentrations of cadmium in soil and vegetation samples in the North Zone, Historic Center and South of Cuenca were evaluated, defining strategic points such as health centers, recreation areas and educational centers, for this, we collected 12 samples between vegetation and soil, for each defined subzone of the three urban areas of the city, the determination was made in triplicate using the acid digestion method and by Induced Coupling Plasma Spectrometry (ICP), the cadmium values found were compared with the Ecuadorian Regulations of the Ministry of Environment, and with International Regulations such as the Agency for Toxic Substances and the Registry of Diseases (ATSDR), the European Union (EU) and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), finding values below the permissible limits for vegetation and urban land; in addition, the toxicological risk was determined by the exposure dose in the study population; information gathering was carried out through surveys defined by the number of people living in the study areas. The values found were minimum, so no toxicological risk is detected in the population, it is important to emphasize the importance of continuous monitoring in these areas to prevent future risks, because this type of metal has no biological function, tends to accumulate and can be toxic at relatively low levels affecting public health and the environment.

Keywords: Cadmium; ICP spectrometry; Toxicological risk; Environment Pollution

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.Problema

El cambio climático es un problema global, causado por alteraciones en el nivel del mar, emisiones de aerosoles a la atmósfera, aumento en las emisiones de dióxido de carbono, gas metano, hidratos de metano, óxidos nitrosos, los cuales son los responsables de la mayor parte del cambio climático. La Cumbre de Poznan, Polonia, 2008, consideró que el cambio climático se debe a la emisión de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles en múltiples actividades antropogénicas (Díaz Cordero, 2012).

Las actividades humanas han provocado la pérdida de ecosistemas como suelo, agua, vegetación, afectando la calidad de vida de todo tipo de organismo en el planeta. Según (Rojas & Ibarra, 2012) una de las principales causas que afectan al suelo son las actividades agrícolas y la tala de árboles, debido a su gran importancia en el sector económico, sin embargo dichas actividades se realizan sin un adecuado control provocando suelos infértiles por lo que la relación hombre – ambiente debería tener un balance equitativo que no afecte negativamente al recurso suelo.

La contaminación de los suelos por metales pesados actualmente es considerada de gran relevancia por la presencia de concentraciones nocivas (anomalías), lo cual altera negativamente sus características físicas, químicas y biológicas, perdiendo la capacidad de autodepuración en sus horizontes más superficiales. Los metales pesados pueden ser de origen geogénico y antropogénico. De procedencia geogénica derivan directamente de la roca madre, de actividad volcánica; mientras que los metales pesados antropogénicos tienen su origen en los residuos peligrosos, de actividades industriales, minería e industria agrícola, y residuos sólidos urbanos (Barrio, 2016; Gal & Baena, 2008).

Según la EPA (US Environmental Protection Agency) considera a los metales pesados “*elementos metálicos con pesos altos (por ejemplo: mercurio, cromo, cadmio, arsénico y plomo); pueden ser nocivos a los seres vivos en pequeñas concentraciones y tienden a acumularse en la cadena alimenticia*” (US EPA, 2018).

El metal cadmio (Cd) está incluido entre los 13 contaminantes prioritarios de la lista de la EPA junto a otros como el antimonio, arsénico, berilio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, zinc (US EPA, 2018).

Cabe recalcar que el cadmio puede existir en altas concentraciones cuando se encuentra enlazado a minerales del zinc, debido a que estos elementos tienen estructuras iónicas y electronegatividades similares, la principal forma de cadmio en la solución del suelo contaminado es Cd^{2+} con otras especies neutras como $CdSO_4$ o $CdCl_2$ (Nweke, Mbah, & Ijearu, 2017).

Estudios de inhalación han demostrado que la concentración de Cd genera cáncer de pulmón en las ratas dependiendo de la dosis. Además, en varios estudios se ha encontrado un aumento en cáncer de pulmón entre trabajadores expuestos al cadmio. La mayor parte del cadmio se logra como subproducto en el procesamiento de minerales como zinc, cobre y plomo (Eta, 2015).

Por lo cual surge la necesidad de realizar estudios que determine la presencia de metales pesados en el suelo y vegetación, la misma que nos permitirá determinar concentraciones de cadmio en la zona urbana de la Ciudad de Cuenca y por consiguiente calcular el riesgo de exposición a la población.

1.2. Delimitación del área de estudio

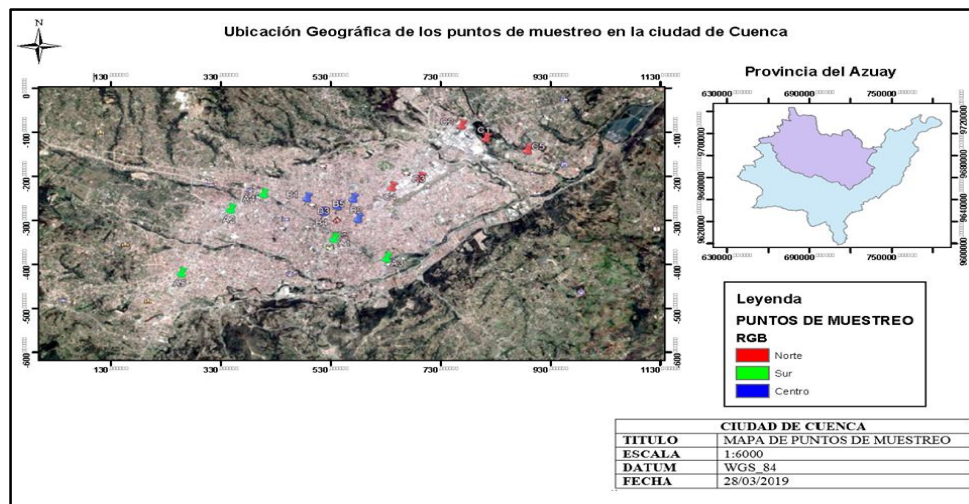


Figura 1: *Ubicación Geográfica*
Fuente: *Autores*

La ciudad de Cuenca se encuentra ubicada en la provincia del Azuay (Figura 1) en la región centro sur de la República del Ecuador, en la cordillera de los Andes, junto a las provincias de Cañar y Morona Santiago conforma la zona 6 establecida por la SENPLADES, y cuenta con 329.928 habitantes según datos obtenidos por el INEC y un área de 72.23 km² de superficie. Está dividido en 15 parroquias urbanas las cuales son: Bellavista, Cañaribamba, El Batán, El Sagrario, El Vecino, Gil Ramírez Dávalos, Hermano Miguel. Huayna Cápac, Machangara, Monay, San Blas, San Sebastián, Sucre, Totoracocha, Yanuncay (Portoviejo, 2017).

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la concentración de cadmio presente en el suelo urbano y vegetación de la Ciudad de Cuenca (Norte, Centro Histórico, Sur).

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Realizar un análisis comparativo de los límites permisibles de cadmio con la normativa nacional e internacional de los resultados obtenidos.
2. Evaluar el riesgo de toxicidad al que se encuentra expuesta la población.
3. Plantear estrategias de prevención/mitigación a partir de los resultados obtenidos.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1.Tipo de clima en la provincia del Azuay

La provincia del Azuay se encuentra situada en un enclave geográfico especial, por lo que el clima varía a causa de la altitud, ubicación, influencia de la región Amazónica o del océano Pacífico, esta variedad de climas se encuentran diferenciadas por la presencia de páramos, desiertos, bosques secos, bosques húmedos. En la Tabla 1 se pueden observar los diferentes tipos de climas en la provincia del Azuay: (COOTAD, 2015)

Tabla 1: *Tipos de Clima en la provincia del Azuay*

Tipo de clima	Área (ha)	Altitud
Ecuatorial Mesotérmico Seco	50500	Entre 1100 – 2000 msnm
Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo	489500	Entre 2200 – 3000 msnm

Ecuatorial de Alta Montaña	254800	Sobre los 3200 msnm
Nival	12750	Sobre los 3500 msnm
Tropical Megatérmico Húmedo	12960	Entre 1500 y 200 msnm
Tropical Megatérmico Semi-Humedo	39900	Entre los 500 y 80 msnm
Tropical Megatérmico Seco	2497	Hasta los 80 msnm

Fuente: (MAGAP, 2002)

Por lo tanto como se muestra en la Tabla 1 se puede observar que la ciudad de Cuenca tiene un tipo de clima Ecuatorial Mesotérmico Semi-Humedo y más del 50 % de la superficie de la provincia se encuentra dentro de este tipo de clima (COOTAD, 2015).

2.2.Suelo

El suelo es la fina capa que cubre la superficie de la Tierra, la cual se encuentra situada en el límite entre la atmósfera y la zona continental de la corteza Terrestre, el suelo constituye el soporte de la vida sobre los continentes (A. López, 2005).

Es uno de los recursos naturales esenciales de la Tierra, las funciones que tiene en el ecosistema varían a causa de los diferentes climas, fauna y flora, la roca madre, la posición del suelo en el paisaje, etc. Por otro lado el suelo desempeña un papel muy importante en la cantidad y tipo de gases en la atmósfera, almacena y transfiere calor, afecta a la temperatura de la atmósfera y controla las actividades de las plantas y organismos que habiten en el mismo (GLOBE, 2005).

Las condiciones atmosféricas son indispensables en el desarrollo de los suelos, sus características se deben a circunstancias climáticas muy antiguas diferentes a las de hoy en día, así, podemos observar suelos parecidos a los suelos tropicales, otros a suelos de zonas muy frías en lugares donde actualmente las condiciones climáticas son totalmente diferentes, esto se debe a que las características de la roca madre unidas a las condiciones climáticas a través del tiempo, dan una configuración especial a cada uno de ellos, a todo esto, se une el papel de los microorganismos y meso fauna que meteorizan los minerales y ponen los nutrientes a disposición de la vegetación (Garrido, 2017).

2.2.1. Tipo del suelo en la provincia del Azuay

La provincia del Azuay posee diferentes tipos de suelo, los cuales se describen a continuación (SIGTIERRAS, 2017):

Alfisol: suelos con buen grado de desarrollo edafogenético que poseen un horizonte superficial bien definido, se ubican sobre un horizonte enriquecido con arcilla a consecuencia de la translocación del horizonte superficial, tiene una saturación por encima del 35% y se desarrollan generalmente sobre relieves muy antiguos que han permanecido estables, es decir, libres de erosión y otras perturbaciones edáficas. En Ecuador estos suelos comprenden el 5% del área cartográfica del país, se ubican en relieves de origen tectónico con un régimen de humedad ústico cubierto por bosques y pastizales.

Inceptisol: son suelos jóvenes debido a que se desarrollan a partir del material parental, su génesis es de rápida formación con procesos de translocación de meteorización extrema. Son suelos con propiedades físicas y químicas muy variables (por ejemplo: suelos mal drenados, texturas arenosas, arcillosas, pH ligeramente ácido o alcalino, saturación de bases mayor o menor a 60 %, etc.), han sido aprovechados en el sector agrícola para la producción de maíz, palma africana y banano. En el Ecuador estos suelos tienen una gran distribución geográfica, representa un 35% del área cartográfica; cubriendo bosques y pastizales siendo los más representativos.

Mollisol: suelos con horizontes superficiales ricos en materia orgánica, de color oscuro y otras propiedades físicas que favorecen el desarrollo radicular. Se forman en áreas semiáridas a semihúmedas. La mayoría de estos suelos presentan una vegetación de pastizal aunque también se les encuentra bajo vegetación forestal. En el país ocupa el 9% del territorio nacional, ubicándose la mayoría en los relieves estructurales y colinados terciarios de la costa y, además, en relieves de fondos de cuencas con rellenos vulcano-sedimentarias del callejón interandino.

Vertisol: Suelos minerales poco desarrollados, generalmente, de color negro que presentan caras de fricción y agregados en forma de cuña y un alto contenido de arcillas expansibles (> 30%), conocidas como montmorillonitas, las mismas que en épocas lluviosas se inundan fácilmente debido a su impermeabilidad, y en época seca se contraen presentando grietas verticales que permanecen abiertas por lo menos 90 días consecutivos. El vertisol es un tipo de suelo con reducido movimiento de agua, compactos en épocas secas y muy plásticos o pesados en época húmeda, haciendo su manejo bastante complicado. No obstante un buen manejo puede dar lugar a altas tasas de productividad de cultivos, son especialmente buenos para el cultivo de arroz debido a su impermeabilidad cuando se saturan. En nuestro país, estos suelos se ubican en zonas de relieves planos a ligeramente ondulados pertenecientes a los paisajes costeros específicamente de llanura

aluvial reciente, situación aprovechada para la producción agrícola generalmente de arroz y en el sector pecuario con pastos para el uso de ganadería extensiva (SIGTIERRAS, 2017).

Según el (PDOT, 2015) de la provincia del Azuay, la ciudad de Cuenca cuenta con suelos vertisoles como se muestra en el siguiente Mapa 1:



Mapa 1: *Taxonomía de la provincia del Azuay.*

Fuente: *SENPLADES, 2014.*

Elaborado por: *DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN G.P.A*

2.2.2. Uso de suelo a nivel urbano en la Ciudad de Cuenca

La Ciudad de Cuenca se divide en 154 sectores de planeamiento, entendidos éstos como unidades geográficas y urbanísticas que influyen predios con características físico-espaciales homogéneas (Zorrilla et al., 2015). Estos sectores se dividen en:

Sectores Especiales

- Centro Histórico
- Campus Universitarios: Universidad Politécnica Salesiana, Universidad del Azuay y Universidad de Cuenca.
- Instalaciones Militares: Unidad Militar Cuartel Dávalos y Batallón de Infantería N° 9 Cayambe.

- Parque industrial y lagunas de oxidación del sistema de alcantarillado de la Ciudad.

Sectores de ejes urbanos, conformados por los predios con frente a las avenidas:

- Fray Vicente Solano, Remigio Crespo Toral, Paucarbamba, Doce de Abril, Ordoñez Lasso, Gran Colombia, Unidad Nacional, Héroes de Verdeloma, Las Américas, Don Bosco, Diez de Agosto, Avenida Loja, Gonzales Suarez, Paseo de los Cañarís, Max Uhle, Hurtado de Mendoza y Avenida los Andes.

El crecimiento descontrolado de la población en la ciudad genera complicaciones en el uso de suelo apto para actividades como la agricultura, la industria entre otros (Moscoso, 2017). Por lo que el suelo tiene diferentes usos según lo descrito a continuación:

- Suelo residencial urbano: suelos en donde la actividad primaria es para fines residenciales y para actividades de recreación, no se considera áreas silvestres, como son los parques nacionales (Tello, 2015).
- Suelo comercial: la actividad esencial es el comercio, son sitios de ocio en forma de grandes naves, no tienen propósitos residenciales o industriales (Ojeda Zújar & Lama, 2007).
- Suelo industrial: suelo donde se encuentran construcciones industriales destinadas principalmente a la elaboración, transformación o construcción de productos varios (Matesanz Parellada, 2011).
- Suelos contaminado: todo aquel cuyas características físicas, químicas y biológicas naturales, han sido alteradas debido a actividades antropogénicas y representa un riesgo para la salud humana o el medio ambiente (Tello, 2015).

2.3. Contaminación Ambiental

Se entiende por contaminación la presencia en el aire, agua o suelo de sustancias o formas de energía no deseables en concentraciones que puedan afectar al entorno, salud y bienestar de las personas, esto es, un medio o vector ambiental (aire, agua o suelo) estará contaminado si tiene sustancias materiales, energía en forma de ruido o calor que provoca efectos negativos. La contaminación del aire, agua y suelo están muy relacionadas entre sí y no se pueden separar. Los contaminantes pasan fácilmente de un medio a otro, lo que complica la solución a los problemas de contaminación (Encinas, 2011).

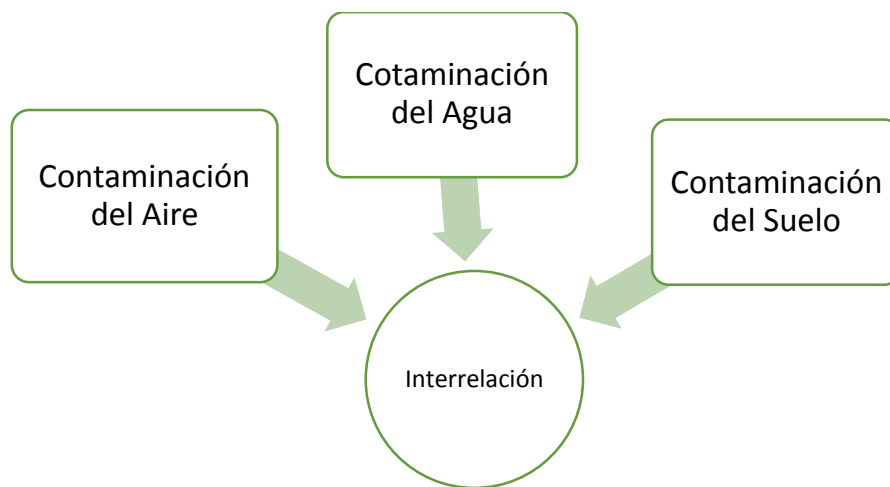


Figura 2: Relación existente entre la contaminación de los tres vectores ambientales, aire, agua y suelo.

Fuente: (Encinas, 2011)

Para que exista contaminación, la sustancia contaminante deberá estar en cantidades suficientes para provocar desequilibrio, estas cantidades pueden expresarse como la masa de la sustancia introducida en relación con la masa o el volumen del medio receptor de la misma, el cual recibe el nombre de concentración. Cabe recalcar que los agentes contaminantes tienen relación con el crecimiento de la población y el consumo (combustibles fósiles, generación de basura, desechos industriales, etc.) por lo tanto al aumentar estos, la contaminación que generan es mayor (Bermúdez, 2010).

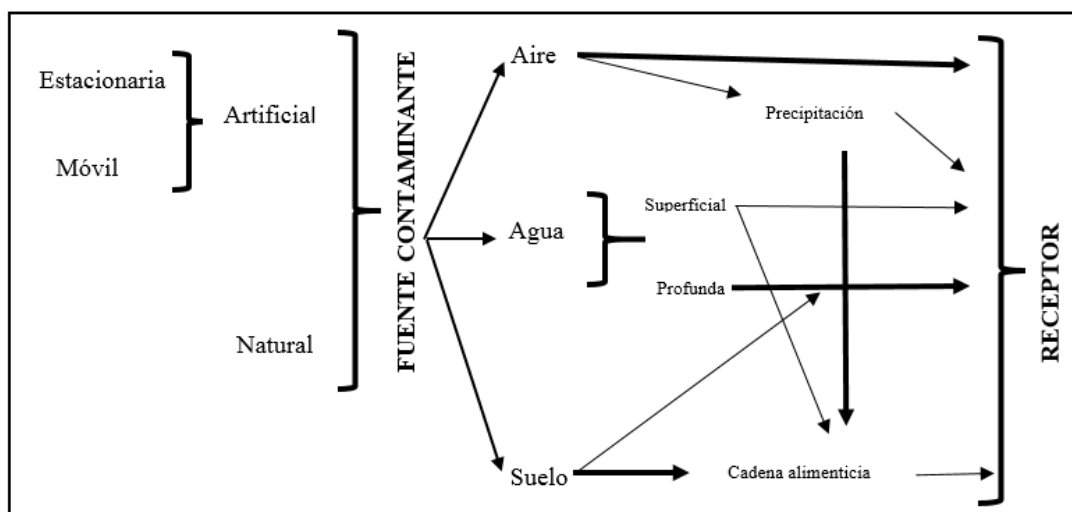


Figura 3: Proceso de contaminación

Fuente: (Encinas, 2011)

2.4. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica en el área urbana, proviene de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión (industrias, usos residenciales y procesos de eliminación de residuos), se distingue entre contaminantes primarios (proceden directamente de la fuente de emisión), y secundarios (se producen como consecuencia de las transformaciones o reacciones químicas y físicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la atmósfera, distinguiéndose la contaminación fotoquímica y la acidificación del medio) (Ballester, 2005).

Tabla 2: Principales contaminantes atmosféricos y sus fuentes

	Formación	Estado Físico	Fuente
Partículas en suspensión (PM): PM ₁₀ , humos negros	Primaria y secundaria	Sólido, líquido	Vehículos Procesos industriales Humo de tabaco
Dióxido de azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Procesos industriales Vehículos
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos Estufas y cocinas de gas
Monóxido de Carbono (CO)	Primaria	Gas	Vehículos Combustiones en interiores Humo de tabaco
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículo, industrias, humo de tabaco Combustiones en interiores
Plomo (Pb)	Primaria	Sólido (partículas finas)	Vehículos, industria
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Vehículos (secundario a foto-oxidación de NO y COVs)

Fuente: (Ballester, 2005)

Partículas en Suspensión: abarcan sustancias sólidas, líquidas, orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales o antropogénicas, las partículas en suspensión son aquellas con diámetros muy por debajo de 0.1 mm hasta 5-10 mm, que permanecen suspendidas durante horas o días en el aire. Por otra parte los “humos negros” son sustancias oscuras características de la combustión incompleta del carbón y de los hidrocarburos. Se pueden encontrar partículas en suspensión con diámetros aerodinámicos de 10 mm o 2.5 mm respectivamente (Emiliano Aránguez et al., 2000).

Dióxido de azufre: Es un gas incoloro, se disuelve con facilidad en el agua para formar ácido sulfúrico, también puede formar trióxido de azufre, vapor muy reactivo que se combina con el vapor de agua formando un aerosol ultra fino de ácido sulfúrico que es perjudicial para la salud, en la atmósfera se pueden encontrar dióxido de azufre gaseoso, ácido sulfúrico y los sulfatos (Aránguez et al., 2000).

Monóxido de carbono: gas incoloro, inodoro, insípido, ligeramente menos denso que el aire, de origen antropogénico, se combina con la hemoglobina de la sangre provocando fenómenos adaptativos como aumento del número glóbulos rojos, del volumen sanguíneo y el crecimiento del tamaño del corazón, además constituye uno de los gases de efecto invernadero (Aránguez et al., 2000).

Ozono: es un gas altamente reactivo, formado a través de una serie de reacciones químicas de los contaminantes primarios en presencia de oxígeno atmosférico, luz solar y condiciones meteorológicas adecuadas (temperaturas que excedan los 27 – 32 °C, ausencia de viento y gran cantidad luz) (Aránguez et al., 2000).

2.5. Contaminación del agua

El agua es una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta (Arcos et al., 2017). La contaminación se produce por los residuos vertidos, los fertilizantes, pesticidas o químicos que desembocan en aguas dulces y terminan por contaminar el agua salada. Según el informe del 2016 de las Naciones Unidas sobre desarrollo de los recursos hídricos en el mundo,

casi el 80% de los puestos de trabajo dependen del acceso a un suministro adecuado de agua y servicios relacionados con el agua, incluyendo el saneamiento (Vasques, 2017).

Tipos de contaminantes del agua según (Valencia, Ortiz, & Gomez, 2014):

- Eutrofización o contaminantes por nutrientes
 - Nutrientes orgánicos
 - Nutrientes inorgánicos
- Agentes infecciosos
- Compuestos orgánicos tóxicos
- Compuestos inorgánicos tóxicos
 - Mercurio
 - Nitratos y nitritos
 - Sales
 - Cloruros
- Sedimentos
- Contaminación térmica

Los mayores contaminantes son los nutrientes orgánicos (provenientes de plantas de tratamiento de lodos residuales y las industrias), los agentes infecciosos, los tóxicos tanto orgánicos como inorgánicos, los sedimentos y el calor (Valencia et al., 2014).

2.6. Contaminación del suelo

El suelo al ser un elemento fundamental en donde se desarrolla la vida, es frágil y de muy larga y difícil recuperación; considerado como un recurso no renovable, atraviesa un proceso de meteorización química y mecánica de las rocas, además de la intervención directa de procesos microbiológicos que forman el suelo. Luego de un largo proceso influenciado por factores climáticos logra un equilibrio. Al ser considerado un recurso vulnerable es de muy fácil alteración pudiendo ser este por contaminación geogénica y antropogénica. Este último considerado de mayor importancia y con consecuencias considerables, puesto que es provocado por actividades humanas (agricultura, industria, minería, ganadería, etc.) (Gal & Baena, 2008; Sánchez et al., 2012).

Se considera que existe contaminación en el suelo cuando las concentraciones nocivas de ciertos elementos químicos y compuestos están sobre los niveles habituales y en general tienen

consecuencias desfavorables sobre algunos organismos. Estos contaminantes pueden dejar el suelo por volatilización, disolución, lixiviación o erosión, y mudar en los organismos cuando pueden ser asimilables (bioasimilables), lo que frecuentemente pasa cuando están en forma soluble. Por lo tanto, que un elemento quede libre y pase a disolución en un suelo se conoce como disponibilidad. La biodisponibilidad es el grado de libertad que tiene un elemento o compuesto de una causa principal potencial para ser captada por un organismo (Gal & Baena, 2008).

En estudios comparativos se demostraron que los contaminantes en la atmósfera, agua y suelo tienen diferentes tiempos de residencia y por lo tanto el impacto en los organismos son distintos. En el aire los tiempos de residencia es parcialmente corto pero el impacto tóxico es alto, debido a que es ingerido directamente por los organismos. En el agua el tiempo de residencia es mayor semejante a su toxicidad. En el suelo el contaminante tiene una residencia bastante mayor, con la ventaja que el elemento tóxico puede desactivarse por diferentes reacciones químicas, la toxicidad se disminuye puesto que primero es captado por las plantas y su dispersión se reduce notablemente (Estrada Medina, 1998).

El inconveniente está en que no se considera la contaminación del suelo y su grado de toxicidad provocada por plaguicidas, residuos sólidos, industriales con concentraciones de metales pesados, hidrocarburos y lixiviados, que han sido poco monitoreadas en comparación con la contaminación que se da en la atmósfera y el agua (Estrada Medina, 1998).

2.7.Fuentes de contaminación del suelo

Las fuentes de contaminación del suelo son de manera natural y antrópica. La fuente natural puede ser a causa de liberación excesiva de alguna sustancia en la meteorización de la roca madre, dependiendo de que esa sustancia se aglomere y como resultado sea tóxica para el suelo.

La fuente antrópica o artificial se debe a las diferentes actividades de las personas y como consecuencia se tenga la acumulación de los residuos urbanos e industriales, en la agricultura por la utilización de diversos abonos, pesticidas, plaguicidas, etc. También, por la deposición de contaminantes atmosféricos y lixiviados, lodos de las depuradoras y el uso del suelo como depurador de aguas residuales (filtro verde) (Encinas, 2011; Sánchez et al., 2012).

2.8. Contaminación difusa

La contaminación difusa esta originada por transporte de elementos contaminantes, pueden ser solubles como particulados, a lo largo de zonas extensas, normalmente están alejados de su punto de origen. De tal manera, en zonas restringidas, la contaminación puede ser alta (áreas urbanas y zonas industriales), generadas por fuentes difusas (transporte por vías) como por otras localizadas (vertederos). En áreas agrícolas, el principal inconveniente puede ser la contaminación difusa (EEA, 2002; Weiland & Perez, 2007).

2.9. Contaminación local

La contaminación local o puntual (lugares o emplazamientos contaminados) normalmente aparece en zonas aledañas a la fuente contaminante, en las que existe un nexo directo con el origen de la contaminación. Regularmente este problema va ligado a actividades como la minería, instalaciones industriales, vertederos y otros, que pueden estar en funcionamiento como tras su cese de actividades. (EEA, 2002; Weiland & Perez, 2007)

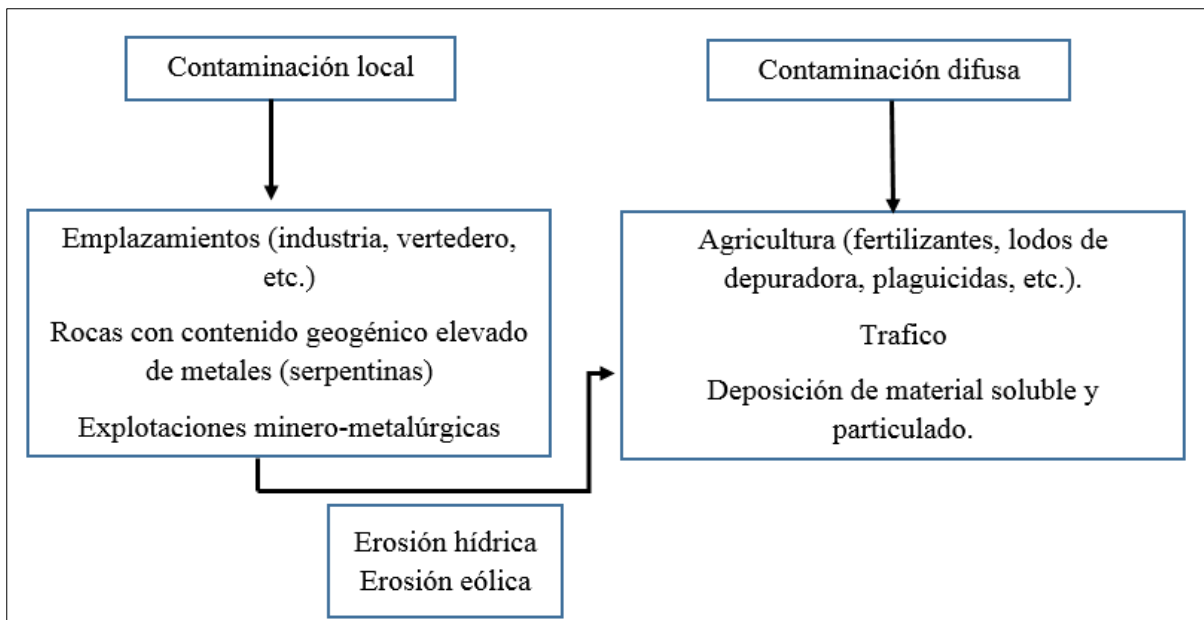


Figura 4: Contaminación local y difusa del suelo

Fuente:(Sánchez et al., 2012)

2.10. Metales pesados en el suelo

Un metal pesado es aquel elemento que posee una densidad igual o superior a 5 g/cm^3 cuando está en forma elemental. En la corteza terrestre su presencia es menor al 0.1% y casi siempre menor del 0.01%. Existe dos grupos de metales; los oligoelementos o micronutrientes, entre estos están Co, Cu, Fe, Mo, Mg, Zn, etc., son importantes para procesos biológicos en pequeñas cantidades o nivel de trazas; otro grupo conocido como metales pesados sin ninguna función biológica como el Cd, Hg, Sb, Bi, Sn, Tl, etc., si se encuentran en concentraciones elevadas, resultan altamente tóxicos y tienen la propiedad de acumularse en los organismos (Weiland & Perez, 2007).

La contaminación de los suelos por elementos metálicos, actualmente, tiende a aumentar a escala global, paralelamente a la actividad agrícola e industrial, por su capacidad bioacumulativa, representa un riesgo para la salud y los ecosistemas. La contaminación con algunos metales pesados como cadmio (Cd) y plomo (Pb) en las zonas urbanas es tan elevada, que por su contenido puede mostrar si el suelo es urbano o rural (Clara et al., 2017; Marbán, Camelo, & Agostini, 1999).

Entre algunos efectos que tienen los metales pesados en el suelo son (Encinas, 2011):

- Pueden acumularse en la cadena trófica puesto que no se degradan en la naturaleza, ni química, ni biológicamente, generando graves daños a pesar de sus bajas concentraciones.
- Compuestos del plomo atmosférico son adsorbidos por las personas, a través del sistema respiratorio, perjudicando a los huesos, a la inteligencia de niños, a los fetos en las madres y al sistema nervioso en general.
- Afectan el normal desarrollo de las plantas.

2.10.1. Metales pesados en suelos urbanos de países latinoamericanos

La concentración de metales pesados en las zonas urbanas de países latinoamericanos, en la última década ha tenido un incremento importante, debido al crecimiento y desarrollo económico e industrial. En la ciudad de Buenos Aires un estudio realizado con muestras de zonas barriales, céntrica y periurbano, se determinó los metales Fe, Ni, Cr y Pb, teniendo una diferencia significativa solo para el caso del Pb, para el resto de los componentes metálicos con valores medios registrados, incluido el Cd, se encuentra muy por debajo de los valores de concentración (mg/kg) reguladas por la ley de Residuos Peligrosos en Argentina (S. C. López & Perelman, 2006).

La presencia de Fe, es muy variada, mientras que, la concentración del Pb del área barrial duplica a la del área céntrica y es siete veces superior a la del periurbano, el plomo es considerado de “origen urbano”, puesto que más del 80% del Pb procede de deposición atmosférica posiblemente por el tránsito vehicular como su mayor fuente. La existencia del Ni se encuentra en cantidades bajas en comparación a las que se han encontrado en suelos urbanos de diferentes partes del mundo, los cuales se atribuyen a desechos industriales; de la misma manera sucede con el cromo, se encuentra en la atmósfera por la incineración de basura, de la quema de carbón, además, está asociado a las herrerías, talleres varios y de galvanizado, fábricas de calzado, curtiembres y emisiones del tránsito vehicular. La concentración de cadmio se encuentra por debajo del límite de detección de acuerdo a la normativa argentina (S. C. López & Perelman, 2006).

En la ciudad de México, por ser una de las regiones más altamente pobladas de la Tierra y su alto crecimiento industrial, ha provocado un deterioro en la calidad del medio ambiente urbano y la calidad de vida de sus ciudadanos. Se realizaron muestreos del área metropolitana, para determinar las concentraciones de metales pesados como Pb, Cu, Zn, y Cd.

En comparación con la normativa mexicana se obtuvieron que todas las muestras analizadas se encontraban contaminadas. El Pb es el metal que presenta los mayores índices de acumulación de (un rango entre 240 y 1570 mg/kg), el Zn muestra valores de hasta 741.7 mg/kg y el Cu entre 40.2 y 120.4 mg/kg. La concentración de estos metales se encuentra relacionados por las condiciones de tránsito pesado (Morton-bermea, 2006).

Un estudio realizado en el corredor vial Bogotá – Soacha, correspondientes al área metropolitana de la ciudad de Bogotá, D.C. (Colombia), en el municipio de Soacha. Las muestras para determinar Fe, Ba, Pb, Mn y Zn, se obtuvieron de dos zonas, con resultados significativos en la zona 2, en promedio 2.26 veces mayor a las concentraciones de Pb y Zn, lo cual se atribuye a un elevado tráfico vehicular con predominancia de vehículos de carga y de transporte público. Adicionalmente, presentaron una elevada actividad industrial y contaron con gran cantidad de edificaciones a los costados de las vías (Zafra Mejía, Peña Valbuena, & Álvarez Prieto, 2015).

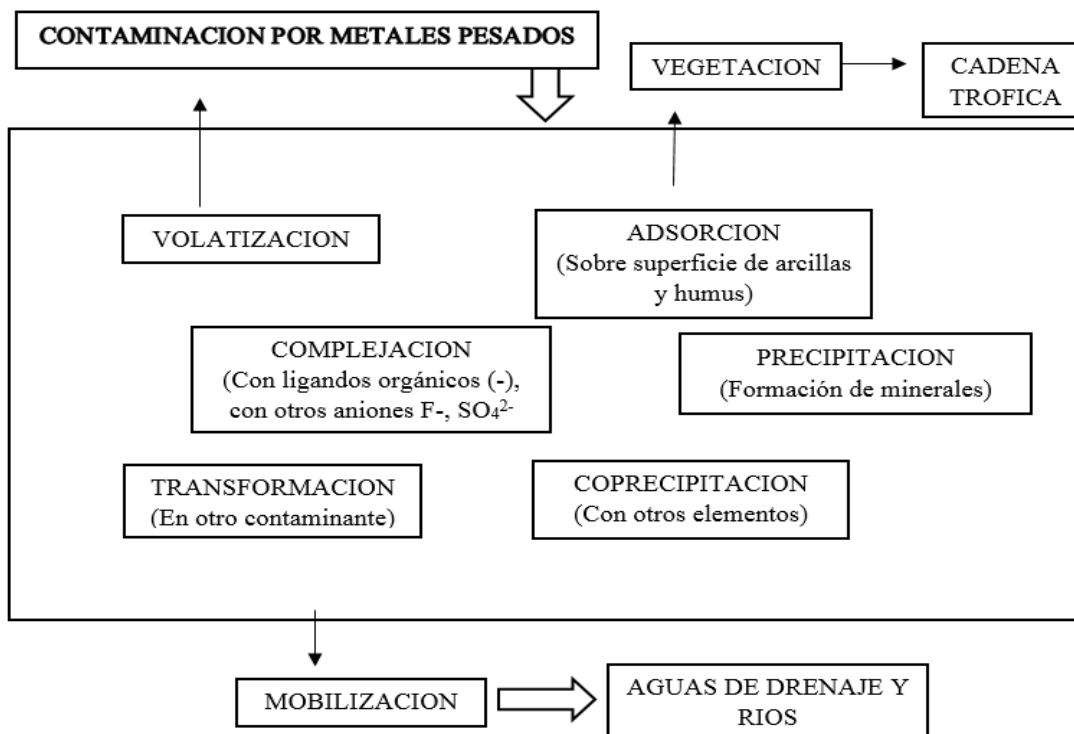


Figura 5: Dinámica de los metales pesados

Fuente: (García, Moreno, Hernández, & Polo, 2002)

2.11. Contaminación por cadmio en suelos urbanos

La industria generalmente se encuentra en las áreas urbanas provocando una elevada contaminación ambiental, el Cadmio uno de los mayores contaminantes por ser bioacumulables se encuentran descritos como altamente tóxicos, persistentes en el medio ambiente, y con la posibilidad que “viaje” grandes distancias con el viento y en los cursos de agua.

El cadmio al ser obtenido como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico (Ramírez, 2013).

Debido a la actividad antropogénica el suelo se ha visto desequilibrado, al contener cadmio no solo de la meteorización de la roca madre, sino también, este metal ha llegado por diferentes vías ya sean atmosféricas, o de manera directa por el abuso de los fertilizantes fosfatados y biosólidos (Ramírez, 2013).

En la mayoría de los casos, los elementos metálicos con mayor capacidad tóxica se encuentran y permanecen en cantidades fijas y formas químicas insolubles, pero por su alteración, ha logrado

tener una serie de reacciones heterogéneas, formando complejos solubles y de tal manera se le ha facilitado el ingreso de estos elementos al suelo o los minerales por medio de diferentes procesos como son la absorción, coprecipitación, intercambio iónico, lo que ha permitido al metal adquirir formas solubles, generando un peligro para el medioambiente (Bautista, 1999).

El cadmio cuando ya se encuentra en el suelo y ha producido su solubilización, mediante una serie de reacciones modifica su estado, formándose en un producto menos soluble, que permite su conservación en el sustrato del suelo. La movilidad y biodisponibilidad del cadmio en medios como el suelo y el agua depende de su forma que este acoja, va a depender, del pH y la presencia de cationes y aniones orgánicos e inorgánicos que se encuentren en la superficie (Sigel, Sigel, & Sigel, 2013).

La concentración de cadmio en los suelos es inferior a 1 mg kg^{-1} , permaneciendo en un intervalo de 0.001 a 0.5 mg/kg, en el cual no muestra un elevado poder toxicológico, no obstante es cuando se origina un aumento del metal en el suelo adquiriendo un potencial tóxico eminente. Valores de 300-400 ug/L establece que un suelo se encuentra contaminado por este metal (Badillo German, 2001).

- Con un suelo ácido hace que se incremente el intercambio de Cadmio de manera más fácil admitiendo el paso de este a la biota, en cambio, en un suelo alcalino reduce la movilidad del metal puesto que este precipita al tornar de formas insolubles y formas hidroximonovalentes haciendo más complejo el proceso de intercambio iónico.
- Respecto al contenido de materia orgánica, cuanto mayor sea el mismo, permite aumentar la fijación del cadmio al suelo y de tal manera que aumenta la capacidad de intercambio iónico, logrando que de manera más fácil sea absorbido por la vegetación. La movilidad del cadmio es restringida, permitiendo una mayor movilidad en suelos con bajo contenido de materia orgánica (Badillo German, 2001).

Con estas características y la elevada concentración del Cadmio hace que sea absorbido por la vegetación que se encuentra en el suelo, para de esta manera acceder a la cadena trófica. Una vez que se encuentra en la vegetación esta se centra en los tallos y raíces de algunas especies de plantas, conocidas como hiperacumuladoras, las mismas que pueden ser de utilidad para la recuperación de suelos contaminados por elementos metálicos (Ortiz Sánchez, 2017).

El cadmio se encuentra entre los mayores agentes tóxicos asociados a contaminación ambiental e industrial, pues reúne cuatro de las características más temidas de un toxico:

- Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente
- Bioacumulación
- Persistencia en el medio ambiente
- “Viaja” grandes distancias con el viento y en los cursos de agua

Los principales usos y aplicaciones del cadmio o sus compuestos son: (Ramírez, 2013)

- Como pigmentos en pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas de impresión, caucho, lacas, etc.
- En aleación con cobre, aluminio y plata
- En la producción de pilas de cadmio-níquel
- Como estabilizador de termoplásticos como el PVC
- En fotografía, litografía y procesos de grabado
- Como “endurecedor” de ruedas y llantas de automóvil
- En fabricación de foto-conductores y células solares fotoeléctricas
- En fabricación de “controles” de reactores nucleares

Debido a que las industrias generalmente se ubican en áreas urbanas, el cadmio ingresa por inhalación de humos y vapores o por ingesta de los polvos de óxidos de cadmio de sus compuestos (Ramírez, 2013).

2.12. Metales pesados en la vegetación

La sensibilidad de las especies vegetales a los metales pesados varía considerablemente a través de reinos y familias, las diferentes respuestas de las plantas a metales pesados pueden ser atribuidas a factores genéticos y fisiológicos. Todas las plantas absorben metales del suelo pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal y las características y contenido de metales en el mismo (Prieto, González, Román, & Prieto, 2009). El cadmio (Cd) y el zinc (Zn) son absorbidos en mayor grado por las plantas a través de sus hojas ocasionando marchitamiento y disminución en la longitud de sus raíces y biomasa (Intawongse & Dean, 2006).

Por lo tanto la acción fisiológica de las plantas a tener frente a la toxicidad de metales pesados son (Poschenrieder & Barceló, 2015):

- a) Mecanismos de absorción, transporte y acumulación de los metales por las plantas: existen especies como la *Thlaspi alpestre*, *Leptospermum scoparium*, *Minuartia verna* o *Aeolanthus rosaliifolius*, que crecen sobre suelos metalíferos, en fuerte contraste con los contenidos y límites de toxicidad de las plantas de suelos normales.
- b) Mecanismos primarios de su toxicidad a nivel molecular, celular y subcelular: la estructura y propiedades de las plantas están externamente protegidas por la pared celular que suministra la trama reguladora del crecimiento y está dotada de sistemas defensivos y metabólicos propios e interiormente disponen de un gran espacio extracitosólico. Las características del ion metálico y la gran variabilidad de estados de oxidación–reducción que muestran muchos metales pesados unidos a su tendencia a formar complejos estables, ocasiona que la célula presente numerosos lugares de acción, por lo que se hace evidente la implicación de diferentes niveles y compartimientos celulares.
- c) Mecanismos secundarios de interferencia con los procesos funcionales de las plantas: en planta entera, los síntomas más visibles de fototoxicidad por metales pesados incluyen reducción del crecimiento, sobre todo en raíces, senescencia, necrosis en hojas y abscisión. El síntoma más característico de la toxicidad por metales pesados es la reducción del crecimiento radicular, debido a que la membrana y la pared celular son potencialmente el blanco de acción inicial que comparte cambios en las propiedades de semipermeabilidad, transporte, extensibilidad y crecimiento.
- d) Mecanismo de respuestas homeostáticas: las plantas tiene una serie de mecanismos metabólicos y hormonales que actúan a nivel celular e intercelular que tienden a contrarrestar la acción distorsionante de la toxicidad, en el caso de los metales pesados la toxicidad se atenúa por mecanismos de compartimentación extracelular o extracitosólica o por mecanismos de secuestro e inactivación en el propio citosol.
- e) Mecanismo de resistencia frente al metal pesado: los principales mecanismos de resistencia o tolerancia que se han observado según casos son (Poschenrieder & Barceló, 2015):
 - Exclusión selectiva del metal del proceso de absorción
 - Expulsión del metal

- Expulsión de compuestos por la raíz, que en la rizósfera reducen la disponibilidad del metal para la planta
- Retención del metal en la raíz y/o vías de conducción
- Inmovilización del metal en la pared celular
- Inmovilización del metal en vacuolas
- Formación por la planta de compuestos secuestrantes e inactivadores de los metales tóxicos
- Tolerancia a los metales de los sistemas enzimáticos

2.12.1. Toxicidad del cadmio en la vegetación

El cadmio al no poseer una función biológica, tiende a bioacumularse en distintos ecosistemas tanto acuáticos como terrestres, y mediante estos, logra su ingreso a la cadena trófica y llega a las especies, donde tiene efectos perjudiciales en los órganos, como el riñón e hígado de organismos vertebrados, y en los invertebrados, puede acumularse en muchas plantas y algas (Ortiz Sánchez, 2017).

El cadmio interfiere en la entrada, transporte y utilización de elementos esenciales (Ca, Mg, P y K) y del agua, provocando desequilibrios nutricionales e hídricos en las plantas (Sandalio, Dalurzo, Romero, & Rio, 2001), (Singh & Tewari, 2003). Este metal reduce la absorción de nitratos y el transporte de los mismos de la raíz al tallo e inhibe la actividad nitrato reductasa en tallos (Gouia, Ghorbal, & Meyer, 2000). Las plantas expuestas a suelos contaminados con cadmio presentan modificaciones en la apertura estomática, fotosíntesis y transpiración (Sandalio et al., 2001). Uno de los síntomas más extendidos de la toxicidad por cadmio es la clorosis producida por una deficiencia de hierro (Benavides, Gallego, & Tomaro, 2005), fosfatos o por reducción en el transporte de Manganeseo (Godbold & Hüttermann, 1985).

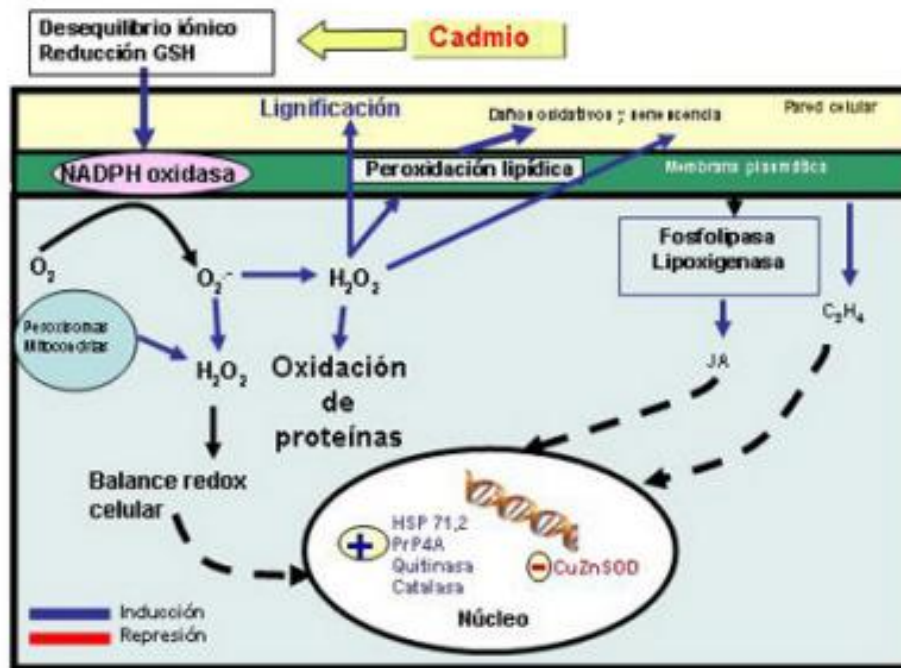


Figura 6: Esquema de respuesta celular al cadmio, daños oxidativos y señalización

Fuente: (Rodríguez Serrano et al., 2008)

2.13. Estrategias de tolerancia al cadmio

La raíz de las plantas constituyen uno de los principales barreras de defensa mediante la inmovilización del Cd por pectinas de la pared celular, los carbohidratos extracelulares de la raíz también pueden intervenir en la inmovilización del metal (Benavides et al., 2005). Otros mecanismos consisten en la reducción del transporte o aumento de la extrusión del Cd u otros metales, pueden ser secuestrados por ácidos orgánicos, aminoácidos, fitoquelatinas y metalotioneínas y posteriormente ser compartidos en la vacuola para prevenir su toxicidad. Las fitoquelatinas constituyen uno de los principales mecanismos de defensa frente a metales pesados, su síntesis tiene lugar a partir del glutatión y se induce en presencia de metales pesados (Clemens, 2006). Plantas que sobre expresan la enzima fitoquelatina sintasa muestran una mayor tolerancia frente al Cd (Pomponi et al., 2006).

2.14. Fuentes de contaminación por cadmio

Debido a la larga vida media del cadmio no es posible el reciclaje, por lo que se acumula progresivamente en el ambiente, en general es un elemento relativamente raro en la litosfera, por

afinidad química se le encuentra junto al zinc, en proporción muy variable, sus principales fuentes de contaminación son (Ramirez, 2015):

- Industria minero metalúrgica de metales no ferrosos
- Metalurgia de hierro y acero
- Fabricación de fertilizantes fosfatados
- La incineración de residuos de madera, carbón o plástico
- Combustión de aceites y gasolina
- Pigmentos y batería de níquel

La concentración de cadmio en áreas industriales varia de 9.1 a 26.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ frente a 0.1 a 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el aire de áreas rurales. El tiempo de permanencia de este metal en suelos es de hasta 300 años y el 90% permanece sin transformarse. El cadmio llega al suelo de los terrenos agrícolas por deposición aérea (41%), por aplicación de abono de estiércol (5%); frecuentemente por efluentes que contiene residuos líquidos y sólidos de plantas hidrometalúrgicas de cadmio (Ramirez, 2015). Cabe recalcar que la contaminación ambiental por cadmio también sucede por las partículas de polvo de caucho proveniente de las ruedas de automóviles de la galvanización con zinc de tuberías, de plástico que contiene pigmentos coloreados y por la industria de cerámica glaseada (Levy BS & Wegman DH, 1998), (Ellis, Vartsky, Zanzi, Cohn, & Yasumura, 1979).

2.15. Mecanismo de acción de toxicidad del cadmio

Pequeñas partículas de cadmio son absorbidas por el aparato respiratorio, especialmente en personas expuestas al humo del tabaco, en animales los rangos de absorción son muy diversos, pero más bajos que en humanos (Hernández, 2007). En adultos, la carga corporal del cadmio puede llegar a 40 miligramos, dependiendo de la situación geográfica y sobretodo del hábito de fumar, pues en un fumador la carga alcanza el doble (Ramirez, 2015), en condiciones normales de distribución el cadmio absorbido se excreta principalmente por la orina, aunque puede eliminarse con sudor, pelo o secreción gastrointestinal (Schwartz, Il'Yasova, & Ivanova, 2003)

En exposición no laboral, los alimentos son la principal fuente de ingesta por cadmio, la absorción por el tracto gastrointestinal es de aproximadamente 50%. En la sangre se encuentra en 0.06% de contenido corporal de Cd y más del 50% se encuentra en la metalotioneína, que es el medio de transporte del cadmio al plasma sanguíneo. El aclaramiento sanguíneo del Cd es rápido, se acumula

en el riñón y en adultos no expuestos llega a valores entre 7.4 y 8.8 mg, lo que representa 30% o 50% de su contenido corporal. La concentración en la corteza renal es 1.5 veces mayor que la del riñón y se fija en las células del túbulo proximal (Madeddu, 2005).

La acumulación de Cd en el riñón e hígado depende de la intensidad del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. En ambos casos se ha encontrado incremento con la edad, después de sobreexposición alcanza concentraciones elevadas en el hígado, pero con el tiempo el metal se localiza en el riñón. Se ha descrito que las concentraciones renales de zinc se incrementan al aumentar las de cadmio y que la capacidad de almacenamiento de la corteza es limitada a 300 $\mu\text{g/g}$ (De Mateo Silleras, Perez Garcia, & Mijan de la Torre, 2000; Gachot & Poujeol, 1992; Schuhmacher, Domingo, & Corbella, 1994)

Poblaciones urbanas adultas pueden retener 1.77 μg del cadmio por día, en personas de 50 años hay cantidades acumuladas de hasta 32 mg, de ellos, la corteza renal contiene aproximadamente 50 $\mu\text{g Cd/g}$, en un rango que varía entre 15 y 85 $\mu\text{g Cd/g}$. Se sabe que la concentración de cadmio en el hígado depende del daño de la función renal (Madeddu, 2005). La absorción pulmonar es mayor que la intestinal, por lo cual el riesgo es mayor cuando el cadmio es aspirado, la exposición prolongada se relaciona con la disfunción renal conduciendo a enfermedades pulmonares y provoca osteoporosis (Huguet, Schuhmacher, Llobet, & Domingo, 2007; Rodríguez, 2017).

En exposiciones laborales, la inhalación es la ruta principal de ingreso y la absorción a partir de esta vía depende del tipo de compuesto inhalado, del tamaño de las partículas y de su retención en el pulmón. El depósito en el pulmón de partículas menores de 5mm de diámetro es del orden de 25% y de ellas aproximadamente el 60 % pasa a la sangre, los grandes fumadores presentan valores adicionales de absorción por inhalación de hasta el 50%, las partículas de cadmio depositadas en las nasofaringe, tráquea y bronquios son transportados por mecanismo mucociliar a la faringe, desde donde son parcialmente ingeridos. La absorción percutánea ocurre solamente por contacto con los compuestos orgánicos del cadmio (Madeddu, 2005; Pérez & Azcona, 2012).

La concentración del cadmio aumenta en la sangre solo en los primeros 6 meses, luego sus niveles son proporcionales a la concentración en el ambiente laboral. En exposiciones ocupacionales, el cadmio aparece también en páncreas, pulmón, corazón y músculos. Elevadas concentraciones en el tejido infieren concentraciones altas en otras, lo que nos lleva a afirmar que la distribución se

determina solo por el nivel ambiental de cadmio y no por alguna función especial (González, Elpidiol, & Fernández, 2014; Järup, 2012; Madeddu, 2005)

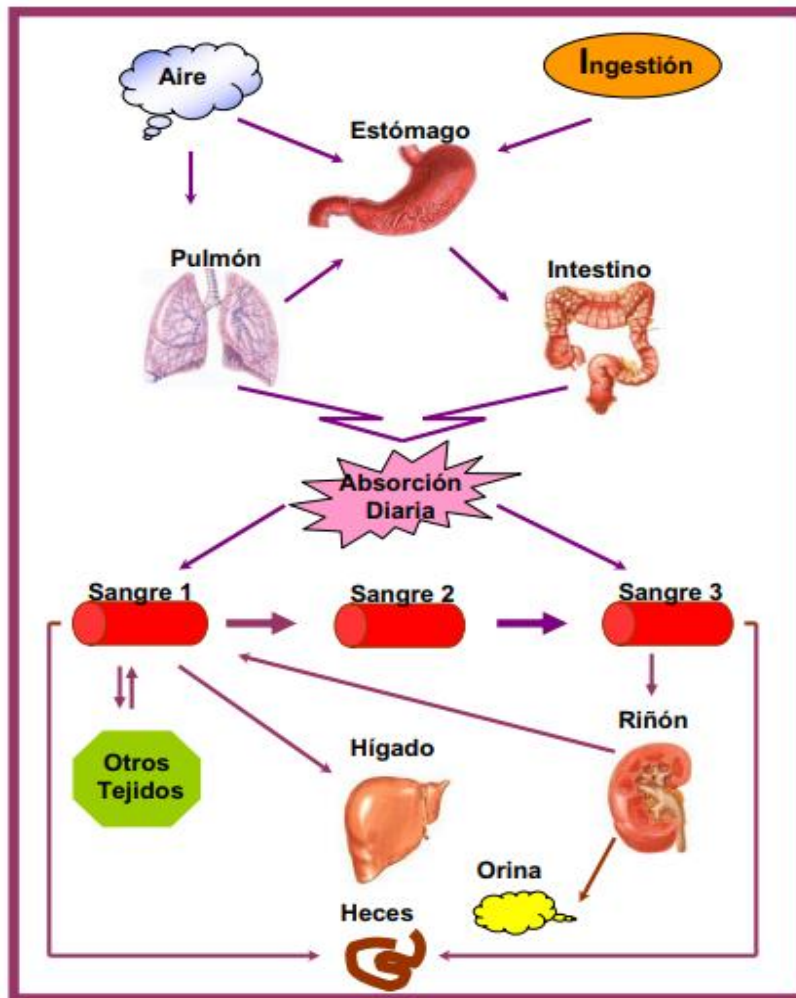


Figura 7: *Modelo toxicocinético del cadmio.*

Fuente: (Madeddu, 2005)

2.16. Efectos del metal cadmio en el medio ambiente

Por vía antropogénica las concentraciones en el medio ambiente pueden ser incrementadas considerablemente, debido a que es un metal ampliamente utilizado en la industria y productos agrícolas, esto ha producido un progresivo aumento en su producción, el 5% del metal es reciclado y debido a su notable movilidad, provoca una importante contaminación ambiental, (Morán, Martínez, Marruecos, & Nogué, 2011; Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016) .

Al cadmio se le conoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas, causando severos desequilibrios en los procesos nutritivos y transporte de agua en ellas (Singh & Tewari, 2003). La facilidad de acumulación de cadmio en las plantas ha llevado a considerarlas como potenciales candidatos para tareas de fitoremediación de este metal (Reyes et al., 2016).

Sin embargo la mayoría de emisiones de cadmio se realizan a través de la industria del metal, seguida por la combustión de residuos o basura, combustión de carbón, industria cementera y producción de fertilizantes, es decir el 90% del flujo anual de cadmio es de origen humano. Las concentraciones de cadmio son elevadas en zonas industriales, minas y zonas urbanas, cabe señalar que el aire es un medio de transporte de cualquier contaminante a la cadena alimenticia a zonas muy lejanas, estudios realizados en el ártico resultaron ser muy similares a los niveles de cadmio de ciertas zonas urbanas en Estados Unidos (Madeddu, 2005).

2.17. Límites máximos y mínimos permisibles de cadmio en el suelo

Según el Libro VI Anexo 2 de la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para suelos contaminados se describen los valores de calidad y remediación o restauración del suelo que se pueden observar en las tablas adjuntas:

Tabla 3: *Criterios de calidad del suelo*

Sustancia	Unidad (Concentración en Peso Seco)	Suelo
Cadmio	mg/kg	0.5
Plomo	mg/kg	25
Zinc	mg/kg	60

Fuente: (TULSMA. Anexo 2, 2015)

Tabla 4: *Criterios de Remediación o Restauración del suelo.*

Suelo	Unidades (Concentración en peso seco)	Uso del Suelo			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Cadmio	mg/kg	2	5	10	10
Plomo	mg/kg	100	100	150	150
Zinc	mg/kg	200	200	380	380

Fuente: (TULSMA. Anexo 2, 2015)

Por otro lado la EPA (*Environmental Protection Agency*), establece que el rango de concentración normal de cadmio en suelo no contaminado generalmente oscila entre 0.01 mg/kg y 0.7 mg/kg (EPA, 2008). Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) presenta un límite de concentración de Cadmio en suelo de 0.0025 mg/kg; la Unión Europea (UE) y la FAO presentan un límite máximo permisible de concentración de cadmio en raíces y tubérculos es de 0.1 mg/kg.

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo, explicativo y de campo; descriptivo debido a que se detalla el fenómeno estudiado a través de la medición de uno o más caracteres, señala el tipo de descripción que se pretende realizar como la observación, entrevistas, cuestionarios, etc. De tipo explicativo porque busca encontrar las razones o causas que ocasiona ciertos fenómenos. Además según el nivel de medición es cuantitativa y de diseño longitudinal según su ubicación temporal (Vásquez, 2005).

Variables Independientes

La concentración de Cadmio en puntos seleccionados de forma aleatoria simple en las zonas norte, centro y sur de la ciudad de Cuenca.

Periodo de residencia de las personas expuestas en la zona de estudio (Tello, 2015).

Variable Dependiente

Valores del cálculo del riesgo toxicológico de la población que se encuentra expuesta a los suelos posiblemente contaminados por el elemento metálico (Cd).

Indicadores

La concentración de Cadmio en las muestras de suelo y vegetación, el análisis estadístico y los resultados de las encuestas para determinar el riesgo de toxicidad a la población (Tello, 2015).

2.18. Desarrollo de la investigación

2.18.1. Población

El estudio se realizó en toda la zona urbana de la ciudad de Cuenca de la provincia del Azuay, la cual cuenta con una población de 329.928 habitantes en la zona urbana (INEN, 2010). Estos sectores fueron seleccionados por diferentes características para la obtención de datos representativos y tomando como referencia lugares en donde exista mayor congestión vehicular y conglomeración de gente, se consideró además zonas donde exista actividad industrial, producción de basura y espacios donde concurrentemente la gente fuma, este último considerando que los cigarrillos contienen cadmio.

2.18.2. Tipos de muestreo y descripción de las muestras

Para la obtención de las muestras de suelo y vegetación se procedió a dividir la ciudad en tres zonas: sur, centro histórico y norte, cada zona se dividió en cinco subzonas de las cuales se procedió a tomar 6 submuestras por cada subzona de tal manera que resulte representativa, a diferentes distancias de los puntos seleccionados, los cuales se detallan a continuación:

Muestreo de la Zona Norte de Cuenca

- **Muestra A1 Ciudadela Kennedy:** Parque Lineal Kennedy, Sector Universidad Católica, Panamericana Norte, Calle Cornelio Delgado y Panamericana Norte, Calle Batallón Vencedores y Panamericana Norte, las muestras fueron tomadas a una distancia promedio de aproximadamente 260 metros.
- **Muestras A2 Parque Industrial A:** calle Juan Eljuri Chica y Cornelio Vintimilla, calle Cornelio Vintimilla y Carlos Tosi Siri, calle Primavera y Av. las Américas, a una distancia promedio de 300 metros.
- **Muestra A3 Parque Industrial B:** Av. las Américas (Mue, Palmira y Paseo Río Machangara), Palmira y Cimarrones, Paseo Río Machangara y Octavio Chacón Moscoso, Av. del Toril y Huagra Huma, a una distancia promedio de 300 metros.
- **Muestras A4 Terminal Terrestre:** Sebastián Benalcázar y Av. España, Madrid y Av. España, Chapetones y Av. España, Av. Gil Ramírez Dávalos y Chapetones, del Chorro y Av. Gil Ramírez Dávalos, Av. Héroes de Verdeloma y Av. Gil Ramírez Dávalos, a una distancia aproximada de 120 metros.

- **Muestra A5 Aeropuerto Internacional Mariscal Lamar:** La Castellana, Av. España y la Sevilla, Av. España y F. Pizarro, La Castellana y Valencia, Av. España y Valencia, Av. Elia liut y Redondel de la Av. España, a una distancia promedio de 110 m.

Muestreo de la Zona Centro Histórico de Cuenca

- **Muestras B1 San Sebastián:** Mariscal Sucre y Plaza de San Sebastián, Cornell Talbot y Plaza, Pdte. Córdova y Cornell Talbot, Baltazar de Calderón y Miguel Vélez a una distancia de 65 metros.
- **Muestras B2 Mercado 10 de Agosto:** General Torres y Juan Jaramillo, Juan Jaramillo y Padre Aguirre, Tarqui y Calle Larga, Tarqui y Pdte. Córdova, General Torres y Calle Larga, a una distancia aproximada de 110 metros.
- **Muestras B3 Parque Calderón:** Simón Bolívar y Benigno Malo, Benigno Malo y Mariscal Sucre, Mariscal Sucre y Padre Aguirre, Benigno Malo y Simón Bolívar, Benigno Malo y Simón Bolívar, a una distancia promedio de 100 metros.
- **Muestra B4 San Blas:** Parque San Blas, Manuel Vega y Parque San Blas, Simón Bolívar y Parque San Blas, Tomas Ordoñez y Parque San Blas, a una distancia promedio de 40 metros.
- **Muestra B5 Mercado 9 de Octubre:** Manuel Cueva y Mariscal Lamar, Mariscal Lamar y Hermano Miguel, Mariano Cueva, Mariano Cueva y Gaspar Sangurima, a una distancia promedio de 70 metros.

Muestreo de la Zona Sur de Cuenca

- **Muestras C1 Estadio Alejandro Serrano Aguilar:** Av. Fray Vicente Solano y Florencia Astudillo, Federico Malo y Florencia Astudillo, Alfonso Cordero y Av. José Peralta, Alfonso Cordero y Manuel J. Calle, Roberto Crespo Toral y Miguel Cordero Dávila, Redondel Av. Fray Vicente Solano, a una distancia promedio de 160 metros.
- **Muestras C2 Coliseo Jefferson Pérez:** Av. Tres de Noviembre y Unidad Nacional, Calle Los Manzaneros y Av. Tres de Noviembre, Calle Fernandina y Av. Doce de Abril, Calle San Salvador y Av. Doce de Abril, Calle Pasaje Imbabura y Unidad Nacional, Calle Edwin Sacoto y Av. Doce de Abril, a una distancia de 170 metros.

- **Muestras C3 Feria Libre:** Calle Carlos Berrezueta y Leopoldo Dávila Córdova, Calle Nicaragua y Av. de las Américas, Calle Venezuela y Av. Remigio Crespo Toral, Av. de las Américas y Av. 12 de Abril, Nicanor Cobos y Pasaje Cobos, Calle Ángel María Estrella y Mariano Estrella, a una distancia aproximada de 400 metros.
- **Muestras C4 Coral Centro:** Calle José Vinueza y Av. de las Américas, Calle Manuel Quiroga y Av. de las Américas, Calle Francisco Trelles y Av. Solano, Calle Damián Gómez y Anton de Sevilla, Calle Rodrigo de Paz y Anton de Sevilla, Juan Pio Montufar y Av. de las Américas, a una distancia promedio de 170 metros.
- **Muestras C5 Hospital Vicente Corral Moscoso:** Redondel Pasaje del Paraíso, calle Agustín Landívar y Pasaje del Paraíso, calle Nicanor Corral y Pasaje del Paraíso, Pasaje del Paraíso, Pasaje del Paraíso y El Che, a una distancia promedio de 170 metros.

2.19. Localización de las zonas investigadas

2.19.1.1. Toma de Muestras Zona Norte

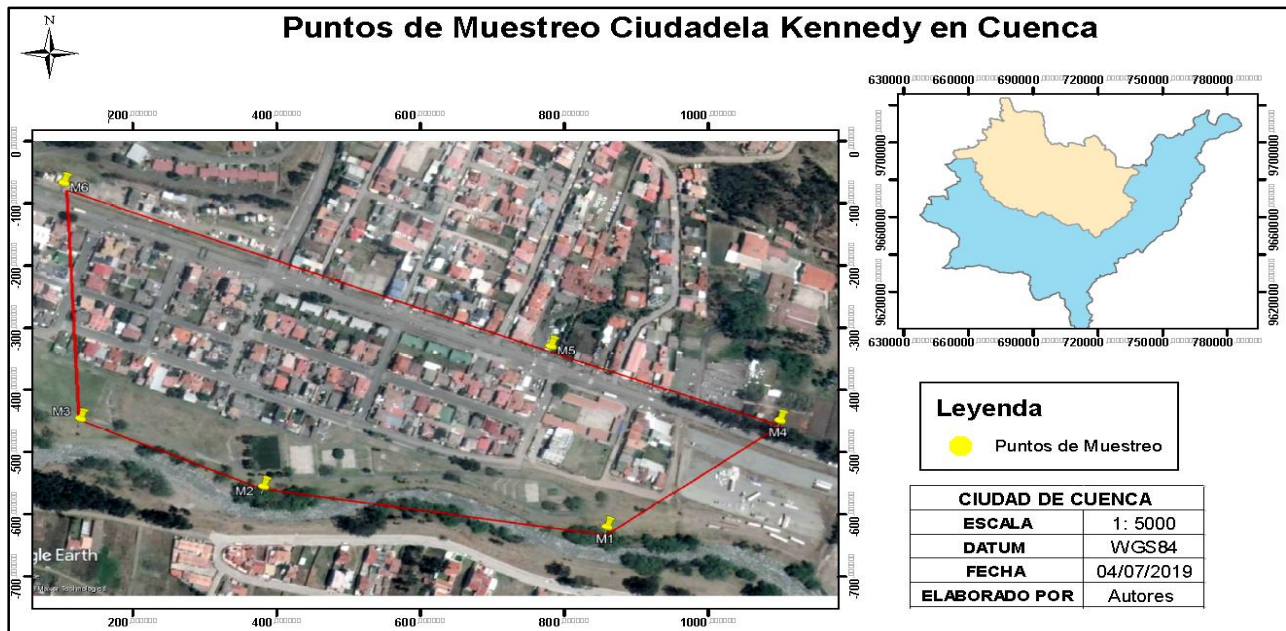


Figura 8: Mapa de puntos de muestreo de la Ciudadela Kennedy de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

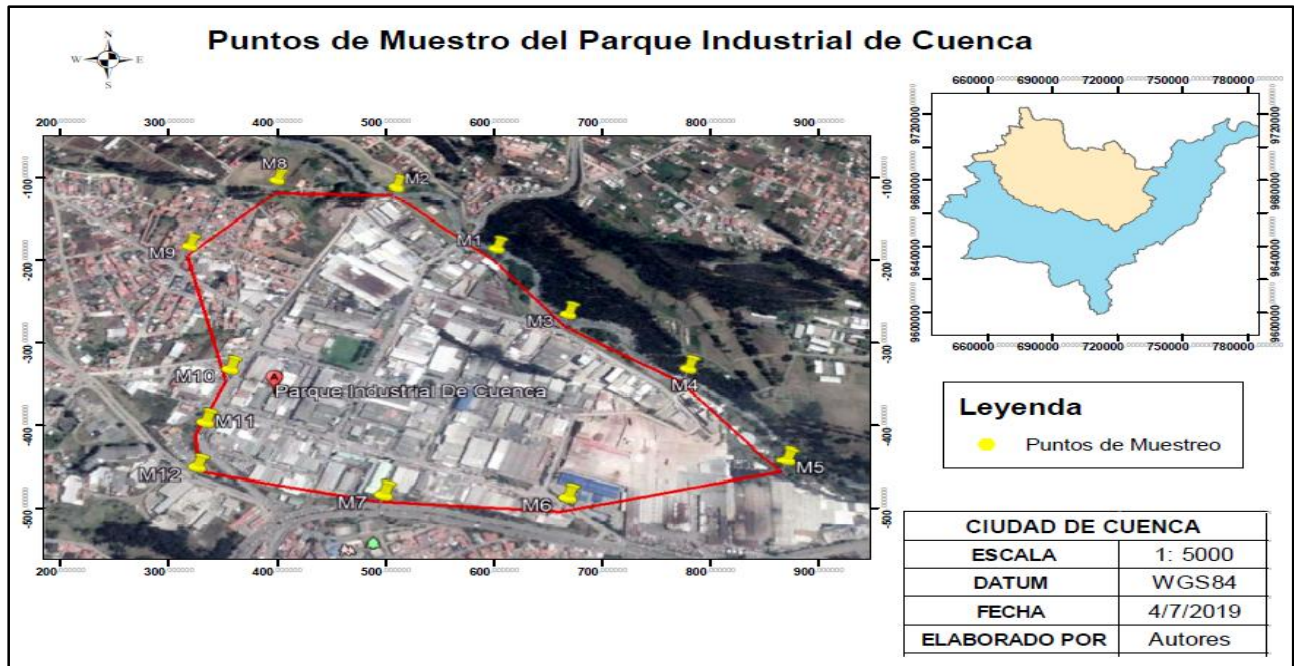


Figura 9: Mapa de puntos de muestreo del Parque Industrial de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

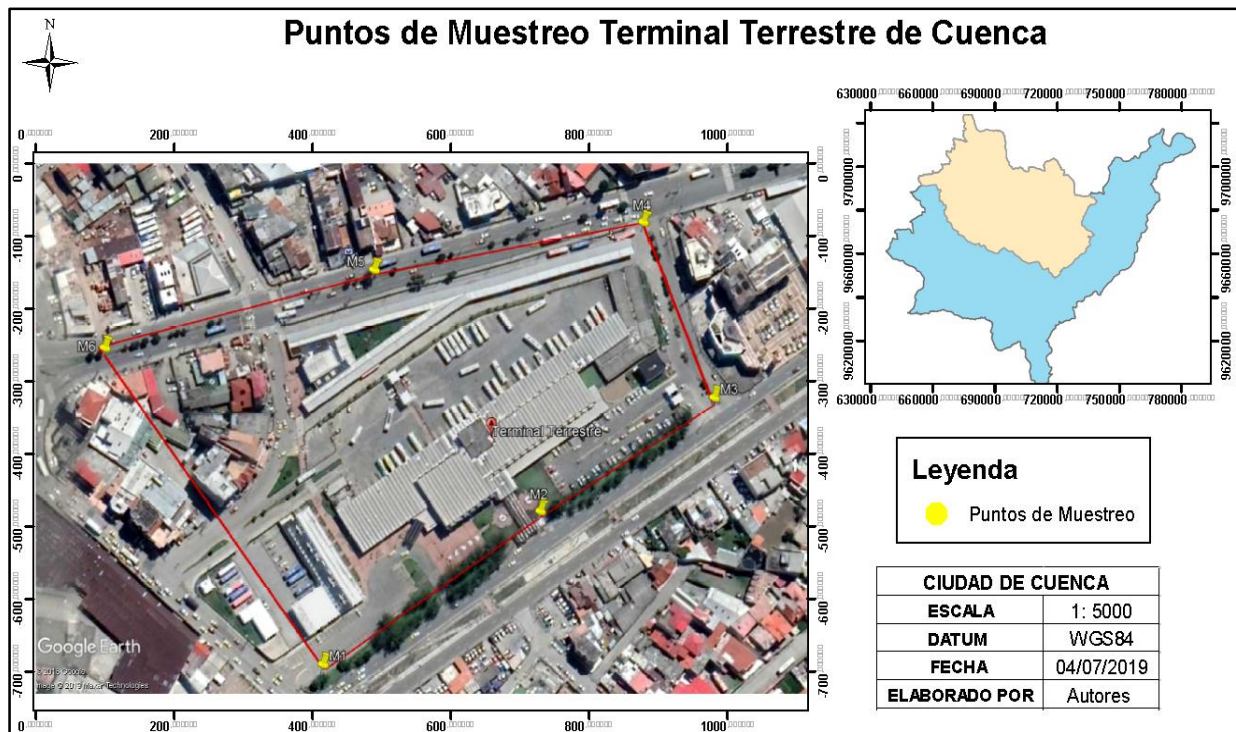


Figura 10: Mapa de puntos de muestreo del Terminal Terrestre de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

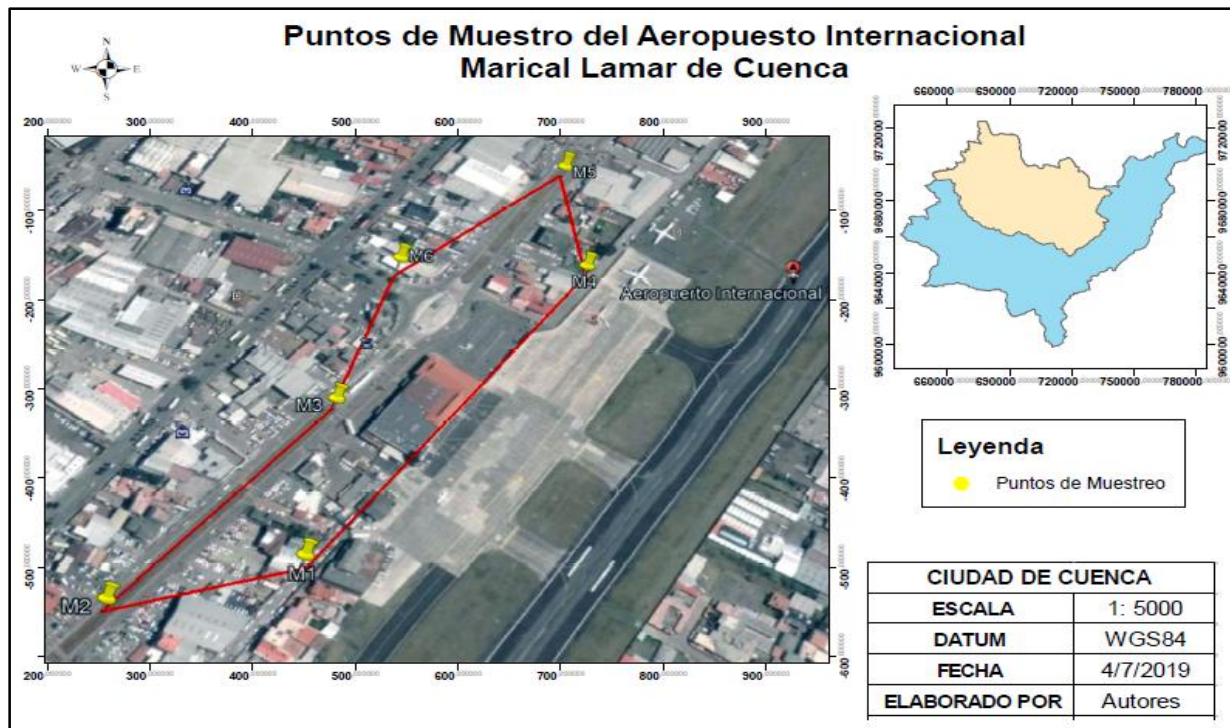


Figura 11: Mapa de puntos de muestreo del Aeropuerto Internacional Mariscal Lamar

Fuente: (Google Earth, 2019)

2.19.1.2. Toma de Muestras Zona Centro

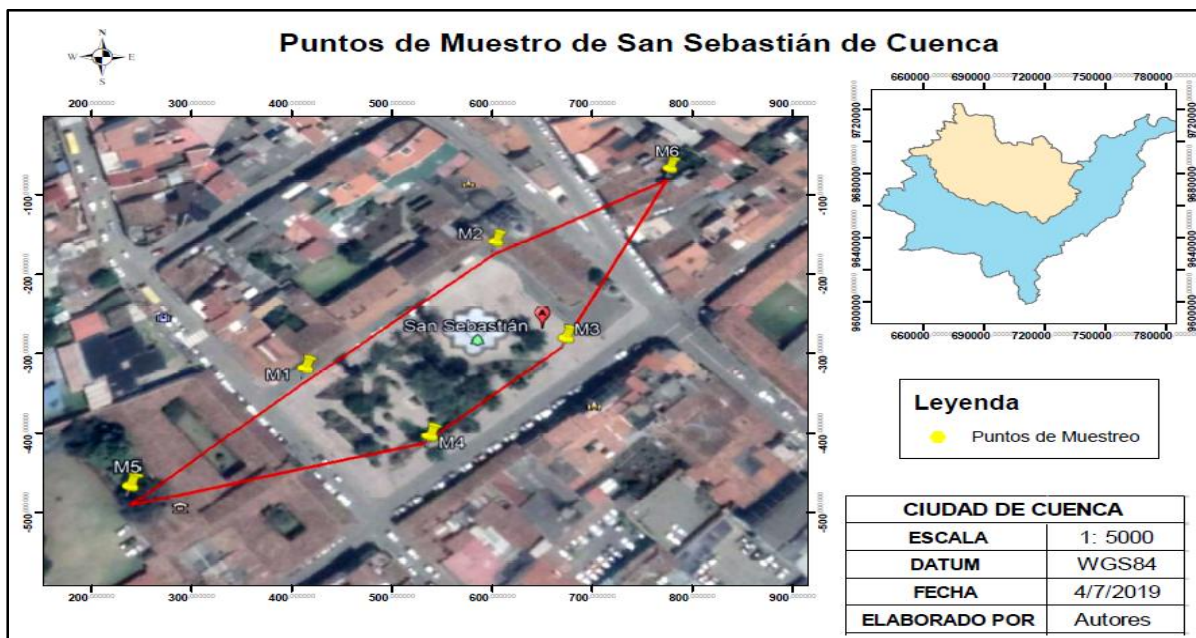


Figura 12: Mapa de puntos de muestreo de San Sebastián de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

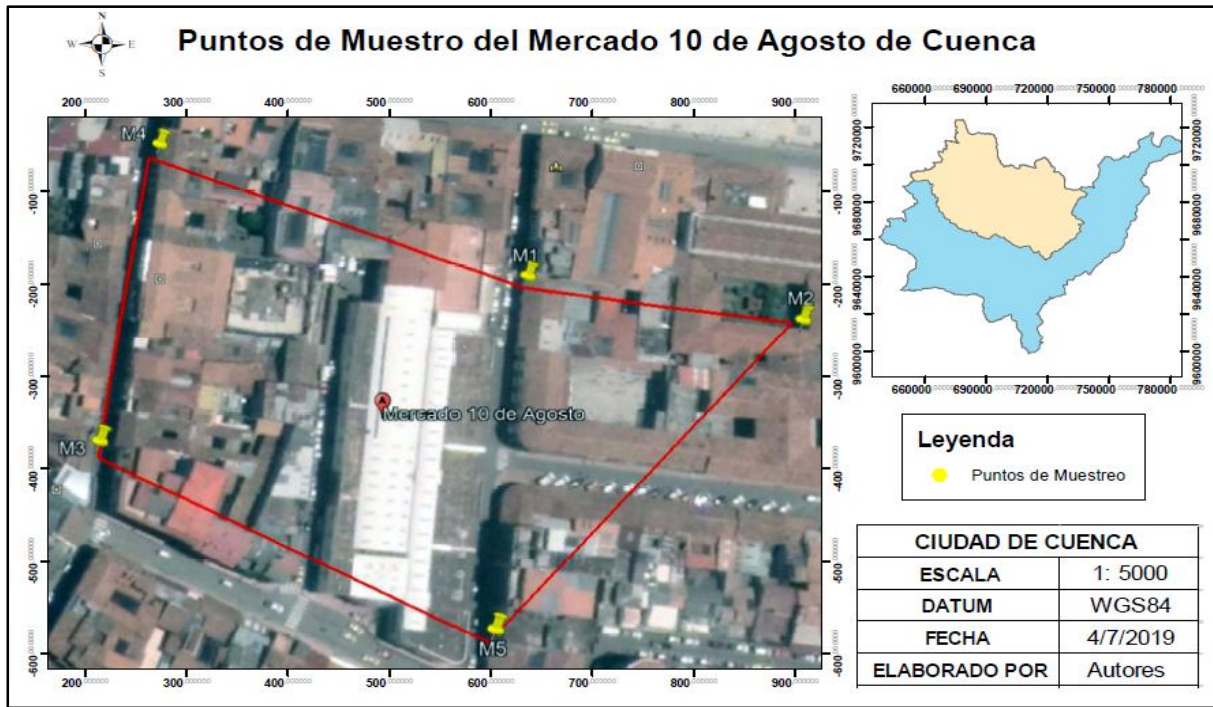


Figura 13: Mapa de puntos de muestreo del Mercado 10 de Agosto de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

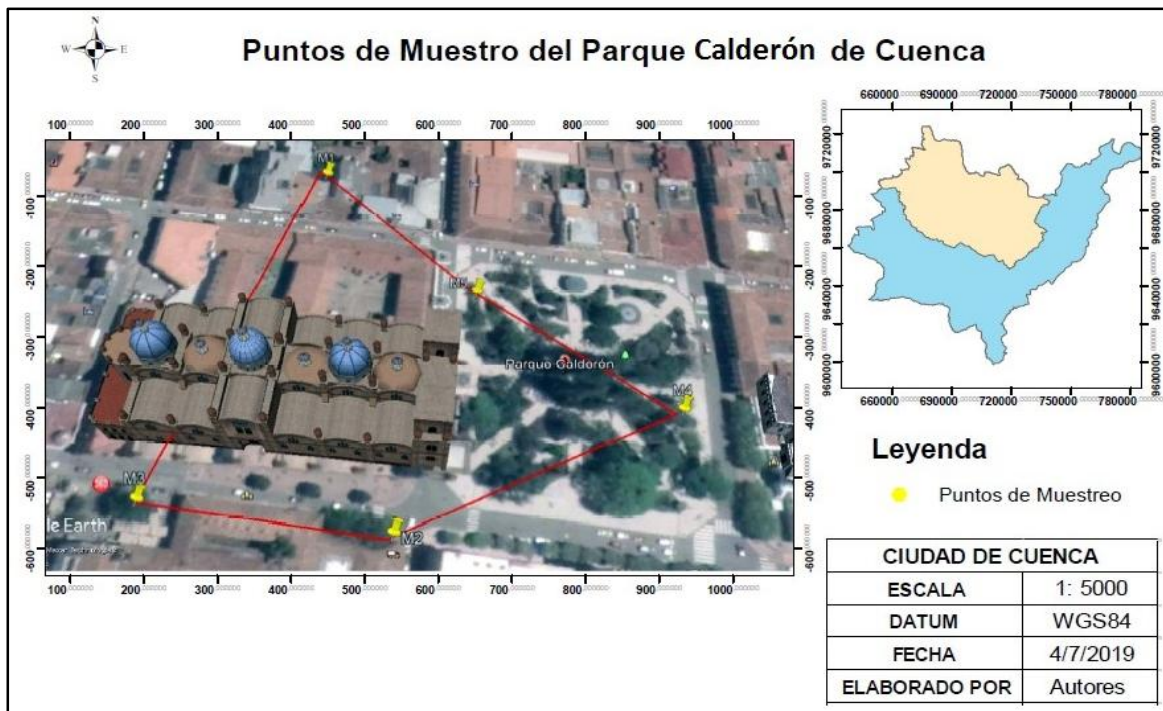


Figura 14: Mapa de puntos de muestreo del Parque Calderón de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

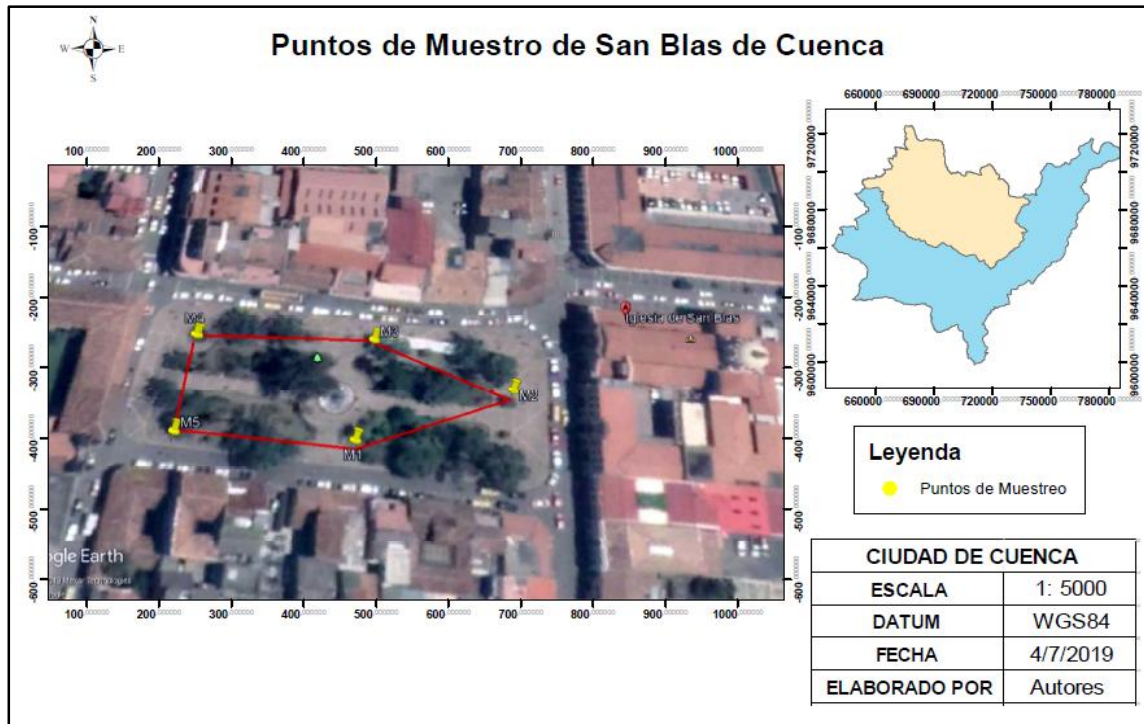


Figura 15: Mapa de puntos de muestreo del sector de San Blas de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

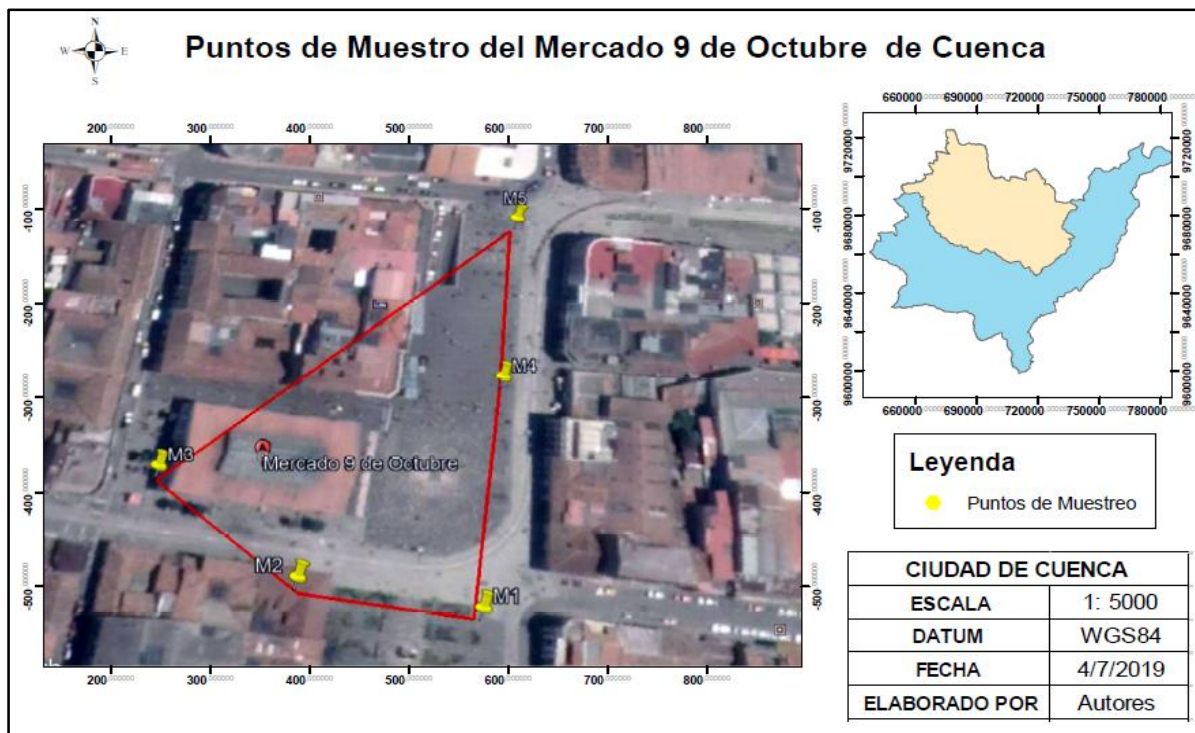


Figura 16: Mapa de puntos de muestreo del Mercado 9 de Octubre de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

2.19.1.3. Toma de muestras Zona Sur

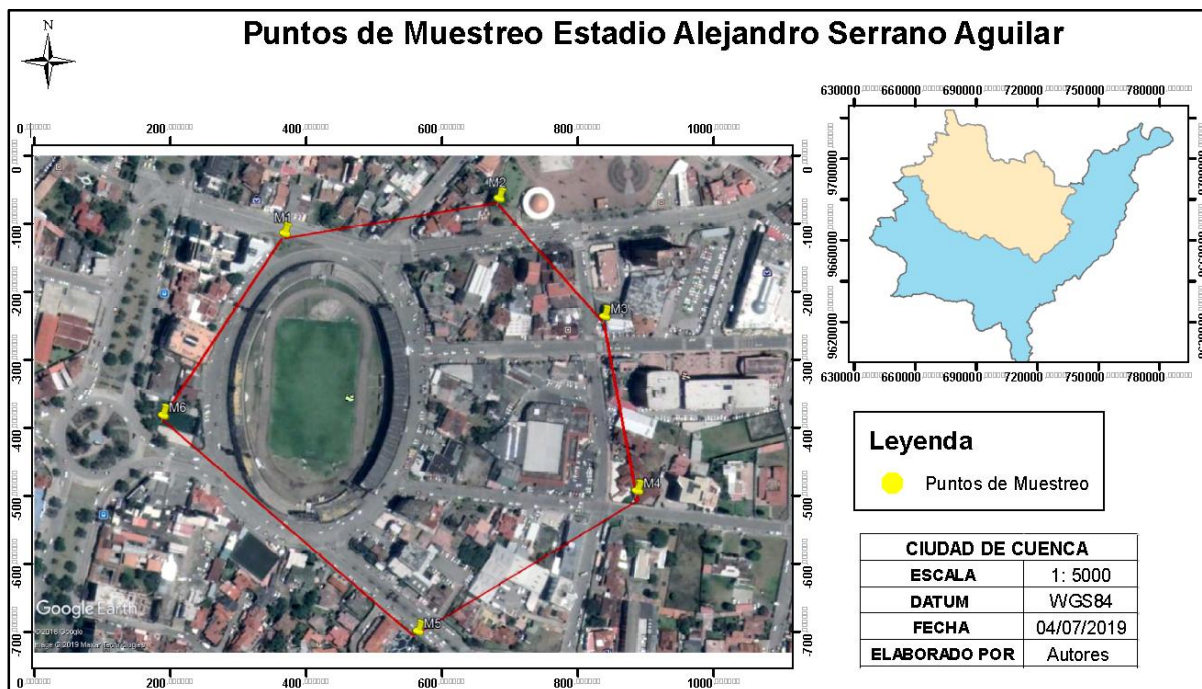


Figura 17: Mapa de puntos de muestreo del Estadio Alejandro Serrano Aguilar de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

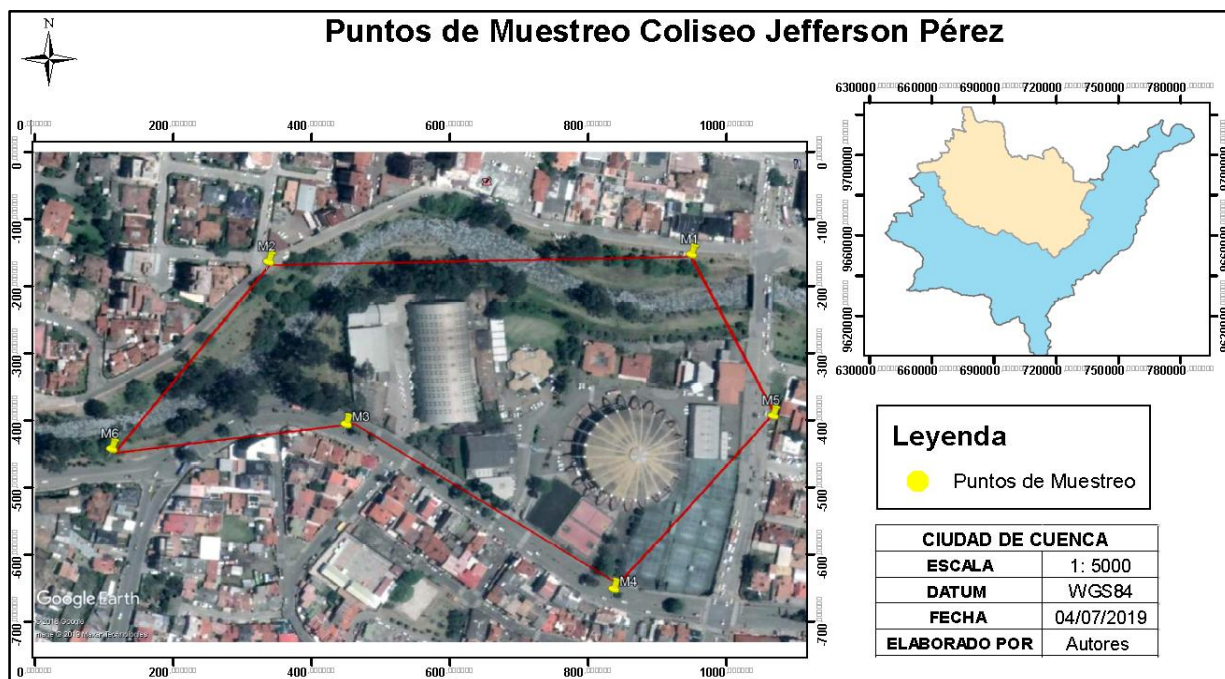


Figura 18: Mapa de puntos de muestreo del Coliseo Jefferson Pérez de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

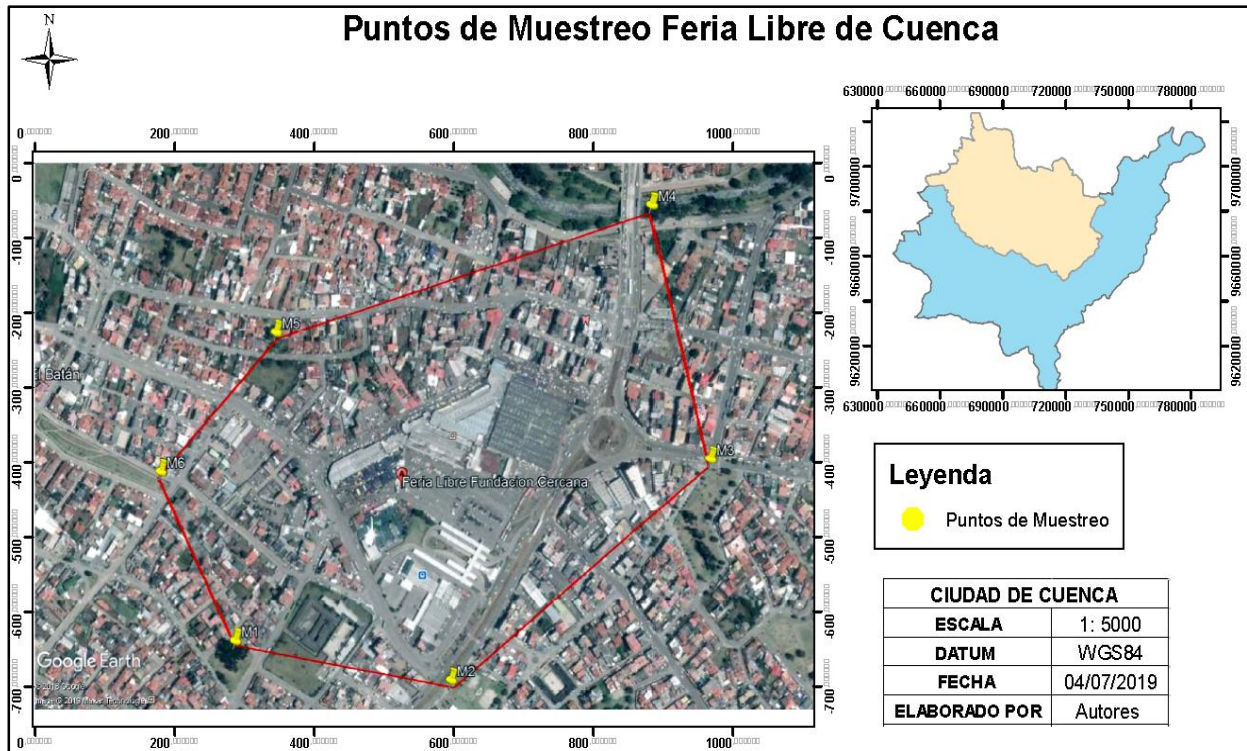


Figura 19: Mapa de puntos de muestreo de la Feria Libre de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

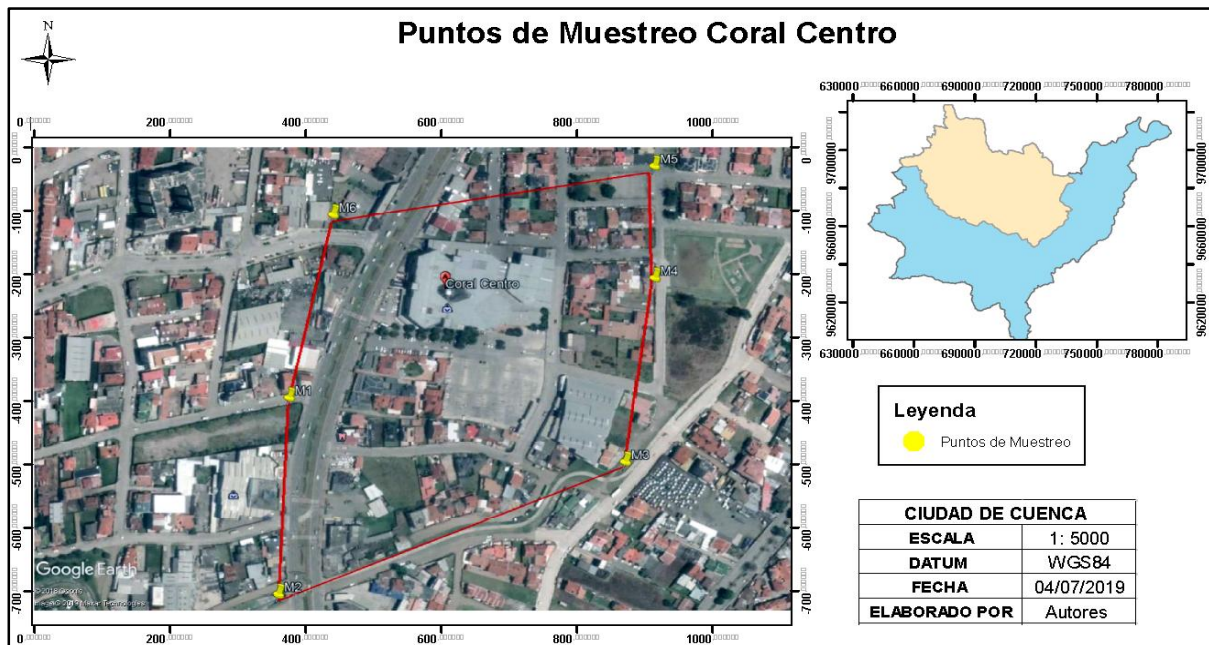


Figura 20: Mapa de puntos de muestreo del Coral Centro de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

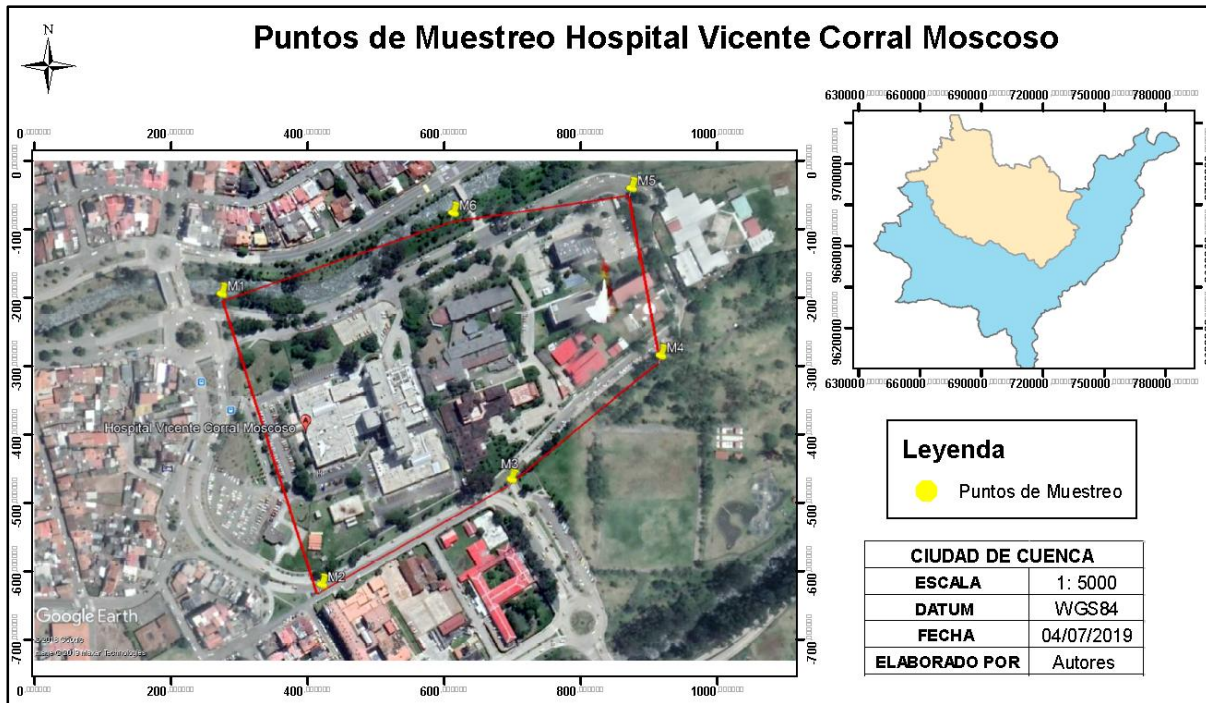


Figura 21: Mapa de puntos de muestreo del Hospital Vicente Corral Moscoso de Cuenca

Fuente: (Google Earth, 2019)

2.19.2. Selección de los lugares de Muestreo

Para la selección de los lugares de muestreo se consideró sitios que sean representativos donde predomine tráfico vehicular, humo de cigarrillo, disposición de basura, tomando como referencia parques de recreación lo que implica una mayor amenaza al entrar en contacto con el suelo y vegetación contaminada por el metal cadmio.

2.20. Tamaño de la Muestras Tomadas

Para la toma de las muestras se procedió a dividir a la ciudad de Cuenca en tres zonas, seleccionando 5 puntos de muestreo por cada zona. Para que las muestras resulten representativas se tomaron 6 sub-muestras a diferentes distancias y a una profundidad de máximo 15 cm para la muestra de suelo y para la vegetación se consideró las hojas, tallo y raíz.

La conservación física se realizó colocando directamente en un recipiente de plástico, la cantidad recolectado por cada punto fue de aproximadamente de 1 kg y luego trasladadas las muestras a los laboratorio Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana en donde se procedio al correspondiente análisis.

También, como parte del trabajo de campo se realizaron las encuestas donde se obtuvo información de la población como el tiempo de permanencia, y antecedentes de enfermedades que con más frecuencia padece la gente; el tamaño de la muestras para las encuestas se realizó a partir de la población total, de tal manera que se obtuvo un aproximado de 375 por cada punto de muestreo, se aplicó la siguiente ecuación para el numero de encuestas.

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{z^2 * p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1-p)}{e^2 N}\right)} \quad (\text{SurveyMonkey}, 2017) \quad \text{Ec.1}$$

Donde N = tamaño de la muestra (población a encuestar) presente en el (Gráfico 1); e = margen de error de ($\pm 5\%$); z es el nivel de confianza el cual se presenta en la tabla 5 con su correspondiente puntuación y p = 0.5 es el al tamaño óptimo de la muestra (SurveyMonkey, 2017). En lo que se refiere al tamaño de la muestra del suelo y la vegetación se consideró lo que dispone en la Norma INEN 687 (NTE INEN 0687).

Tabla 5: Nivel de Confianza (z)

Nivel de confianza	Puntuación de z
90 %	1.65
95 %	1.96
99 %	2.58

Fuente: (SurveyMonkey, 2017)

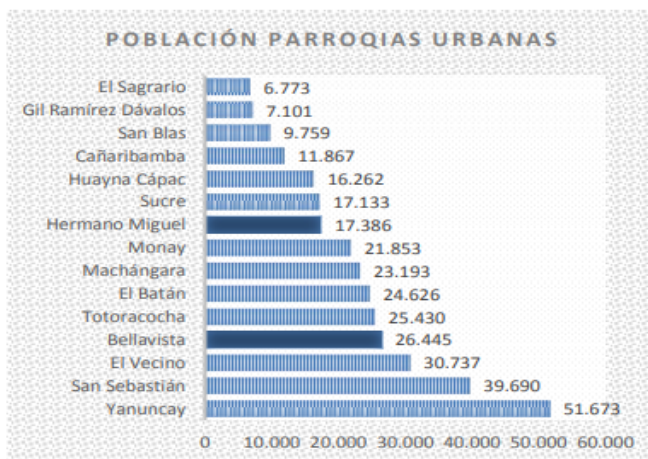


Gráfico 1: Población Parroquias Urbanas del cantón Cuenca

Fuente: (INEC Instituto Nacional de Estadísticas y censos, 2016)

Número de encuestas en la zona norte

Parque Industrial - Parroquia Hermano Miguel

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 17386}\right)} = 375$$

Aeropuerto y Terminal Terrestre – Parroquia El Vecino

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 30737}\right)} = 378$$

Ciudadela Kennedy – Parroquia Machángara

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 23193}\right)} = 376$$

Numero de encuestas en el centro histórico

Parque San Sebastián – Parroquia Gil Ramírez Dávalos

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 7101}\right)} = 364$$

Parque San Blas y Parque Calderón – Parroquia San Blas

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 9759}\right)} = 370$$

Mercado 10 de Agosto y 9 de Octubre – Parroquia El Sagrario

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 6773}\right)} = 364$$

Numero de encuestas en la zona Sur

Estadio Alejandro Serrano Aguilar y Hospital Vicente Corral Moscoso – Parroquia Huayna Cápac

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 16262}\right)} = 376$$

Feria libre – Parroquia El Batán

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 24626}\right)} = 378$$

Coliseo Jefferson Pérez – Parroquia San Sebastián

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 39690}\right)} = 380$$

Centro Comercial Coral Centro – Parroquia Yanuncay

$$\text{Número de Encuestas} = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}{0.05^2 * 51673}\right)} = 381$$

2.21. Métodos, Técnicas e Instrumentos

2.21.1. Métodos para recolección de datos

El levantamiento de información en la zona de estudio con respecto a edad, sexo, peso corporal, tiempo de permanencia de la población se realizó a través de encuestas (Anexo 1). Las personas encuestadas fueron los residentes de cada sector entre 18 y 72 años de edad, de acuerdo a la duración mínima de permanencia en la zona. Por otra parte, se analizaron 6 muestras de suelo y vegetación por cada subzona para determinar la concentración de cadmio mediante Espectrometría de Emisión por Plasma de Acoplamiento Inducido (ICP), en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.

2.21.1.1. Encuestas

La encuesta esta planteada por diez preguntas que consisten en datos personales como edad, sexo, peso corporal, tiempo de permanencia en el sector y referentes a contaminación además preguntas

abiertas como por ejemplo: cómo percibe la gente la responsabilidad de las autoridades en cuestión del tema ambiental. El formato de la encuesta se encuentra especificado en el Anexo 1.

2.21.1.2. Determinación de Cadmio en Suelo y Vegetación

La metodología aplicada para la medición de los niveles de cadmio fue mediante Espectrometría de Emisión por Plasma de Acoplamiento Inducido (ICP), esta técnica de análisis instrumental es capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos de la tabla periódica (Fe, Ca, Mg, Mn, Ni, Pb, Cd, Al, Cr, Pd, Si, etc.) con una alta precisión (Razmilic, 2015). Consiste en nebulizar las muestras y el aerosol formado se transporta hasta la antorcha de plasma en donde tiene lugar la excitación electrónica. Un plasma de radiofrecuencia acoplado inductivamente (ICP) genera los correspondientes espectros de líneas de emisión atómicas. Las haces de luz son dispersados por un espectrómetro de red de difracción y los detectores se encargan de medir las intensidades de las líneas, las señales originadas en los detectores se procesan y controlan mediante un sistema de información (Ionomica, 2013).

2.22. Equipos y Materiales

- Espectrómetro ICP
- Digestor
- Estufa de secado
- Mortero
- 11 balones de aforo de 100 ml
- 17 balones de aforo de 50 ml
- 2 balones de aforo de 25 ml
- 2 balones de aforo de 1000 ml
- 11 vasos de precipitación de 100 ml
- 2 vasos de precipitación de 250 ml
- 1 vaso de precipitación de 1000 ml
- 6 crisoles
- 1 pinza
- 1 estufa
- 1 pera

- 1 pipeta de 25 ml
- 1 pipeta de 10 ml
- 1 pipeta de 5 ml
- 12 embudos
- 1 luna de reloj
- 1 caja de puntas azules
- 1 caja de puntas amarillas
- 24 tubos de teflón
- 1 caja de papel filtro de fibra de vidrio

Reactivos

- Ácido nítrico al 2%
- Dos pissetas de agua ultra pura
- 1 cilindro de gas argón

2.23. Procedimiento

2.23.1. Preparación de muestra de suelo

CuarTEAMIENTO

A partir de las muestras tomadas se procedió a realizar el cuarteo con la finalidad de reducir la cantidad de las muestras determinando su representatividad y lo más homogéneo posible, obteniendo 45 muestras para suelo y 45 muestras para vegetación.

Procedimiento de cuarteo

1. Colocar una lona en el piso de manera horizontal
2. La muestra de suelo situar en la parte central de la lona, formando un cono
3. Aplanar la muestra, para de esta manera impedir la segregación, alzar la lona de cada arista, formando nuevamente un cono
4. El cono procurar que sea lo más homogéneo posible
5. Con una pala dividir la muestra en cuadrantes iguales
6. Apartar las dos partes opuestas para los análisis
7. En una bolsa guardar la muestra debidamente etiquetada para su posterior análisis

Tamizado

La muestra seleccionada se procedió a cernir con la ayuda de un vibrador lo cual permite evitar el margen de error en el intercambio de las partículas entre los tamices y no se quede material retenido en algún tamiz que no le corresponda a su diámetro.

Tabla 6: *Tamaño de mallas en el laboratorio de Ciencias de la Vida (UPS) estándar en Estados Unidos*

Tamaño de mallas	
Malla	Diámetro
0.10	2 mm
0.14	1.41 mm
0.16	1.19 mm
0.18	1 mm
0.20	0.841 mm
0.25	0.710 mm
0.30	0.600 mm

Fuente: (Autores, 2019)

Materiales utilizados

- Tamices de diferentes tamaños
- Muestra de suelo
- Tamizador eléctrico
- Cepillo para extraer el material de los tamices
- Balanza

Procedimiento

1. Se organiza la columna de los tamices, ubicando de acuerdo al tamaño de su diámetro (mm) de tal manera que el primer tamiz de 0.600 mm de diámetro sea el de menor abertura.
2. La columna de tamices se coloca en el tamizador electro y se programa su funcionamiento para 5 minutos de tamizado.
3. Se separaron los tamices con sus respectivos porcentajes de la muestra retenida.
4. Para el respectivo análisis se tomó el tamiz de 0.600 mm de diámetro con una malla de 0.30.

Calcinado al Horno

Posterior al tamizado se tomó una cantidad de 2 gramos, para durante 90 minutos a 800 °C calcinar la muestra, lo que nos permitirá eliminar toda la cantidad de restos orgánicos, quedando únicamente material inorgánico.

Procedimiento

1. Pesar 2 gramos de la muestra obtenida en el tamizado.
2. Colocar en un crisol con su respectiva tapa.
3. Colocar el crisol dentro del horno, ubicando correctamente para evitar posibles riesgos y pérdida de la muestra.
4. Con la ayuda de una pinza y un guante de horno proceder a retirar los crisoles y colocar la muestra en una bolsa debidamente etiquetada.

2.23.2. Preparación de muestra vegetal

Proceso de Secado

Se colocan las muestras vegetales en papel aluminio, el cual debe ser perforado para permitir la salida del vapor de agua, facilitando el proceso de secado. Luego son colocadas en la estufa evitando sobre montarlas, a una temperatura de 60°C en un periodo de 72 horas, posteriormente se retiran las muestras y son trituradas con la ayuda de un mortero, finalmente son colocadas en bolsas debidamente etiquetadas para facilitar su proceso de pesaje y digestión.

Digestión Ácida

Para realizar la digestión ácida con muestras de sólidos se pesa 0.5 gramos las cuales son colocadas en tubos digestores de teflón, inmediatamente se le agrega 10 ml de ácido nítrico concentrado, los tubos son etiquetadas cada uno con el código de la muestra con la finalidad de evitar la confusión.

La digestión ácida permite disolver metales que se encuentran unidos a la muestra, en un líquido, para lograr esto se expone la muestra ante un ácido fuerte, en un tubo cerrado y elevando la temperatura y la presión mediante irradiación microondas, tanto la velocidad de descomposición térmica de la muestra como la solubilidad de los metales pesados en solución aumentan.

Los 24 tubos se ingresan en el sistema de digestión de microondas MARS6 CEM durante 30 minutos, previamente señalando el método adecuado para digerir muestras sólidas. El equipo posee

un sistema de sensores integrados que reconocen el tipo de recipiente y el número de vasos o tubos colocadas en el equipo.

El equipo empieza con una temperatura de 40 °C y la presión a 10 bar/minuto durante 30 minutos alcanzando los 220 °C, se mantiene a esa temperatura durante 20 minutos, luego el reactor se enfría y detiene la potencia para de esta manera reducir la presión. Una vez digeridas las muestras se procede a colocar en balones de aforo filtrando con papel filtro de fibra de vidrio libre de metales.(MARS, 2019).

Previamente, se prepara ácido nítrico al 2% para lo cual se realizara el siguiente cálculo:

$$C1 * V1 = C2 * V2 \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

C1 = Porcentaje de pureza del ácido nítrico (69.1%)

C2 = porcentaje q pretendo preparar la solución (2%)

V2 = volumen del balón de aforo en el cual preparo la solución (100 ml).

Por lo tanto:

$$69.1\% * V1 = 2\% * 100 \text{ ml}$$
$$V1 = \frac{2\% * 100\text{ml}}{69.1\%} = 28.94 \text{ ml de } HNO_3$$

Una vez obtenida la cantidad de ácido nítrico que se requiere para preparar la solución, se pipetea 28.94 ml de ácido nítrico y se coloca en el balón de aforo de 1000 ml, el mismo es aforado con agua ultra pura.

Esta solución de ácido nítrico al 2% es utilizada para aforar los 24 balones de aforo con las muestras digeradas con anterioridad, estas soluciones son colocadas en envases etiquetados con el código de las muestras y por ultimo son refrigerados para evitar cualquier tipo de contaminación.

2.24. Espectrometría de Absorción atómica ICP

Antes de la utilización del equipo ICP Spectrometer se requiere realizar una curva de calibración para determinar la concentración del analito en una muestra desconocida, para lo cual se procedió

a revisar en diferente bibliografía concentraciones de cadmio encontradas en muestras vegetales y de suelo urbano con características similares a la zona en estudio.

En donde se encontraron concentraciones mínimas de 0.01 ppm hasta concentraciones máximas de 1 ppm para zonas urbanas. Por ejemplo un estudio realizado en el suelo del parque industrial de la ciudad de Cuenca determinaron concentraciones de 0.4 ppm a 1 ppm (Tello, 2015); otro realizado en la ciudad de México, encontraron concentraciones entre 1.19 ppm a 3.07 ppm (Peña, 2014). En Lima-Perú encontraron concentraciones de 0.001 ppm a 0.12 ppm (Madueño, 2017), por otro lado en Habana-Cuba encontraron concentraciones de 0.24 ppm a 2.1 ppm (Olivares, 2013).

Para este estudio se utilizó una curva de calibración con cinco estándares y dos controles de calidad (QC), los cuales son:

- Estándar 1: 0.004 ppm
- Estándar 2: 0.017 ppm
- Estándar 3: 0.033 ppm
- Estándar 4: 0.1237 ppm
- Estándar 5: 0.221 ppm
- QC 1: 0.011 ppm
- QC 2: 0.11 ppm

Con estos datos se procede a preparar la solución madre, las soluciones patrones y control de calidad, que nos permiten verificar la validez y confiabilidad de los datos obtenidos en el equipo ICP Spectrometer, para lo cual se emplea la siguiente ecuación:

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$V1 = \frac{C2 * V2}{C1} \quad \text{Ec.3}$$

Solución Madre:

$$V1 = \frac{1\text{ppm} * 100\text{ml}}{1000\text{ppm}} = 0.1 \text{ ml}$$

Soluciones Patrón:

$$V1 = \frac{0.221ppm * 100ml}{1ppm} = 22.1 ml$$

$$V1 = \frac{0.1237ppm * 100ml}{0.221 ppm} = 55.9 ml$$

$$V1 = \frac{0.033ppm * 100ml}{0.1237ppm} = 26.67 ml$$

$$V1 = \frac{0.017 ppm * 100ml}{0.033 ppm} = 51.51 ml$$

$$V1 = \frac{0.004ppm * 100ml}{0.017 ppm} = 23.52 ml$$

Control de Calidad

$$QC1 = \frac{0.011 ppm * 100 ml}{1 ppm} = 1.1 ml$$

$$QC2 = \frac{0.11 ppm * 100 ml}{1 ppm} = 11 ml$$

Estas soluciones deben estar correctamente aforadas con Ácido Nítrico al 2%, para que la curva de calibración sea aceptable es necesario que la calibración sea lineal o curvilínea, la cual tendrá un coeficiente de regresión lineal $r^2 = \geq 0.95$ como mínimo; en este estudio el coeficiente $r^2 = 0.96$ lo cual entra en lo permitido para proceder con la determinación del metal en el equipo ICP Spectrometer.

El control de ensayo se realizó mediante la muestra control, cuya diferencia máxima entre muestra control de distintos lotes fue del 95 % del valor medio.

Expresión de los Resultados

El equipo ICP Spectrometer deber ser purgado con gas Argón una hora antes de su uso, una vez realizado este paso se da la lectura de los estándares, controles de calidad y muestras de suelo y vegetación. La concentración del metal se lee directamente en la pantalla del equipo o en la curva de calibración.

2.25. Evaluación del Riesgo

Para determinar el riesgo toxicológico en los puntos de estudio de toda la zona urbana de la ciudad de Cuenca, incluyendo el levantamiento de información obtenido a través de las encuestas se determinó y calculó los siguientes parámetros:

- Concentración de cadmio en los suelos investigados
- Tasa de exposición que expresa la concentración del producto químico durante un tiempo determinado.
- Cálculo de la dosis de exposición
- Cálculo del índice de peligro

Calculo del riesgo de toxicidad

Para el cálculo del riesgo de toxicidad en la zona urbana de la ciudad de Cuenca, se realizó a través de la tasa de exposición que expresa la concentración del producto químico en el medio de exposición o como tasa de contacto con un producto químico durante un tiempo determinado. Las concentraciones en medios de contacto se expresan habitualmente en unidades de microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para el aire, en microorganismos por litro ($\mu\text{g}/\text{l}$) para el agua y en miligramos por kilogramo (mg/kg) para los sólidos como el suelo, el polvo y alimentos. Normalmente se denomina la tasa de exposición para un producto químico como la dosis diaria, con unidades de miligramos de producto químico por kilogramo de peso corporal por día (mg/kg de peso corporal por día). En general, la tasa de exposición se calcula como la concentración de un producto químico en un medio de exposición multiplicada por la tasa en que una persona inhala o ingiere dicho medio, dividido entre el peso corporal representativo tal como se observa en la siguiente ecuación (OMS, 2017):

$$\text{Tasa de exposición} = \frac{\text{Concentración} * \text{tasa de contacto} * \text{duración de la exposición}}{\text{peso corporal} * \text{tiempo promedio}} \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

Concentración: cantidad de producto químico por masa o volumen del medio.

Tasa de contacto: masa o el volumen del medio en contacto con el cuerpo.

Duración de exposición: periodo de tiempo durante el cual la persona está en contacto con el producto químico.

Peso corporal: peso corporal en el tiempo promedio.

Tiempo promedio: periodo de tiempo durante el cual la exposición es relevante para la caracterización del riesgo para la salud. Para los productos químicos que suponen un riesgo para la salud, la exposición media durante el periodo de contacto con un producto químico suele ser la duración de exposición relevante para la evaluación de riesgo, el tiempo promedio se fija a toda la vida, lo que en las evaluaciones de riesgos, comúnmente se asume que son 70 años (OMS, 2017).

2.26. Instrumentos para el análisis estadístico

Encuestas, equipos y materiales de laboratorio, reactivos, para el procesamiento de los datos: Excel 2013, y software estadístico Statgraphics versión 16.103.

2.27. Análisis Estadístico

2.27.1. Tratamiento de los datos

Se realizó un total 3742 encuestas, de las cuales para la zona norte se realizaron 375 en el Parque industrial, para el Aeropuerto y Terminal Terrestre 378 y en la ciudadela Kennedy 376; para la zona centro histórico se realizaron 364 encuestas en San Sebastián, para el Parque Calderón y San Blas 370 y correspondiente a los Mercado 10 de Agosto y 9 de Octubre 364; para la zona sur se realizaron entre los puntos del Estadio Alejandro Serrano Aguilar y el Hospital Vicente Corral Moscoso 376 encuestas, en la feria libre 378, en el Coliseo Jefferson Pérez Quezada 380 y finalmente para el Centro Comercial Coral Centro 381 encuestas.

Se recolectaron datos como edad, tiempo de permanencia en el lugar, peso corporal, enfermedades más frecuentes que ha sufrido entre otras. Para el procesamiento de la información obtenida tanto como los estudios de campo y análisis de suelos y vegetación se empleó el software Statgraphics versión 5.0 y Excel 2013.

Se aplicó la estadística descriptiva: media, mediana, moda, varianza, coeficiente de variación, desviación estándar, error estándar, mínimo, máximo, rango suma y suma de cuadrados.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.28. Caracterizas de la población en estudio

2.28.1. Estadístico Descriptivo: Edad Población Encuestada Zona Norte de Cuenca

Tabla 7: *Estadístico descriptivo sobre la edad de la población de la Zona Norte de Cuenca*

Zona Norte	N° de Encuestas	Edad Mínima	Edad Máxima	Media	Desviación Estándar	Error Estándar
Parque Industrial	375	21	65	30	16	0.83
Aeropuerto	189	16	43	29	8	0.60
Terminal Terrestre	189	15	42	28	8	0.6
Ciudadela Kennedy	376	17	43	29	8	0.6
Total de Encuestados			1129			

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 7 se puede observar el número de encuestados que corresponde a 1129 personas en la Zona Norte de la ciudad de Cuenca. El mínimo de edad para el Parque Industrial es de 21 años y el máximo de edad es de 65 años con una media de 30.2 años y una desviación estándar de 16.4; para el Aeropuerto Internacional Mariscal Lamar el mínimo es de 16 años y el máximo de edad es de 43 años su media es de 28.8 años con una desviación estándar de 8.11; en el Terminal Terrestre el mínimo es de 15 años y el máximo es de 42 años, la media es de 28.06 años y la desviación estándar de 8.03 y finalmente en la ciudadela Kennedy el mínimo es de 17 años y máximo 43 años, la media es de 28.8 años con una desviación estándar de 8.03. Por lo tanto se puede determinar que el mínimo de edad para la Zona Norte de Cuenca es de 15 años y el máximo es de 65 años.

2.28.2. Estadístico Descriptivo: Edad Población Encuestada Zona Centro Histórico de Cuenca

Tabla 8: *Estadístico descriptivo sobre la edad de la población de la Zona Centro Histórico de Cuenca*

Zona Centro Histórico	N° de Encuestas	Edad Mínima	Edad Máxima	Media	Desviación Estándar	Error Estándar
San Sebastián	364	17	52	29	10	0.52
Mercado 10 de Agosto	182	15	42	25	6	0.50
Parque Calderón	185	19	54	27	8	0.58
San Blas	185	15	45	26	9	0.68
Mercado 9 de Octubre	182	16	48	27	9	0.68
Total de Encuestados			1094			

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 8 se puede observar el número de encuestados que corresponde a 1094 personas de la Zona Centro Histórico de Cuenca, de los cuales el mínimo de edad para San Sebastián corresponde a 17 años y el máximo a 52 años, su media es de 29.6 años y la desviación estándar es de 10.1; en el Mercado 10 de Agosto el mínimo de edad es de 15 años y el máximo de 42 años, con una media de 25.1 años y una desviación estándar de 6.8; para el Parque Calderón el mínimo de edad es de 19 años y el máximo es de 54 años, una media de 27.6 años y una desviación estándar de 8.01; en San Blas el mínimo de edad es de 15 años y el máximo es de 45 años, la media es de 26.5 años y la desviación estándar es de 9.6; finalmente para el mercado 9 de Octubre el mínimo de edad es de 16 años y el máximo es de 48 años, con una media de 27.7 años y una desviación estándar de 9.3. Por lo tanto se puede determinar que el mínimo de edad para la Zona Centro Histórico de Cuenca es de 15 años y el máximo es de 52 años.

2.28.3. Estadístico Descriptivo: Edad Población Encuestada Zona Sur de Cuenca

Tabla 9: Estadístico descriptivo sobre la edad de la población de la Zona Sur de Cuenca

Zona Sur	N° de Encuestas	Edad Mínima	Edad Máxima	Media	Desviación Estándar	Error Estándar
Estadio Alejandro Serrano						
Aguilar	188	17	43	28	8	0.58
Hospital Corral Moscoso	188	18	45	29	7	0.54
Feria Libre	378	19	42	29	6	0.34
Centro Comercial Coral Centro	381	18	55	30	9	0.47
Coliseo Jefferson Pérez	380	16	48	27	7	0.36
Total de Encuestados			1515			

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 9 se puede observar el número de encuestados corresponde a 1094 personas de la Zona Sur de Cuenca, de los cuales el mínimo de edad para el Estadio Alejandro Serrano Aguilar fue de 17 años y el máximo de 43 años, con una media de 28.13 años y una desviación estándar de 8.03; en el Hospital Vicente Corral Moscoso el mínimo de edad es de 18 años y el máximo es de 45 años, una media de 29.37 años y la desviación estándar de 7.46; para la Feria Libre el mínimo corresponde a 19 años y el máximo a 42 años, la media de 29.49 años y la desviación estándar de 6.769; en el Centro Comercial Coral Centro el mínimo es de 18 años y el máximo de 55 años, su media de 30.61 años y la desviación estándar de 9.17; y finalmente para el Coliseo Jefferson Pérez el mínimo de edad es de 16 años y el máximo de 48 años, la media de 27.15 años y la desviación

estándar de 7.05. Por lo tanto se puede determinar que el mínimo de edad para la Zona Sur de Cuenca es de 16 años y el máximo de edad es de 55 años.

2.28.4. Estadístico Descriptivo: Sexo Población Encuestada Zona Norte de Cuenca

Tabla 10: Zona Norte de Cuenca, población por sexo

Zona Norte	Femenino	Masculino	Total	Porcentaje
Parque Industrial	160	215	375	33,22
Aeropuerto	98	91	189	16,74
Terminal Terrestre	110	79	189	16,74
Ciudadela Kennedy	189	187	376	33,30

Fuente: (Autores, 2019)

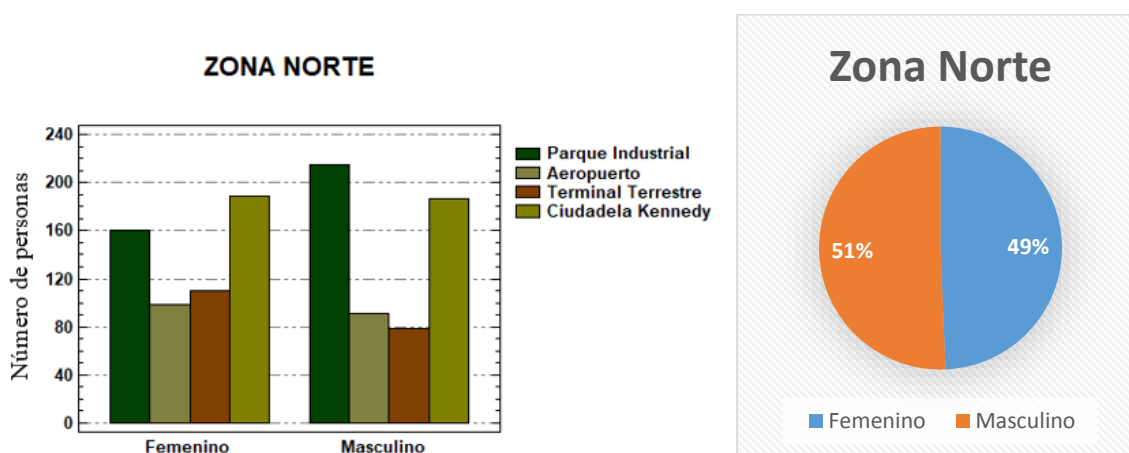


Figura 22: Población de la Zona Norte de Cuenca por sexo

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 10 se observan los resultados de los encuestados de la Zona Norte de Cuenca, obteniendo un porcentaje de 49% para el sexo femenino y un 51 % para el sexo masculino, por lo cual la mayoría de la población a la que se le aplicó la encuesta fue masculina como se puede visualizar en la *figura 22*.

2.28.5. Estadístico Descriptivo: Sexo Población Encuestada Zona Centro Histórico de Cuenca

Tabla 11: Zona Centro Histórico de Cuenca, población por sexo

Zona Centro Histórico	Femenino	Masculino	Total	Porcentaje
-----------------------	----------	-----------	-------	------------

San Sebastián	182	182	364	33,15
Mercado 10 de Agosto	98	84	182	16,58
Parque Calderón	120	65	185	16,85
San Blas	130	55	185	16,85
Mercado 9 de Octubre	126	56	182	16,58

Fuente: (Autores, 2019)

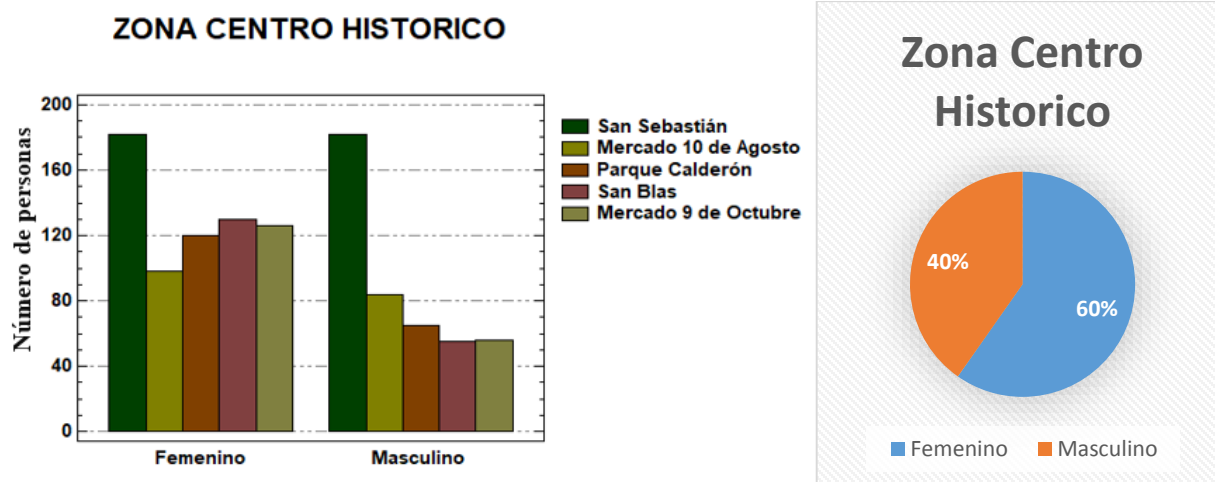


Figura 23: Población de la Zona Centro Histórico de Cuenca por sexo

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 11 se observa los resultados de los encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca, obteniendo un porcentaje de 60% para el sexo femenino y un 40% y un 60 % para el sexo masculino, por lo cual la mayoría de la población a la que se le aplico la encuesta fue femenina como se puede visualizar en la *figura 23*.

2.28.6. Estadístico Descriptivo: Sexo Población Encuestada Zona Sur de Cuenca

Tabla 12: Zona Sur de Cuenca, población por sexo

Zona Sur	Femenino	Masculino	Total	Porcentaje
Estadio Alejandro Serrano Aguilar	115	73	188	12.41
Hospital Corral Moscoso	110	78	188	12.41
Feria Libre	193	185	378	24.95
Centro Comercial Coral Centro	201	180	381	25.15
Coliseo Jefferson Pérez	184	196	380	25.08

Fuente: (Autores, 2019)

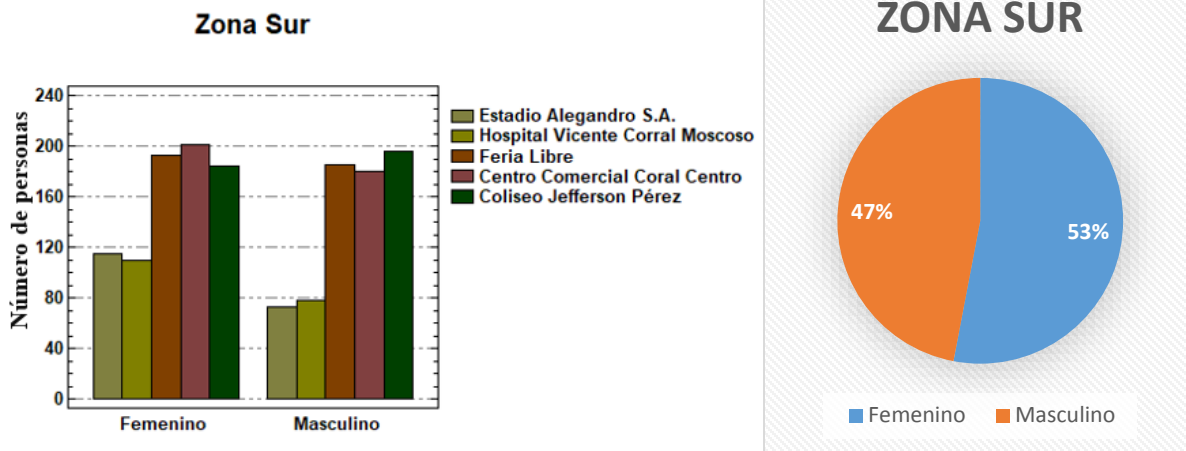


Figura 24: Población de la Zona Sur de Cuenca por sexo

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 12 se puede observar que se encontró con una mayor cantidad del sexo femenino, con un total del 53% mientras que el sexo masculino con un 47% que se puede corroborar en la figura 24 de toda la población encuestada para la zona norte, con una leve diferencia en el sector del coliseo Jefferson Pérez donde se encuesta a la mayoría del sexo masculino.

2.28.7. Estadístico Descriptivo: Peso Corporal Población Encuestada Zona Norte de Cuenca

Tabla 13: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Norte de la ciudad de Cuenca

Peso Corporal	Parque Industrial	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
55 kg	98	45	48	96
60 kg	102	53	68	115
65 kg	80	46	26	80
70 kg	95	45	47	85

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 14: Porcentaje del peso corporal de la población encuestada Zona Norte

Peso Corporal	Parque Industrial	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
55 kg	26.13	23.81	25.40	25.53
60 kg	27.20	28.04	35.98	30.59

65 kg	21.33	24.34	13.76	21.28
70 kg	25.33	23.81	24.87	22.61
	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Autores, 2019)

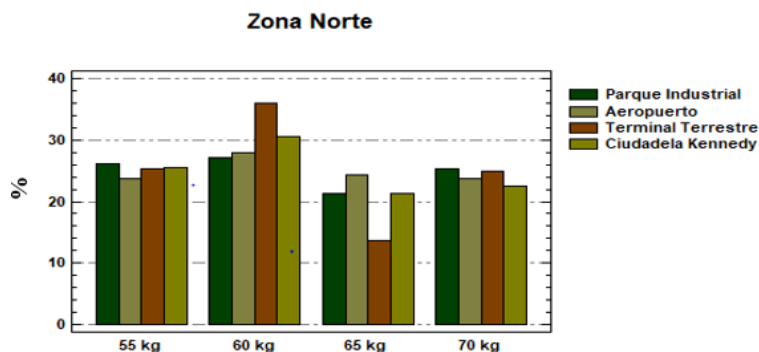


Figura 25: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Norte de la Ciudad de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 13 y la figura 25 podemos observar que la población encuestada se encuentra en un peso corporal alrededor de los 60 kg siendo el mayor porcentaje, pertenecientes a la zona norte de la ciudad de Cuenca, este dato nos permitirá calcular la dosis de exposición del metal Cd que está adquiriendo la población estudiada.

2.28.8. Estadístico Descriptivo: Peso Corporal Población Encuestada Zona Centro

Histórico Cuenca

Tabla 15: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Centro Histórico de la ciudad de Cuenca

Peso Corporal	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
55 kg	83	18	32	40	27
60 kg	85	90	59	33	28
65 kg	133	56	84	88	91
70 kg	63	18	10	24	36

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 16: Porcentaje del peso corporal de la población encuestada Zona Centro Histórico

Peso Corporal	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
55 kg	22.80	9.89	17.30	21.62	14.84
60 kg	23.35	49.45	31.89	17.84	15.38

65 kg	36.54	30.77	45.41	47.57	50.00
70 kg	17.31	9.89	5.41	12.97	19.78
	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Autores, 2019)

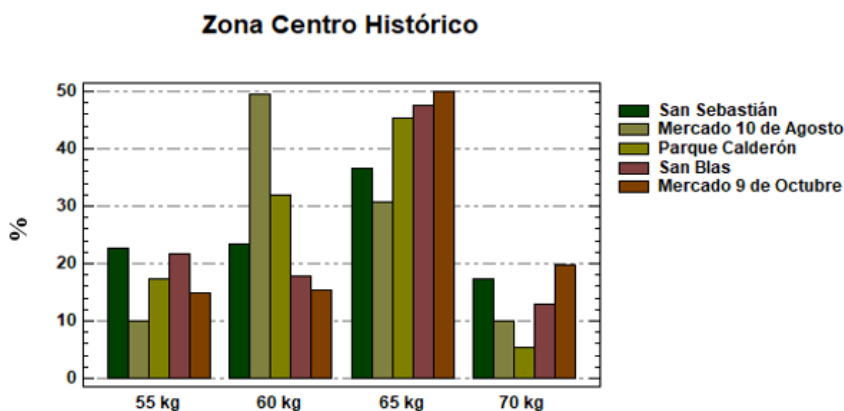


Figura 26: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

Como se aprecia en la tabla 15 y la figura 26 el peso corporal de las personas posee un peso promedio de 65 kg por lo tanto mediante este dato se procederá a usar para el cálculo de la dosis de exposición para obtener el riesgo toxicológico de la zona centro de la ciudad en estudio.

2.28.9. Estadístico Descriptivo: Peso Corporal Población Encuestada Zona Sur de Cuenca

Tabla 17: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Sur de la ciudad de Cuenca

Peso Corporal	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Hospital Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
55 kg	53	53	120	101	98
60 kg	86	75	155	163	173
65 kg	23	32	46	56	59
70 kg	26	28	57	61	50

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 18: Porcentaje del peso corporal de la población encuestada Zona Sur

Peso Corporal	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Hospital Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
55 kg	36.54	30.77	45.41	47.57	50.00
60 kg	17.31	9.89	5.41	12.97	19.78
65 kg	100%	100%	100%	100%	100%

55 kg	28.19	28.19	31.75	26.51	25.79
60 kg	45.74	39.89	41.01	42.78	45.53
65 kg	12.23	17.02	12.17	14.70	15.53
70 kg	13.83	14.89	15.08	16.01	13.16
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: (Autores, 2019)

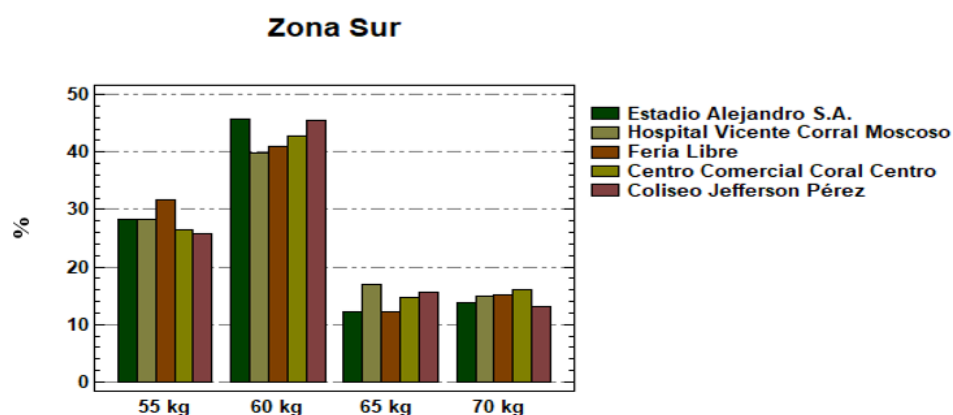


Figura 27: Determinación peso corporal de la población encuestada de la Zona Sur de la ciudad de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 17 y la figura 27 se observa que la población en estudio posee un peso promedio de 60 kg, mediante este valor se procederá a determinar la dosis de exposición de las personas de la zona sur de la ciudad de Cuenca.

2.28.10. Estadístico Descriptivo: Tiempo de Permanencia, comparación entre los sectores de estudio Zona Norte de Cuenca

Tabla 19: Comparación de los diferentes sectores estudiados referente al tiempo de permanencia de la Zona Norte de Cuenca

Tiempo permanencia	Parque Industrial	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
1 – 5 años	145	55	56	32
5 – 10 años	110	66	45	39
10 – 20 años	86	46	56	125
> 20 años	34	22	32	180

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 20: Comparación de los diferentes sectores estudiados en porcentaje referente al tiempo de permanencia de la Zona Norte de Cuenca

Tiempo permanencia	Parque Industrial	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
1 – 5 años	38,67	29,10	29,63	8,51

5 – 10 años	29,33	34,92	23,81	10,37
10 –20 años	22,93	24,34	29,63	33,24
> 20 años	9,07	11,64	16,93	47,87
	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Autores, 2019)

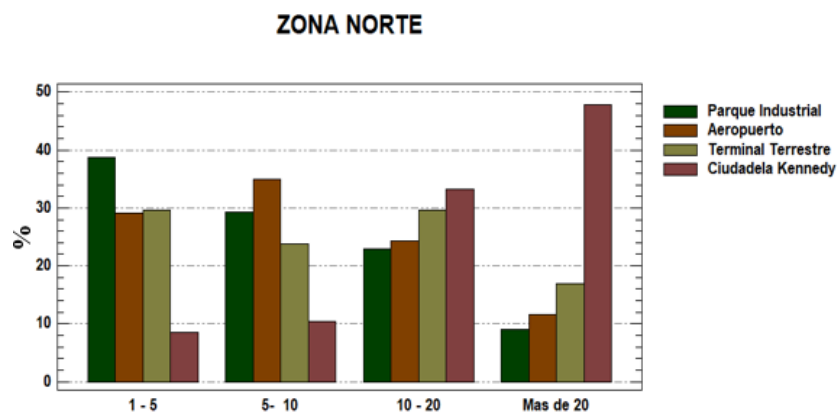


Figura 28: Comparación entre los sectores investigados referente al tiempo de permanencia en la Zona Norte de Cuenca

Fuete: (Autores, 2019)

En la tabla 20 y figura 28 se visualiza que existe un mayor porcentaje de tiempo de permanencia de más de 20 años en la ciudadela Kennedy con un 47.87%, seguido por el parque industrial con 38.67% en un tiempo de permanencia entre 1 a 5 años, cabe recalcar que la mayoría de población de la ciudadela Kennedy son residentes fijos.

2.28.11. Estadístico Descriptivo: Tiempo de Permanencia, comparación entre los sectores de estudio Zona Centro Histórico de Cuenca

Tabla 21: Comparación de los diferentes sectores estudiados referente al tiempo de permanencia de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Tiempo Permanencia	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
1 – 5 años	44	41	43	48	41
5 – 10 años	91	47	52	42	53
10 –20 años	96	62	61	63	65
> 20 años	133	32	29	32	23

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 22: Comparación de los diferentes sectores estudiados en porcentaje referente al tiempo de permanencia de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Tiempo Permanencia	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
1 – 5 años	12,09	22,53	23,24	25,95	22,53

5 – 10 años	25	25,82	28,11	22,70	29,12
10–20 años	26,37	34,07	32,97	34,05	35,71
> 20 años	36,54	17,58	15,68	17,30	12,64
	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Autores, 2019)

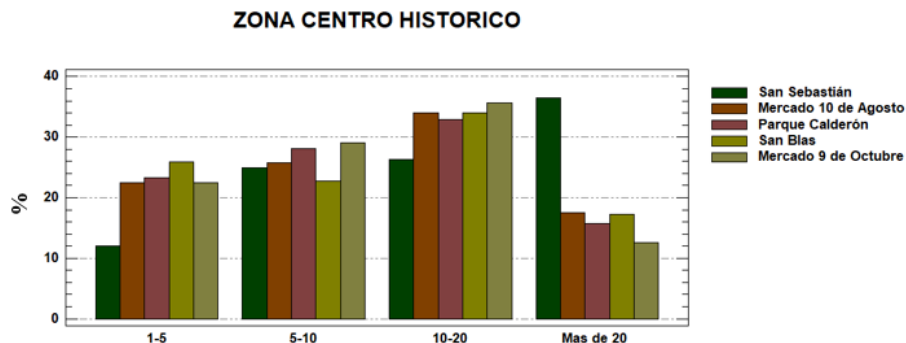


Figura 29: Comparación entre los sectores investigados referente al tiempo de permanencia de la Zona Centro Histórica de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 22 y figura 29 se puede visualizar que existe un mayor porcentaje de tiempo de permanencia de más de 20 años para San Sebastián con 36.54%, seguido por el Mercado 9 de Octubre con 35.71% en un tiempo de permanencia entre 10 – 20 años, la mayoría de pobladores de estos sectores son residentes fijos por lo cual nos permite utilizar los datos con alta confiabilidad para el cálculo del riesgo por exposición.

2.28.12. Estadístico Descriptivo: Tiempo de Permanencia, comparación entre los sectores de estudio, Zona Sur de Cuenca

Tabla 23: Comparación de los diferentes sectores estudiados referente al tiempo de permanencia de la Zona Sur de Cuenca

Tempo Permanencia	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Hospital Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
1-5 años	45	74	150	201	195
5-10 años	63	53	110	144	95
10-20 años	57	36	65	21	39
> 20 años	23	25	53	15	51

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 24: Comparación de los diferentes sectores estudiados en porcentaje referente al tiempo de permanencia de la Zona Sur de Cuenca

Tiempo Permanencia	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Hospital Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
1-5 años	23.94	39.36	39.68	52.76	51.32
5-10 años	33.51	28.19	29.1	37.80	24.93
10-20 años	30.32	19.15	17.20	5.50	10.26
> 20 años	12.23	13.3	14.02	3.94	13.42
	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Autores, 2019)

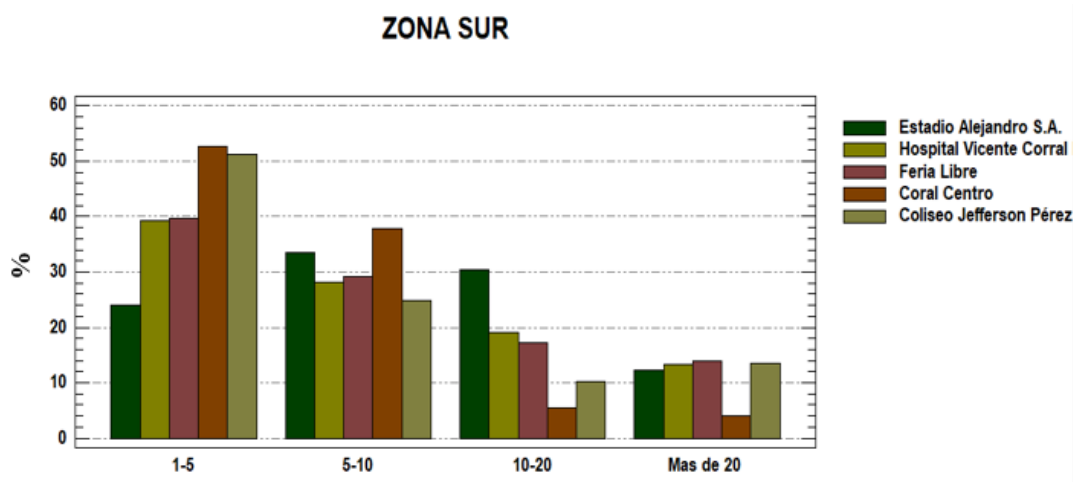


Figura 30: Comparación entre los sectores investigados referente al tiempo de permanencia de la Zona Sur de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 24 y figura 30 se puede observar que existe un mayor porcentaje de tiempo de permanencia entre 1 a 5 años en el Centro Comercial Coral Centro con 52.76 % y Coliseo Jefferson Pérez con 51.32%, debido a que los pobladores de estas zonas son residentes transitorios al ser sectores muy comerciales, seguidos de 5 a 10 años, encontrando un bajo porcentaje de población que vive más de 20 años en la zona.

2.28.13. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de Enfermedades padecidas en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Tabla 25: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Enfermedades	Parque Industrial	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
Respiratorias	98	72	75	116
Digestivas	0	14	12	56
Auditivas	33	5	8	35
Dermatológicas	10	0	6	12
Otras	45	3	31	72
Ninguna	189	95	57	85
Total	375	189	189	376

Fuente: (Autores, 2019)

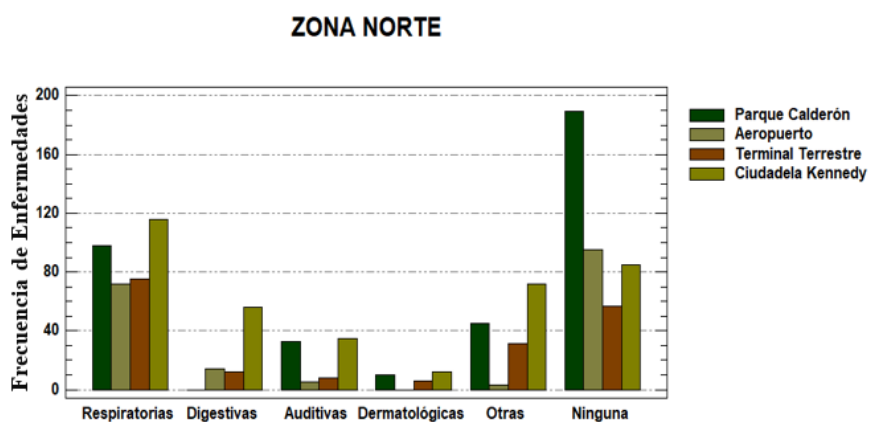


Figura 31: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 25 y figura 31 se puede observar que existe mayor frecuencia de enfermedades respiratorias en el Parque Industrial con un valor de 98 y en la Ciudadela Kennedy con 116, correspondientes a la Zona Norte de Cuenca, pues como se puede visualizar en estos sectores existe alto tráfico vehicular y presencia de industrias que contaminan el aire con partículas tóxicas y polvos contaminados, los mismos que son inhalados por los moradores del sector. Cabe recalcar que se destaca un alto valor de personas que no han padecido enfermedades descritas en esta encuesta en el sector del Parque Industrial.

2.28.14. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de Enfermedades padecidas en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Tabla 26: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Enfermedades	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
Respiratorias	82	68	110	48	72
Digestivas	26	14	25	40	33
Auditivas	17	4	7	16	12
Dermatológicas	10	0	3	12	6
Otras	56	4	10	23	36
Ninguna	173	92	30	46	23
Total	364	182	185	185	182

Fuente: (Autores, 2019)

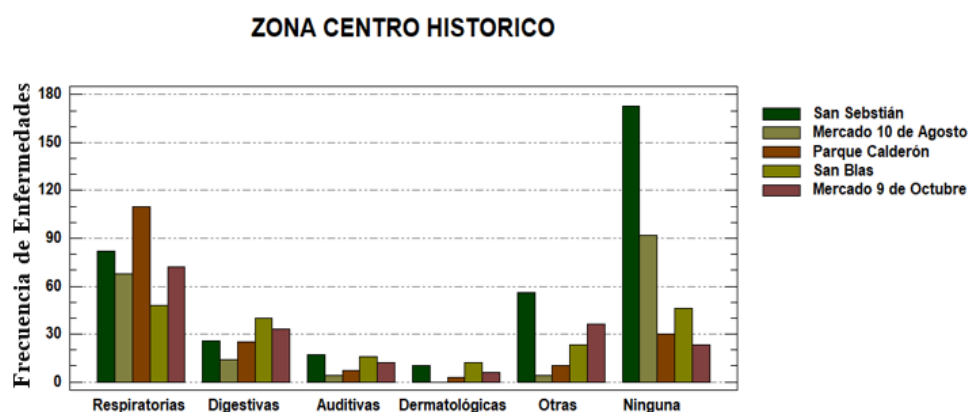


Figura 32: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 26 y figura 32 se puede observar que existe mayor frecuencia de enfermedades respiratorias en el Parque Calderón con 110, seguida por San Sebastián con 82 y el Mercado 9 de Octubre con 72, correspondientes a la Zona Centro Histórico de Cuenca, de igual forma se puede observar un alto valor de personas que no han padecido ninguna enfermedad en los sectores del Mercado 9 de Octubre y Mercado 10 de Agosto.

2.28.15. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de enfermedades padecidas en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Tabla 27: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados e la Zona Centro Histórico de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Enfermedades	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Hospital Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
Respiratorias	61	70	112	116	92
Digestivas	15	15	96	54	44
Auditivas	15	4	15	46	52
Dermatológicas	5	0	6	23	3
Otras	27	3	56	46	94
Ninguna	65	96	93	96	95
Total	188	188	378	381	380

Fuente: (Autores, 2019)

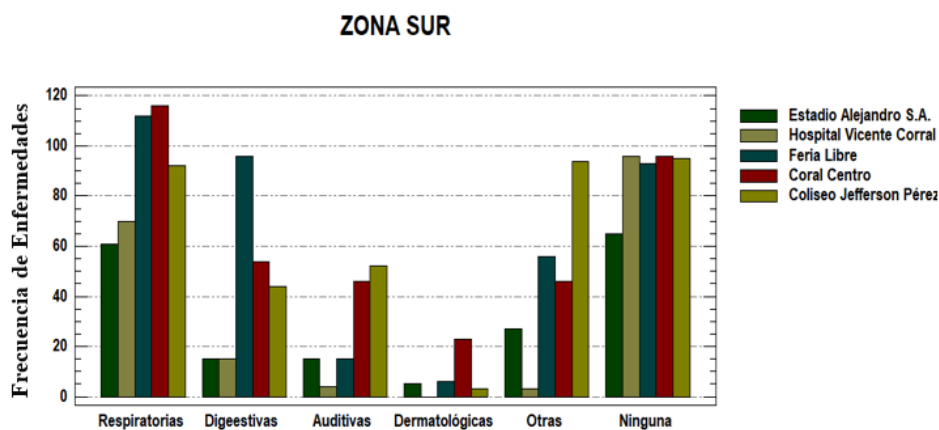


Figura 33: Frecuencia de enfermedades sufridas en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca, durante su tiempo de permanencia

Fuente: (Autores, 2019)

Según se observa en la tabla 27 y figura 33, la población encuestada ha padecido frecuentemente enfermedades respiratorias seguidas de molestias digestivas siendo este uno de los padecimientos frecuentes correspondientes al sector de estudio de la feria libre, de igual manera se puede destacar el alto valor de personas que no han sufrido enfermedades descritas en esta encuesta.

2.28.16. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de principales tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca.

Tabla 28: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca

Contaminantes	Parque Industrial	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
Metales pesados	26	12	6	19
Insecticidas	11	6	10	23
Gases tóxicos	145	72	32	187
Derivados del petróleo	20	0	103	97
Otros	42	93	12	43
Ninguno	82	6	26	7

Fuente: (Autores, 2019)

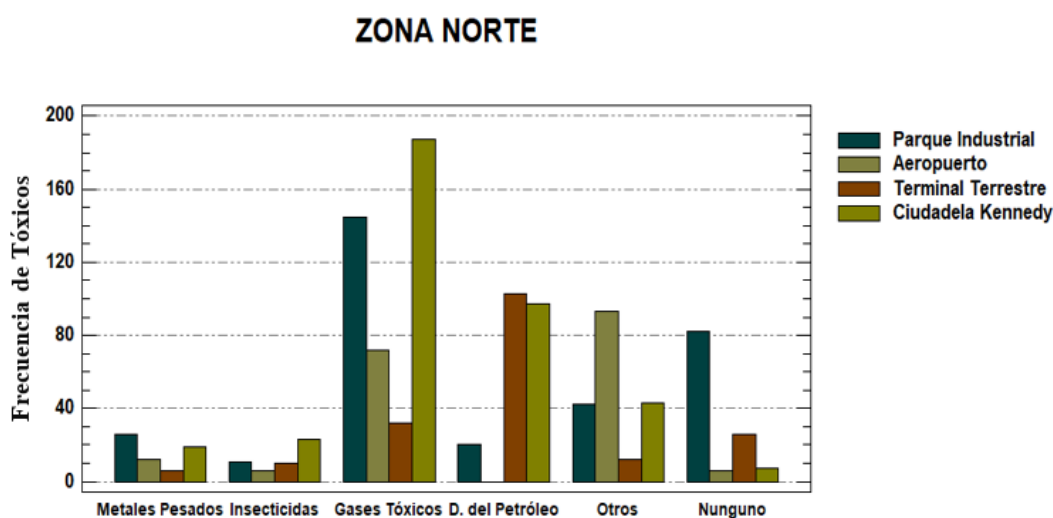


Figura 34: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 28 y figura 34, se puede observar que la mayoría de personas encuestadas en la Zona Norte de Cuenca consideran que se ven afectados por gases tóxicos de los automotores, seguidos de derivados de petróleo como la producción de plásticos, pinturas, disolventes, detergentes para el lavado de automóviles entre otros, debido a que la zona es altamente comercial y transitada.

2.28.17. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Tabla 29: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Contaminantes	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
Metales pesados	32	32	10	0	9
Insecticidas	26	5	4	18	3
Gases tóxicos	164	82	102	89	79
Derivados del petróleo	25	22	0	41	27
Otros	85	17	38	21	12
Ninguno	32	24	31	16	52

Fuente: (Autores, 2019)

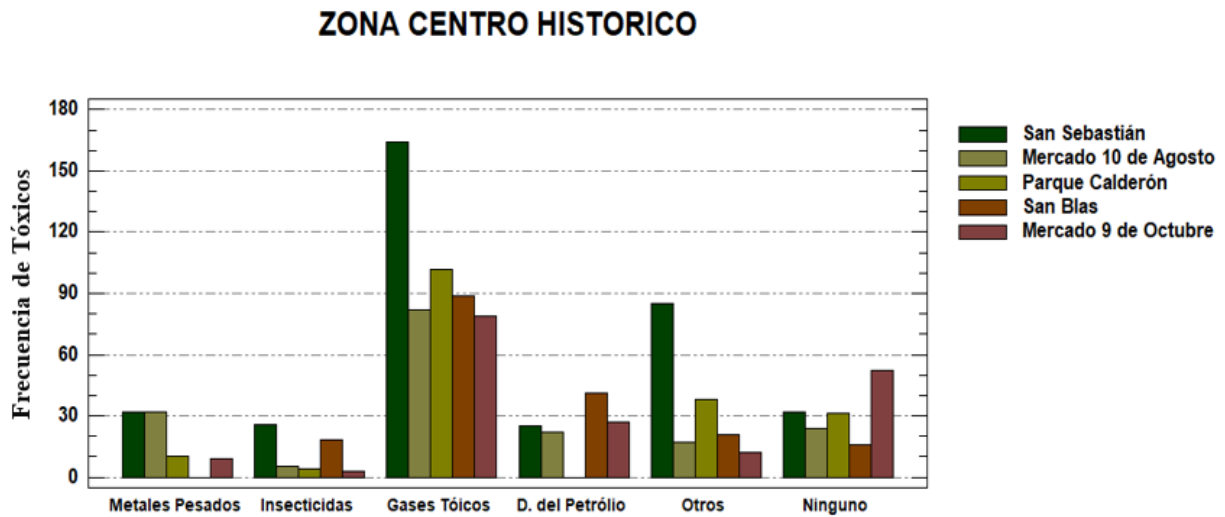


Figura 35: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 29 y figura 35, se observa que la mayoría de la población encuestada en la Zona Centro Histórico de Cuenca consideran que se ven afectados por gases tóxicos, los cinco sectores muestran altos valores debido a la exagerada presencia de automóviles durante todo el día, aumentando en las horas pico de la mañana, tarde y en la noche.

2.28.18. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca

Tabla 30: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca

Contaminantes	Estadio Alejandro	Hospital Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
---------------	-------------------	-------------------------	-------------	-------------------------------	-------------------------

Serrano Aguilar					
Metales pesados	10	24	46	18	63
Insecticidas	21	6	86	153	96
Gases tóxicos	156	143	215	358	361
Derivados del petróleo	45	0	115	137	58
Otros	15	24	13	15	25
Ninguno	19	15	22	30	46

Fuente: (Autores, 2019)

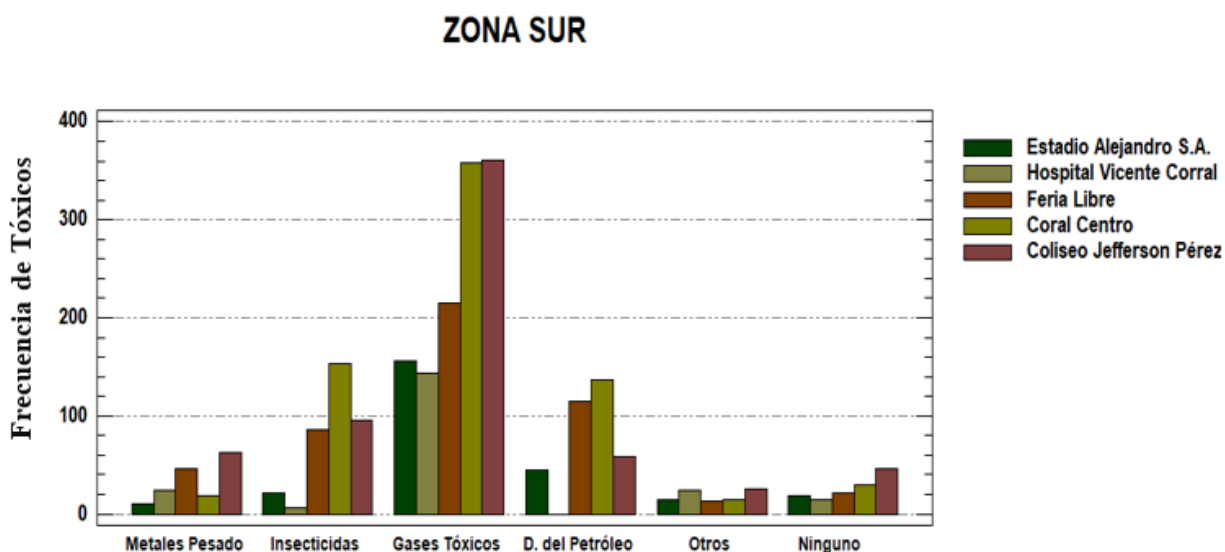


Figura 36: Frecuencia de tóxicos presentes en los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 30 y figura 36, se puede observar que la mayoría de la población encuestada es la Zona Sur de Cuenca, consideran que se ven afectados por gases tóxicos de los automotores, seguidos de los insecticidas que creen que actualmente hay altas concentraciones en los vegetales que consumen a diario la población.

2.28.19. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Norte de Cuenca

Tabla 31: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Norte de Cuenca

Alimentos	Parque Industrial	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
Vegetales	89	112	104	201
Pescado	115	156	96	96
Hortalizas	45	117	147	76

Fuente: (Autores, 2019)

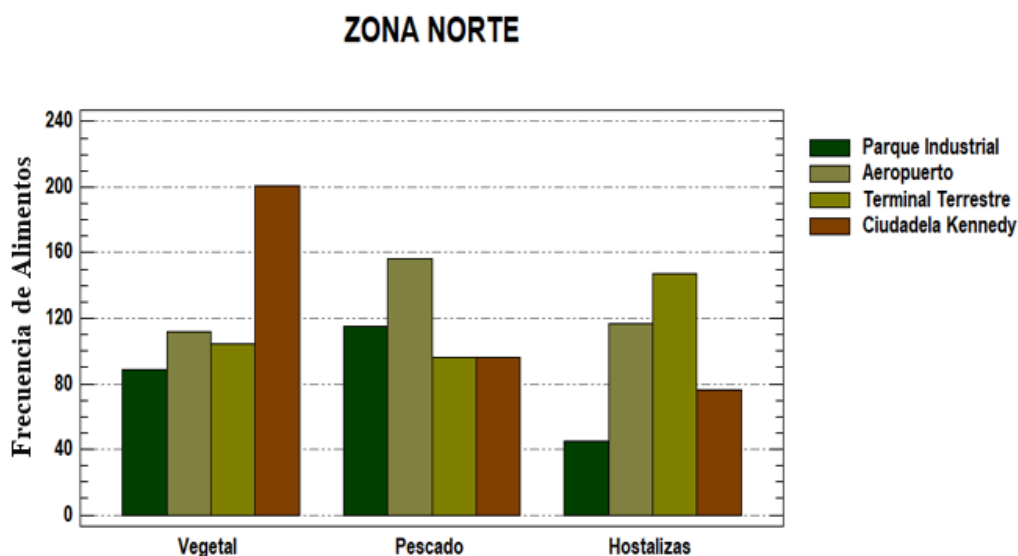


Figura 37: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Norte de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

Como se puede observar en la tabla 31 y figura 37, los alimentos que frecuentemente consume la población encuestada de la Zona Norte de Cuenca son mayoritariamente vegetales, cabe señalar que con esta información se puede hacer cálculos predictivos para la evaluación de riesgos, para la tasa de ingesta suelos.

2.28.20. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de alimentos que consume la población encuestada de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Tabla 32: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Alimentos	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
Vegetales	178	132	177	114	102
Pescado	145	96	98	83	165
Hortalizas	185	87	118	74	107

Fuente: (Autores, 2019)

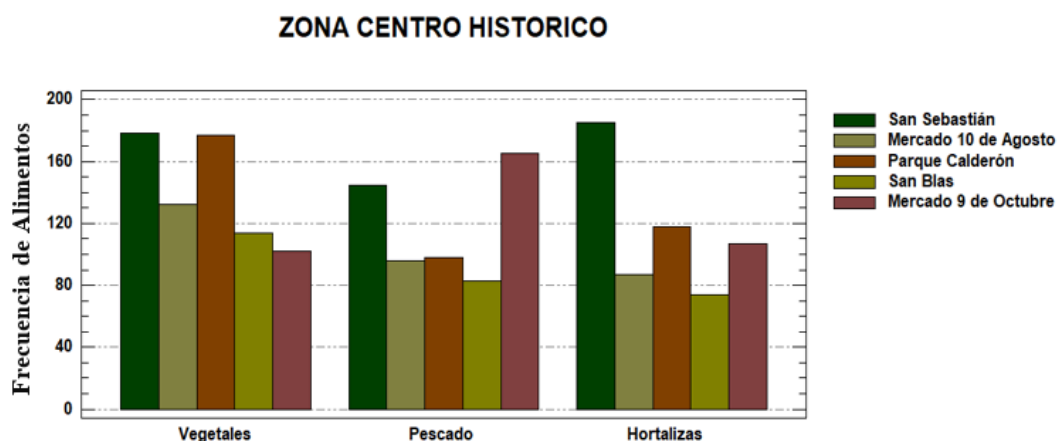


Figura 38: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 32 y figura 38, se puede observar que los alimentos que frecuentemente consumen en la Zona Centro Histórico de Cuenca son las hortalizas seguidas de vegetales, en donde se pueden encontrar altos valores de los mismos en el sector de San Sebastián.

2.28.21. Estadístico Descriptivo: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Sur de Cuenca

Tabla 33: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la zona Sur de Cuenca

Alimentos	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Hospital Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
Vegetales	178	145	215	245	250
Pescado	145	136	320	120	145
Hortalizas	185	177	356	369	315

Fuente: (Autores, 2019)

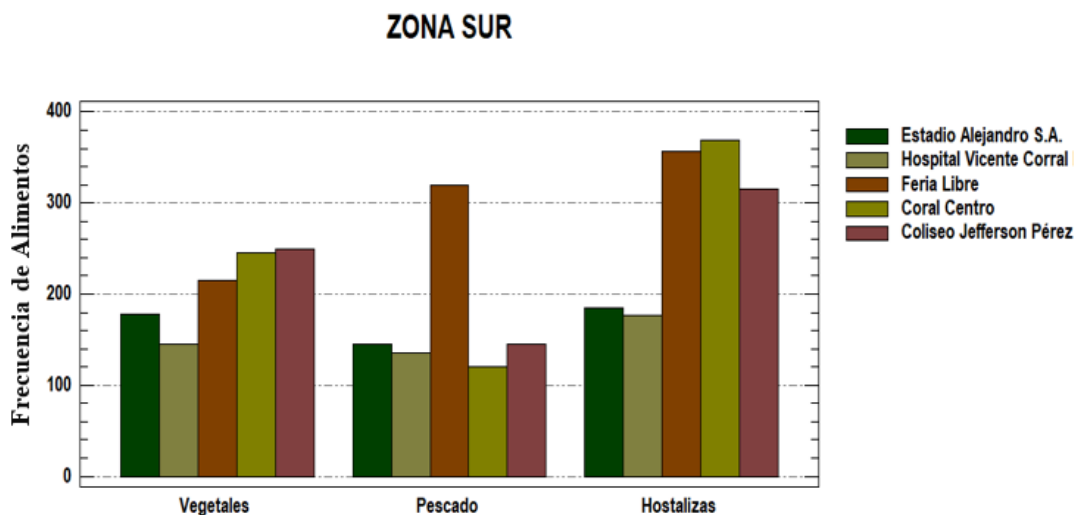


Figura 39: Frecuencia de alimentos que consume la población estudiada de la Zona Sur de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

Según como se observa en la tabla 33 y figura 39, los alimentos que frecuentemente consumen la población, se encuentra una evidente diferencia entre las hortalizas en comparación con los vegetales y pescado, estos datos sirven de respaldo para poder realizar cálculos predictivos al aplicar fórmulas para la evaluación de riesgo, en particular para aplicar el valor constante de la tasa de ingesta suelos.

2.28.22. Estadística Descriptiva: Frecuencia horas/día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Norte de Cuenca

Tabla 34: Frecuencia de horas al día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Norte de Cuenca

Tiempo	Parque Industrial	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
2 horas	89	52	43	56
3 horas	95	110	97	131
4 horas	191	27	49	189
Total	375	189	189	376

Fuente: (Autores, 2019)

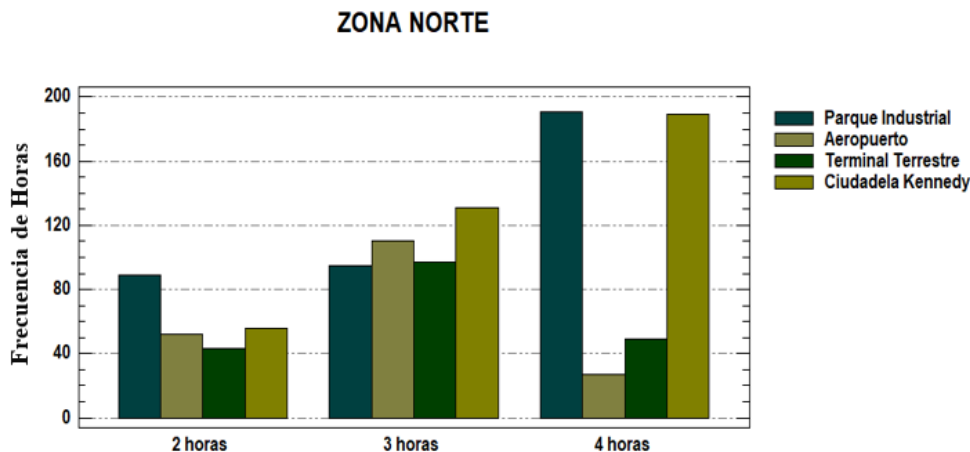


Figura 40: Frecuencia de horas al día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Norte de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

De la misma manera que los datos de la frecuencia de alimentos consumidos por la población, las horas/ día que permanece la población al aire libre, son necesarios para el cálculo de riesgo de exposición, en la cual podemos evidenciar en la tabla 34 y figura 40 que en la mayor parte de los sectores encuestados de la Zona Norte de Cuenca permanecen una media de 4 horas/día al aire libre para la ciudadela Kennedy y parque industrial al ser zonas industriales y domicilios, pero para el aeropuerto y terminal terrestre se tiene una media de 3 horas/día al aire libre.

2.28.23. Estadística Descriptiva: Frecuencia horas/ día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Tabla 35: Frecuencia de horas al día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Tiempo	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
2 horas	96	49	45	66	23
3 horas	87	38	61	31	57
4 horas	181	95	79	88	102
Total	364	182	185	185	182

Fuente: (Autores, 2019)

ZONA CENTRO HISTORICO

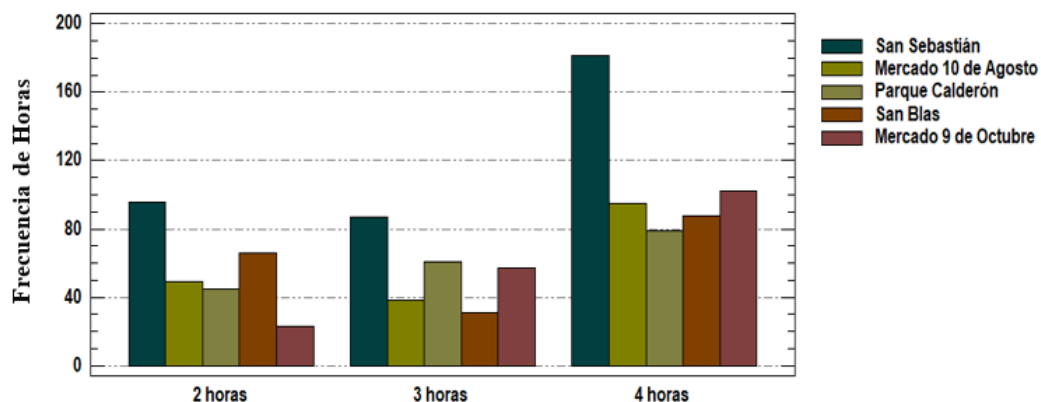


Figura 41: Frecuencia de horas al día que permanecen al aire libre la población encuestada de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

Como se puede evidenciar en la tabla 35 y figura 41, la mayor parte de sectores de la Zona Centro Histórico de Cuenca que permanecen en una media de 4 horas/día al aire libre, debido a que esta zona es altamente comercial y transcurrida.

2.28.24. Estadístico Descriptivo: Frecuencia horas/día que permanece al aire libre la población encuestada de la Zona Sur de Cuenca

Tabla 36: Frecuencia de horas al día que permanecen al aire libre las personas encuestadas de la Zona Sur de Cuenca

Tiempo	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Hospital Vicente Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
2 horas	87	88	117	207	189
3 horas	56	75	156	76	111
4 horas	45	25	105	98	80
Total	188	188	378	381	380

Fuente: (Autores, 2019)

ZONA SUR

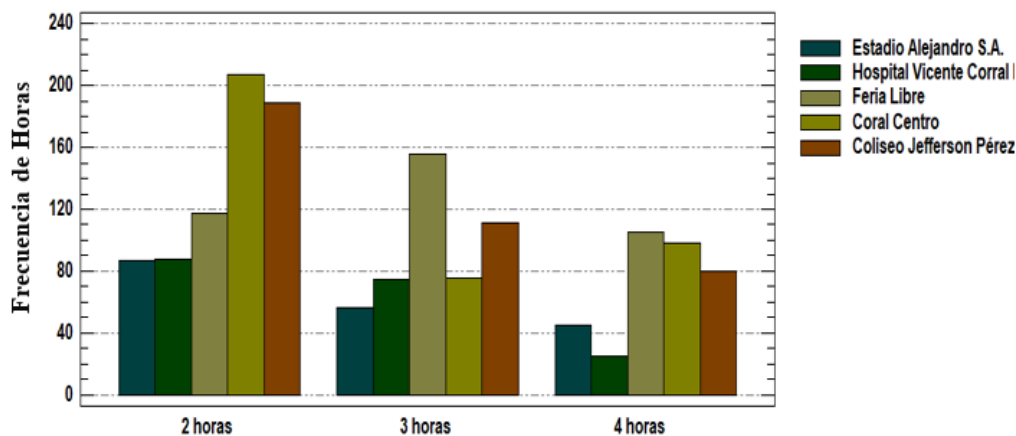


Figura 42: Frecuencia de horas al día que permanecen al aire libre la población encuestada de la Zona Sur de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 36 y figura 42 se puede evidenciar que la mayor parte de los sectores encuestados de la Zona Sur de Cuenca permanecen en una media de 2 horas /día al aire libre, debido a que estos sectores son lugares de comercio y áreas recreativas.

2.29. Determinación de Concentración de Cadmio en Suelos y Vegetación de la Zona Norte de Cuenca

Tabla 37: Concentración de Cadmio en vegetación de la Zona Norte de Cuenca

Muestras	Parque Industrial A (ppm)	Parque Industrial B (ppm)	Aeropuerto (ppm)	Terminal Terrestre (ppm)	Ciudadela Kennedy (ppm)
M1	0,0015	0,0040	0,0008	0,0009	0,0010
M2	0,0076	0,0046	0,0010	0,0026	0,0011
M3	0,0093	0,0044	0,0007	0,0011	0,0003

Fuente: (Autores, 2019)

Concentración de Cadmio Muestra Vegetal Zona Norte

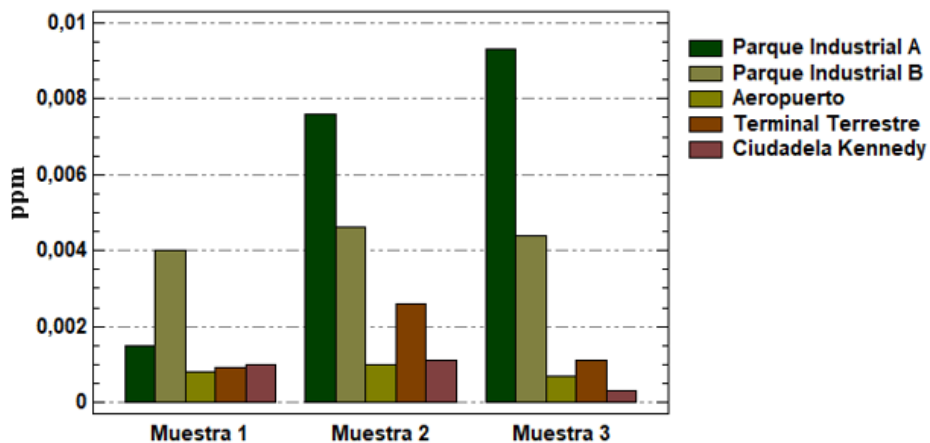


Figura 43: Concentración de Cadmio en vegetación de la Zona Norte de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 37 y figura 43, se puede observar las concentraciones de cadmio analizadas en muestra vegetal en cada uno de los sectores de estudio de la Zona Norte de Cuenca (Parque Industrial A, Parque Industrial B, Terminal Terrestre, Aeropuerto y Ciudadela Kennedy), dichas concentraciones fueron medidas en ppm.

Tabla 38: Concentración de cadmio en suelos de la Zona Norte de Cuenca

Muestras	Parque Industrial A (ppm)	Parque Industrial B (ppm)	Aeropuerto (ppm)	Terminal Terrestre (ppm)	Ciudadela Kennedy (ppm)
M1	0,0433	0,0396	0,0158	0,0029	0,0239
M2	0,0396	0,0924	0,0162	0,0052	0,0156
M3	0,0382	0,0403	0,0524	0,0281	0,0165

Fuente: (Autores, 2019)

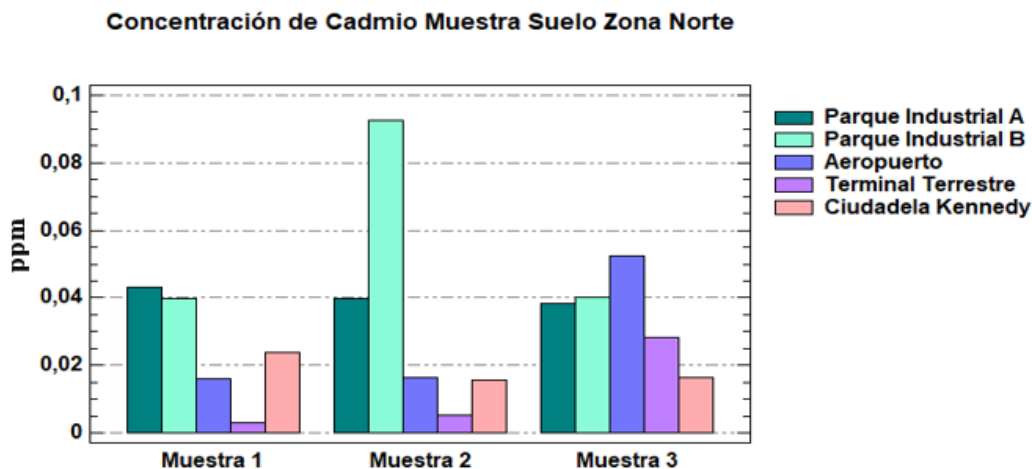


Figura 44: Concentración de cadmio en suelos de la Zona Norte de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 38 y figura 44, se puede observar las concentraciones de cadmio analizadas en suelos de cada uno de los sectores de estudio de la Zona Norte de Cuenca, dichas concentraciones fueron medidas en ppm.

Tabla 39: Estadístico descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm) en vegetación de la Zona Norte de Cuenca

	Parque Industrial A	Parque Industrial B	Aeropuerto	Terminal Terrestre	Ciudadela Kennedy
Recuento	3	3	3	3	3
Promedio	0,006	0,004	0,0008	0,002	0,0008
Mediana	0,007	0,004	0,0008	0,001	0,001
Moda	-----	-----	-----	-----	-----
Mediana Aritmética	0,006	0,004	0,0008	0,002	0,0008
Varianza	0,00002	9,3E-8	2,3E-8	8,6E-7	1,9E-7
Desviación Estándar	0,004	0,003	0,0002	0,001	0,001
Coefficiente de Variación	66,87%	7,05%	18,3303%	60,59%	54,48%
Error Estándar	0,002	0,0002	0,0001	0,001	0,0002
Mínimo	0,001	0,004	0,0007	0,0009	0,0003
Máximo	0,009	0,004	0,001	0,003	0,0011
Rango	0,007	0,0006	0,0003	0,002	0,0008
Suma	0,018	0,013	0,0025	0,005	0,0024
Suma de Cuadrados	0,001	0,00005	0,00002	0,00001	0,00001

Elaborado por: (Autores, 2019)

Tabla 40: Estadístico descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm) en suelos de la Zona Norte de Cuenca

	Aeropuerto	Ciudadela Kennedy	Parque Industrial A	Parque Industrial B	Terminal Terrestre
Recuento	3	3	3	3	3
Promedio	0,028	0,024	0,040	0,081	0,016
Mediana	0,016	0,016	0,039	0,028	0,005
Moda	-----	-----	-----	-----	-----
Media Aritmética	0,040	0,081	0,028	0,016	0,024
Varianza	0,0004	0,001	0,00001	0,009	0,001
Desviación Estándar	0,0210	0,014	0,002	0,096	0,020
Coefficiente de Variación	74,70%	58,04%	6,52%	117,95%	129,28%
Error Estándar	0,012	0,008	0,002	0,055	0,011
Mínimo	0,015	0,015	0,038	0,023	0,002
Máximo	0,052	0,040	0,043	0,192	0,039
Rango	0,036	0,024	0,005	0,168	0,036
Suma	0,084	0,072	0,121	0,244	0,047
Suma de Cuadrados	0,0032	0,0021	0,005	0,038	0,002

Elaborado por: (Autores, 2019)

En la tabla 39 y 40, se observa el análisis estadístico descriptivo aplicado a las concentraciones de cadmio en la Zona Norte de ciudad de Cuenca en muestra vegetal y de suelo. Con respecto a la media, mediana se evidencia diferencias significativas y no se da la moda al no contar con concentraciones repetitivas entre las muestras de suelo con las muestras de vegetación, la varianza en ambos casos presenta valores muy pequeños, por otro lado los valores máximo y mínimos presentan cantidades bajo los límites de detección, sin embargo se concluye que las muestras de suelo presentan mayores concentración en comparación con las concentraciones de muestra vegetal.

2.30. Determinación de la Concentración de Cadmio en Suelo y Vegetación de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Tabla 41: Concentraciones de Cadmio en vegetación de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Muestras	San Sebastián (ppm)	Mercado 10 de agosto (ppm)	Parque Calderón (ppm)	San Blas (ppm)	Mercado 9 de Octubre (ppm)
M1	0,0011	0,0007	0,0008	0,0045	0,0009
M2	0,0008	0,0013	0,0013	0,0094	0,0014
M3	0,0015	0,0019	0,0007	0,0010	0,0007

Fuente: (Autores, 2019)

Concentración de Cadmio Muestra Vegetal Zona Centro Historico

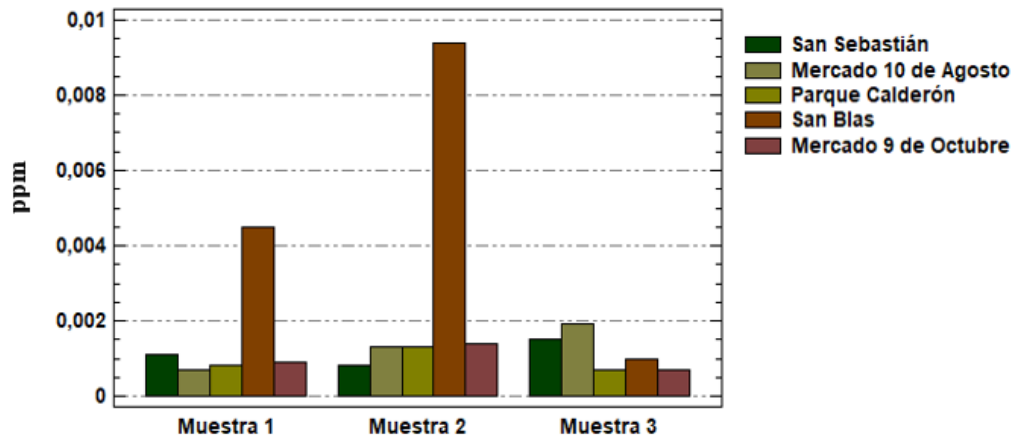


Figura 45: Concentraciones de Cadmio en vegetación de la Zona Norte de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 41 y figura 45, se puede visualizar las concentraciones de cadmio, analizadas en muestra vegetal en cada uno de los sectores de estudio de la Zona Centro Histórico de Cuenca, (San Sebastián, Mercado 10 de Agosto, Parque Calderón, San Blas, Mercado 9 de Octubre), dichas concentraciones fueron medidas en ppm.

Tabla 42: Concentración de Cadmio en suelos de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Muestras	San Sebastián (ppm)	Mercado 10 de agosto (ppm)	Parque Calderón (ppm)	San Blas (ppm)	Mercado 9 de Octubre (ppm)
M1	0,0397	0,0137	0,0351	0,0366	0,0039
M2	0,0390	0,0219	0,0363	0,0457	0,0074
M3	0,0390	0,0213	0,0162	0,0322	0,0073

Fuente: (Autores, 2019)

Concentración de Cadmio Muestra Suelo Zona Centro Historico

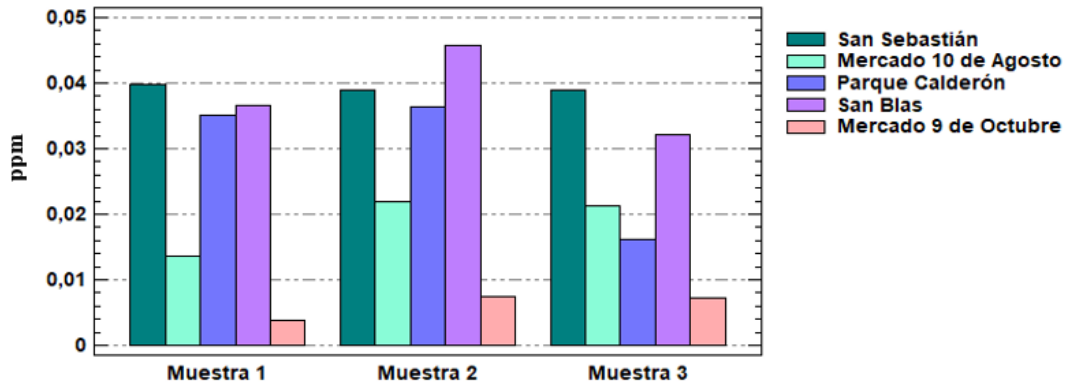


Figura 46: Concentración de cadmio en suelos de la Zona Centro Histórico de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 42 y figura 46, se puede visualizar concentraciones de cadmio analizadas en suelos de cada uno de los sectores de estudio de la Zona Centro Histórico de Cuenca, dichas concentraciones fueron medidas en ppm.

Tabla 43: Estadístico Descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm), en vegetación de la Zona Centro Histórico de Cuenca

	San Sebastián	Mercado 10 de Agosto	Parque Calderón	San Blas	Mercado 9 de Octubre
Recuento	3	3	3	3	3
Promedio	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001
Mediana	0,001	0,002	0,0008	0,001	0,0009
Moda	-----	-----	-----	-----	-----
Media Aritmética	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001
Varianza	1,2E-7	0,00002	1,03E-7	0,000004	1,3E-7
Desviación Estándar	0,001	0,004	0,0003	0,002	0,0003
Coefficiente de Variación	30,98%	107,46%	34,44%	102,23%	36,05%
Mínimo	0,001	0,002	0,0007	0,0007	0,0007
Máximo	0,001	0,009	0,0013	0,004	0,0014
Rango	0,0007	0,008	0,0006	0,003	0,0007
Suma	0,003	0,012	0,0028	0,006	0,003
Suma de Cuadrados	0,000004	0,0001	0,00001	0,00002	0,0001

Elaborado por: (Autores, 2019)

Tabla 44: Estadístico Descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm), en suelos de la Zona Centro Histórico de Cuenca

	<i>Mercado 10 de Agosto</i>	<i>Mercado 9 de Octubre</i>	<i>Parque Calderón</i>	<i>San Blas</i>	<i>San Sebastián</i>
Recuento	3	3	3	3	3
Promedio	0,01	0,012	0,029	0,038	0,039
Mediana	0,01	0,007	0,035	0,036	0,039
Moda	-----	-----	-----	-----	0,039
Media Aritmética	0,03	0,013	0,029	0,038	0,012
Varianza	0,00008	0,0001	0,0001	0,0001	1,63E-7
Desviación Estándar	0,009	0,008	0,011	0,006	0,0004
Coefficiente de Variación	68,44%	67,11%	38,61%	18,03%	1,03%
Error Estándar	0,005	0,004	0,006	0,003	0,0002
Mínimo	0,003	0,007	0,016	0,032	0,039
Máximo	0,021	0,021	0,031	0,045	0,039
Rango	0,018	0,014	0,020	0,013	0,000
Suma	0,039	0,036	0,087	0,114	0,117
Suma de Cuadrados	0,0006	0,0005	0,003	0,004	0,004

Elaborado por: (Autores, 2019)

En la tabla 43 y 44, se observa el análisis estadístico descriptivo aplicado a las concentraciones de cadmio en la Zona Centro Histórico de la ciudad de Cuenca en muestra vegetal y suelo. Con respecto a la media, mediana se evidencia diferencias significativas entre las muestras de suelo y vegetación y la moda no es detectada al no existir concentraciones repetitivas, la varianza en ambos casos presenta valores bajos, por otro lado los valores máximo y mínimo presentan cantidades bajo los límites de detección, sin embargo se concluye que las muestras de suelo presentan mayores concentraciones de cadmio en comparación con las concentración de muestra vegetal.

2.31. Determinación de la Concentración de Cadmio en Suelo y Vegetación de la Zona Sur de Cuenca

Tabla 45: Concentraciones de cadmio en vegetación de la Zona Sur de Cuenca.

Muestras	Estadio Alejandro Serrano Aguilar (ppm)	Hospital Vicente Corral Moscos (ppm)	Feria Libre (ppm)	Centro Comercial Coral Centro (ppm)	Coliseo Jefferson Pérez (ppm)
M1	0,0015	0,0013	0,0009	0,0017	0,0006
M2	0,0014	0,0011	0,0010	0,0014	0,0005
M3	0,0034	0,0011	0,0019	0,0009	0,0006

Fuente: (Autores, 2019)

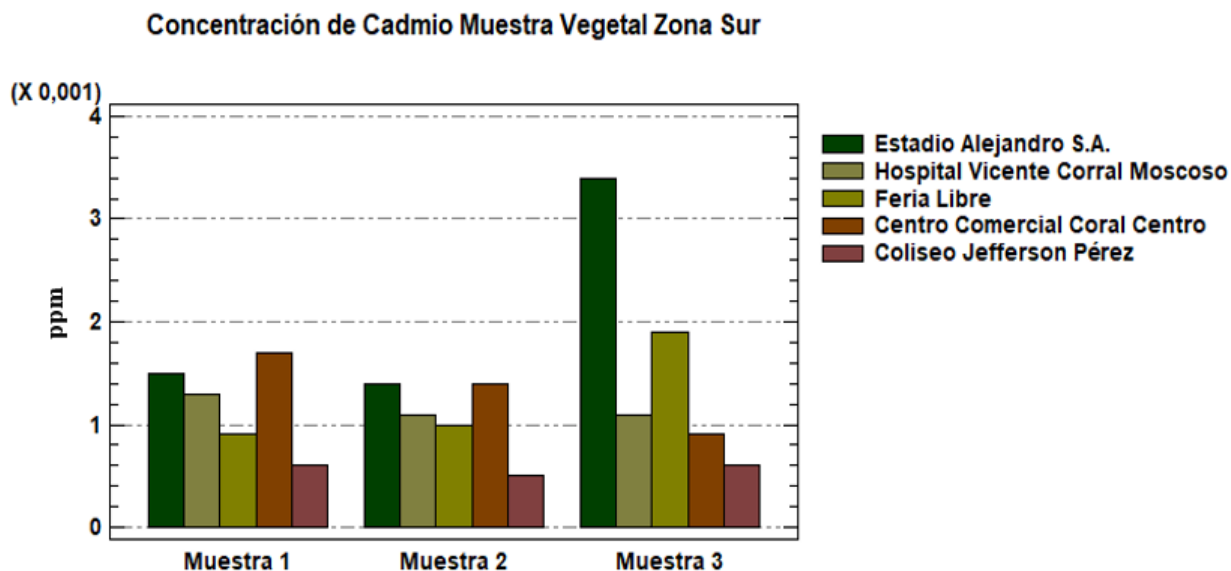


Figura 47: Concentraciones de cadmio en vegetación de la Zona Sur de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 45 y figura 47, se puede observar las concentraciones de cadmio realizadas en muestras vegetal en cada uno de los sectores de estudio de la Zona Sur de Cuenca, (Estadio Alejandro Serrano Aguilar, Hospital Vicente Corral Moscoso, Feria Libre, Centro Comercial Coral Centro y Coliseo Jefferson Pérez), dichas concentraciones fueron medidas en ppm.

Tabla 46: Concentraciones de cadmio en suelos de la Zona Sur de Cuenca

Muestras	Estadio Alejandro Serrano Aguilar (ppm)	Hospital Vicente Corral Moscoso (ppm)	Feria Libre (ppm)	Centro Comercial Coral Centro (ppm)	Coliseo Jefferson Pérez (ppm)
M1	0,0236	0,0230	0,0389	0,0390	0,0329
M2	0,0236	0,0371	0,0424	0,0345	0,0348
M3	0,0234	0,0358	0,0440	0,0349	0,0216

Fuente: (Autores, 2019)

Concentración de Cadmio Muestra Suelo Zona Sur

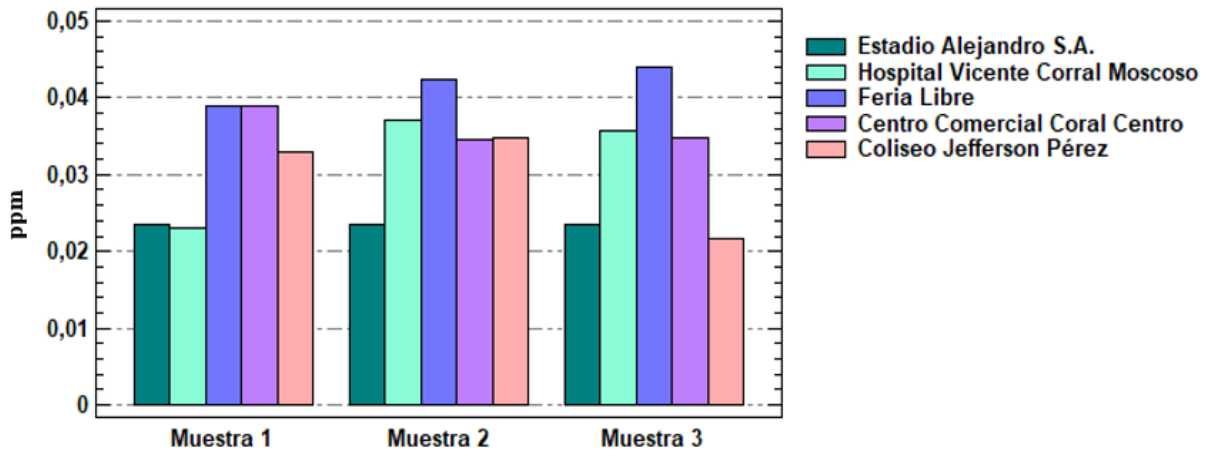


Figura 48: Concentraciones de cadmio en suelos de la Zona Sur de Cuenca

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 46 y figura 48, se puede observar las concentraciones de cadmio analizadas en suelos de cada uno de los sectores de estudio de la Zona Sur de Cuenca, dichas concentraciones fueron medidas en ppm.

Tabla 47: Estadístico descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm) en vegetación de la Zona Sur de Cuenca

	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Hospital Vicente Corral Moscoso	Feria Libre	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez
Recuento	3	3	3	3	3
Promedio	0,002	0,001	0,001	0,001	0,0006
Mediana	0,001	0,001	0,001	0,002	0,0006
Moda		0,001			0,0006
Media Aritmética	0,002	0,001	0,001	0,001	0,0005
Varianza	0,000002	1,33E-8	3,03E-7	1,63E-7	3,33E-9
Desviación Estándar	0,001	0,0001	0,0005	0,0004	0,00005
Coefficiente de Variación	53,66%	9,89%	43,48%	30,31%	10,19%
Error Estándar	0,0007	0,0001	0,0003	0,0002	0,00001
Mínimo	0,002	0,0011	0,0009	0,0009	0,0005
Máximo	0,003	0,0013	0,002	0,002	0,0006
Rango	0,002	0,0002	0,001	0,0008	0,0001
Suma	0,006	0,0035	0,003	0,004	0,0017
Suma de Cuadrados	0,0001	0,000004	0,000005	0,0001	9,7E-7

Elaborado por: (Autores, 2019)

Tabla 48: Estadístico Descriptivo de las concentraciones de cadmio (ppm) en suelos de la Zona Sur de Cuenca

	Centro Comercial Coral Centro	Coliseo Jefferson Pérez	Estadio Alejandro Serrano Aguilar	Feria Libre	Hospital Vicente Corral Moscoso
Recuento	3	3	3	3	3
Promedio	0,036	0,029	0,023	0,041	0,031
Mediana	0,034	0,032	0,023	0,042	0,035
Moda	-----	-----	0,023	-----	-----
Media Aritmética	0,0361	0,029	0,0235	0,0417	0,0319
Varianza	0,00001	0,00005	1,33E-8	0,00001	0,00006
Desviación Estándar	0,0024	0,0071	0,0001	0,002	0,00779
Coefficiente de Variación	6,89%	23,97%	0,49%	6,24%	24,37%
Error Estándar	0,0014	0,004	0,001	0,002	0,004
Mínimo	0,0345	0,021	0,023	0,038	0,023
Máximo	0,039	0,034	0,023	0,044	0,037
Rango	0,0045	0,013	0,0001	0,005	0,014
Suma	0,1084	0,089	0,0706	0,125	0,095
Suma de Cuadrados	0,0039	0,0027	0,001661	0,0052	0,003

Elaborado por: (Autores, 2019)

En la tabla 47 y 48 se visualiza el análisis estadístico descriptivo aplicado a las concentraciones de cadmio de las Zona Sur de la ciudad de Cuenca en muestra vegetal y de suelo. Con respecto a la media, mediana se evidencian diferencias significativas entre las muestras de suelo con las muestras de vegetación y no se detecta la moda al no presentarse concentraciones repetitivas a excepción del Estadio Alejandro Serrano Aguilar cuya moda es de 0.0236 ppm, la varianza en ambos casos presenta valores muy pequeños, por otro lado los valores de máximo y mínimos presentan cantidades bajo los límites de detección, sin embargo se concluye que las muestras de suelo presentan mayor concentración de cadmio en comparación con las concentraciones de muestra vegetal.

2.32. Promedios Mínimos, Máximos de las concentraciones de Cadmio

Tabla 49: Promedios, Mínimos, Máximos de concentraciones de cadmio en muestra vegetal de la ciudad de Cuenca

PROMEDIOS	CADMIO ZONA NORTE (ppm)	CADMIO ZONA CENTRO HISTORICO (ppm)	CADMIO ZONA SUR (ppm)
CONCENTRACIÓN	0.0027	0.00186	0.00128
MÍNIMO	0.0003	0.0007	0.0005
MÁXIMO	0.0093	0.0094	0.0034

Fuente: (Autores, 2019)

La tabla 49 contienen los promedios de las concentraciones de cadmio analizadas en el área de estudio para muestra vegetal, el cual se puede evidenciar concentraciones uniformes en las tres

zonas de cuenca, donde se estima un mínimo de 0.0005 ppm en la Zona Sur y un máximo de 0.0094 en la Zona Centro Histórico de la ciudad.

Tabla 50: Promedios, Mínimos, Máximos de concentraciones de cadmio en muestras de suelo de la ciudad de Cuenca

PROMEDIOS	CADMIO- ZONA NORTE (ppm)	CADMIO - ZONA CENTRO HISTORICO (ppm)	CADMIO - ZONA SUR (ppm)
CONCENTRACIÓN	0.038	0.02635	0.03263
MÍNIMO	0.0029	0.0039	0.0216
MÁXIMO	0.0924	0.0457	0.044

Fuente: (Autores, 2019)

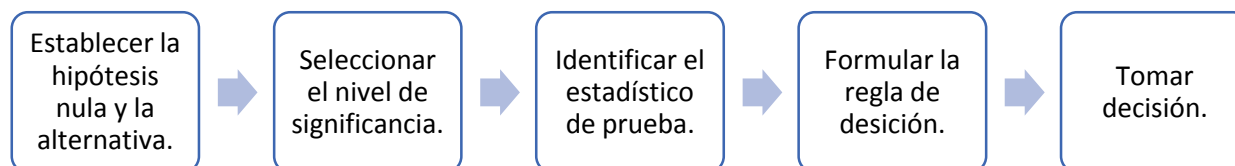
Por otro lado la tabla 50 muestra los promedios de concentraciones de cadmio analizadas en el área de estudio para muestra de suelo, el cual se puede evidenciar concentraciones muy uniformes en las tres zonas de Cuenca, donde se estima un mínimo de 0.0029 ppm en la Zona Norte y un máximo de 0.0924 en la misma Zona.

2.33. Prueba de Hipótesis

Prueba de hipótesis de dos medias

En este proyecto se ha realizado la comparación entre las concentraciones de cadmio en la vegetación con la concentración de cadmio en suelo, aplicando la prueba de hipótesis entre las medias muestrales con los datos recolectados en la investigación realizada.

Se ha desarrollado el procedimiento de cinco pasos para probar una hipótesis



Cuadro 1: Procedimiento de cinco pasos para probar una hipótesis

Fuente: (Autores, 2019)

Hipótesis Nula

H_0 expresa que no hay diferencia significativa entre la concentración media de cadmio obtenida entre las dos matrices; es decir, $\mu_1 = \mu_2$, la hipótesis alternativa, H_1 , plantea que las medias son diferentes, $\mu_1 \neq \mu_2$. Si H_0 se rechaza, H_1 se aceptará.

Nivel de significancia

El nivel seleccionado es 0.01, esto equivale a decir que la probabilidad de cometer un error es de 0.01 (1%).

Estadístico de Prueba

Las muestras superan las treinta unidades por lo que se consideran muestras grandes por lo tanto se pueden aplicar la prueba z como prueba de significancia.

$$z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right)^2 + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)^2}}$$

Ec.5

Tabla 51: Datos para cálculo de estadístico de prueba

Vegetación		Suelo	
Media (\bar{x}_1)	0,00195772	Media (\bar{x}_2)	0,00161621
Desviación (s)	0,00213735	Desviación (s)	0,00137299
n_1	45	n_2	45

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 52: Área bajo la curva distribución de probabilidad normal

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

Fuente: (Mason, 1990)

Según el nivel de significancia seleccionado y al ser una prueba de dos colas, se define que el 99% de los valores estarán en el intervalo 0 ± 2.58 , que se obtiene de ubicar en la tabla en valor más aproximado a 0.4950 que se obtiene del siguiente cálculo:

$$\frac{1}{2} = 0.5 - \frac{0.01}{2} = \mathbf{0.495}$$

Se ubica el valor más próximo a 0.4950 en la tabla que es 0.4951 lo que genera la intersección de la tabla a los números 2.5 y 0.008 lo cual da el valor 2.58.

Regla de decisión

Al usar el nivel de 0.01, la regla de decisión es aceptar la hipótesis nula H_0 si el valor calculado de z está ubicado en el área solución; caso contrario se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

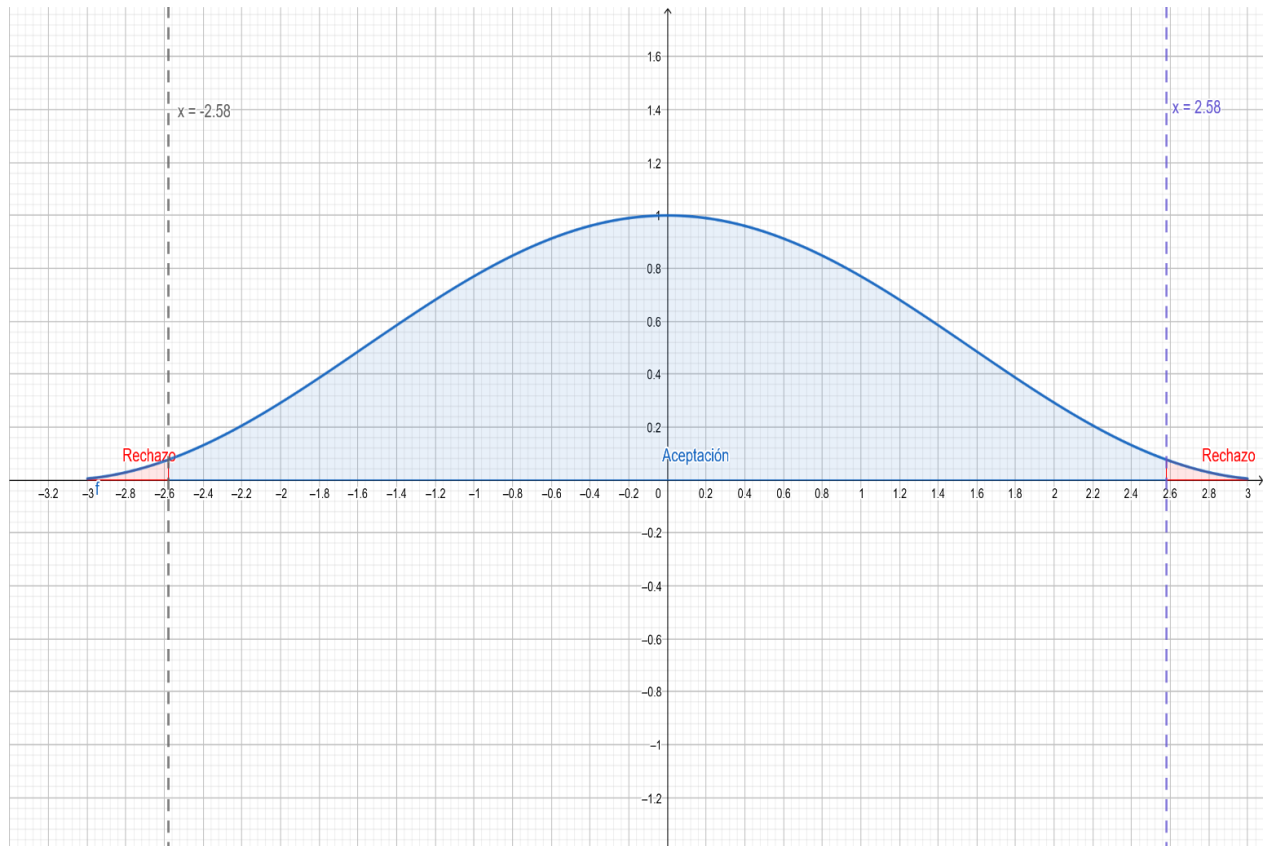


Figura 49: Prueba de dos colas, áreas de aceptación y de rechazo con un nivel de riesgo de 0.010

Fuente: (Autores, 2019)

Calculo z y toma de decisión

La regla de decisión indica que, si el valor calculado de z está en la zona o área de aceptación, la hipótesis nula se acepta.

$$Z = 0.90180853$$

Puesto que el valor z está en el área de aceptación, la hipótesis nula se acepta al nivel 0.01, en decir, la diferencia en la concentración media de cadmio en las dos matrices (vegetación, suelo) se atribuyen al azar (muestreo). Desde un punto de vista práctico, los niveles de concentración de

cadmio en las dos matrices son iguales. No se puede definir una diferencia de concentración de cadmio con base en los valores obtenidos.

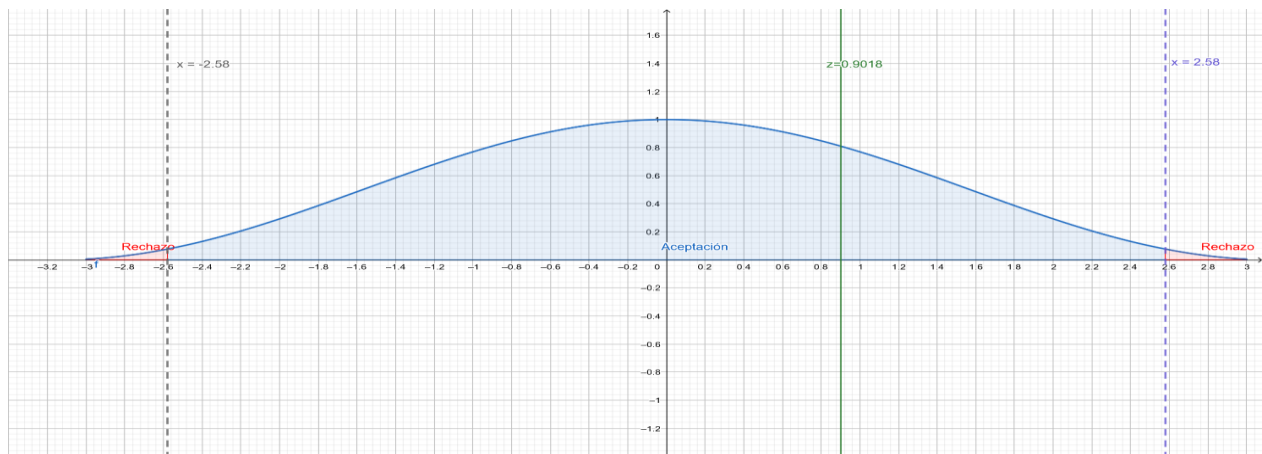


Figura 50: Valor z en prueba de dos colas

Fuente: (Autores, 2019)

Discusión

Se ha desarrollado la prueba de hipótesis, la cual es un procedimiento basado en la evidencia muestral y en la teoría de probabilidad, para determinar si existe o no diferencia significativa entre la concentración media de cadmio en la vegetación en comparación con la concentración de cadmio en el suelo. Para ello se ha desarrollado el procedimiento de cinco pasos sugeridos por (Lind, Marchal, Mason, Hano Roa, & Paniagua Bocanegra, 2004) , el cual se resumen en:

1. Plantear la hipótesis nula y alternativa
2. Seleccionar un nivel de significancia
3. Identificar el estadístico de prueba
4. Formular un regla de decisión
5. Tomar una muestra y llegar a un decisión

Luego de definir la hipótesis nula¹ y alternativa² se definió que el nivel de significancia³ adecuado para la prueba es de 1% con la finalidad de reducir el riesgo de cometer error. Al final del proceso de prueba de hipótesis se ha establecido que no existe diferencia marcada o relevante entre los niveles de concentración de cadmio en la vegetación y suelo.

¹ Una afirmación o enunciado tentativo que se realiza acerca del valor de un parámetro poblacional. (Mason & Lind, 1992)

²Una afirmación o enunciado que se aceptará si los datos muestrales proporcionan amplia evidencia de que la hipótesis nula es falsa. (Mason & Lind, 1992)

³El riesgo que se asume acerca de rechazar la hipótesis nula cuando en realidad debe aceptarse por ser verdadera. (Mason & Lind, 1992)

Finalmente, se determina que no existe concentraciones relevantes en muestras de suelo y vegetación al encontrarse por debajo del límite de detección en el Equipo ICP, por lo que se puede corroborar con el estudio realizado por (Tello, 2015) en muestras de suelo, los cuales coinciden al encontrarse por debajo del límite permitido, establecido en la Normativa Nacional para suelos urbanos, enunciado en el *literal 2.34*.

2.34. Comparación de los niveles permitidos de cadmio para suelo y vegetación según Normativa Nacional e Internacional

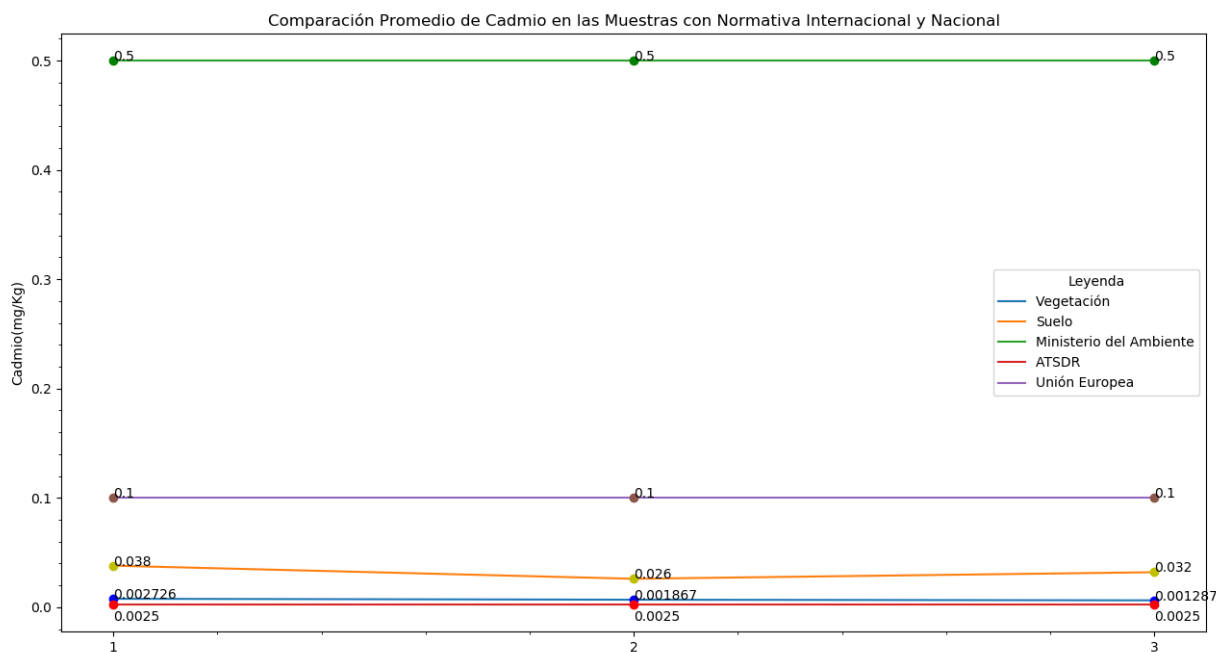


Figura 51: Comparación promedio de cadmio en muestras vegetal y de suelo con la Normativa Internacional y Nacional

Fuente: (Autores, 2019)

Como se puede observar en la figura 51, se determina que los valores encontrados de Cadmio en muestra vegetal y de suelo se encuentran bajo los límites máximos permisibles de 0.5 mg/kg establecido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador; mientras que en las normativas internacionales como la Unión Europea establece límites permisibles de 0.1 mg/kg, los cuales al ser comparados con los valores promedios de cadmio en suelo y vegetación de la ciudad de Cuenca se encuentran por debajo de su límite permisible a excepción de los valores establecidos por la ATSDR debido a que los promedios encontrados se encuentran por encima de 0.0025 mg/kg.

2.35. Riesgo Toxicológico

Dosis de Exposición Calculadas

Para el cálculo de la dosis de exposición se emplean las medias aritméticas de las tres zonas estudiadas que se muestran en la tabla 51 y 52.

Tabla 53: Concentraciones promedio de media aritmética en muestra vegetal de las zonas de estudio

	Zona Norte (ppm)	Zona Centro Histórico (ppm)	Zona Sur (ppm)
Media Aritmética	0.002726	0.001867	0.001287

Fuente: (Autores, 2019)

Tabla 54: Concentraciones promedio de media aritmética en muestra suelo de las zonas de estudio

	Zona Norte (ppm)	Zona Centro Histórico (ppm)	Zona Sur (ppm)
Media Aritmética	0.038000	0.026353	0.032633

Fuente: (Autores, 2019)

El cálculo de la dosis de exposición se procedió a calcular de acuerdo a lo enunciado anteriormente en el riesgo toxicológico literal 2.25 se consideró los siguientes factores para suelo y vegetación presentadas en la tabla 53.

Tabla 55: Datos para el cálculo de la dosis de exposición de las zonas en estudio

Factores	Cadmio Zona Norte	Cadmio Zona Centro Histórico	Cadmio Zona Sur	Referencia
Dosis referencia (mg/kg/día)	0.001	0.001	0.001	((ATSDR), 1997)
PC: peso corporal (kg)	60	65	60	Encuesta
Factor ajuste (kg/día) ₁	0.000001	0.000001	0.000001	(ATSDR, 2008)
TI: tasa ingesta diaria para suelos y vegetación (mg/día)	50	50	50	((ATSDR), 1997)
Tiempo promedio de exposición (años) ₂	70	70	70	(OMS, 2017)
Factor de exposición (adimensional)	0.85	0.85	0.85	(ATSDR, 2008)

Fuente: (Autores, 2019)

1: El factor de ajuste de 0.000001 kilogramo de suelo por miligramo de suelo se usa para convertir el nivel de cadmio de miligramo de sustancia química por kilogramo de suelo a miligramo de sustancia química por miligramo de suelo (ATSDR, 2008).

2:Tiempo promedio de exposición media durante el periodo de contacto con un producto químico suele ser la duración de exposición relevante para la evaluación de riesgo, el tiempo promedio se fija a toda la vida, lo que en las evaluaciones de riesgos, comúnmente se asume que son 70 años (OMS, 2017).

Factor de exposición

Se determina el factor de exposición considerando el número de días de exposición por año por el número de años de exposición y se divide el producto (días por año multiplicado por el número de años de exposición) (ATSDR, 2008).

$$Factor\ exposición = \frac{\# \text{ días de exposición por año} * \text{número de años de exposición}}{\text{días del año} \times \text{número de años de exposición}} \quad \text{Ec. 6}$$

Tabla 56: Dosis de Exposición (DE) calculado en mg/kg/día

Matriz	Cd zona norte (mg/kg/día)	Cd zona centro (mg/kg/día)	Cd zona sur (mg/kg/día)	Dosis Referencia (mg/kg/día)
Suelo	6.70E-05	4.29E-05	5.76E-05	0.001
Vegetación	4.8133E-06	3.0430E-06	2.2724E-06	0.001

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 54 se expone los valores de DE, se presenta en miligramo de sustancia por kilogramo de peso corporal por día para cada zona de estudio.

Índice de Peligro (IP)

PARA NO-CARCINÓGENICOS

Comparar la exposición actual con dosis de referencia (DRF)

$$IP = \frac{\text{Exposición medida}}{DRF} \quad \text{Ec. 7}$$

Para el IP, se empleó DE (dosis de exposición) obtenida anteriormente se dividió para la dosis de referencia (DRF = 0.001 ((ATSDR), 1997)). IP proporciona seguridad en la exposición, en un valor de uno o menor de uno, esto es, si se encuentra por debajo o no de la dosis establecida como límite seguro establecida en la dosis de referencia (DRF). Si crece sobre uno de forma gradual, marca que la exposición local está aumentando a niveles descomunales lo cual incrementa el riesgo que exista efectos adversos sobre la comunidad.

Tabla 57: Índice de peligro de las zonas en estudio

Matriz	Cd zona norte (mg/kg/día)	Cd zona centro (mg/kg/día)	Cd zona sur (mg/kg/día)
Suelo	0.0678	0.0429	0.0576
Vegetación	0.0048	0.0030	0.0022

Fuente: (Autores, 2019)

En la tabla 51 se observan los valores de IP (índice de peligro), calculados a partir de la DE (dosis de exposición) del cadmio, para las tres zonas establecidas en la ciudad de Cuenca, estos valores nos señalan seguridad en las condiciones locales de exposición, resultando valores menores a uno como límite seguro, vale recalcar que es necesario un control progresivo en lo que es la matriz suelo.

2.36. ESTRATEGIAS DE PREVENCION/ MITIGACION A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDO

Los metales pesados al ser acumulativos, difieren en muy baja escala entre los que no se eliminan y si se eliminan, debido a su peso molecular alto no pueden ser metabolizados en los organismos además de las trazas que están diluidos en la sangre (Pamela, Ledezma, Pedro, & Revilla, 2014). De tal manera que mediante acciones de prevención se puede reducir los efectos en la salud pública y el aumento en la contaminación del recurso suelo. Se plantea diferentes estrategias para prevenir la difusión del contaminante metálico (Cd).

Tabla 58: Estrategias Sanitarias de Prevención ante la posible contaminación por metales pesados.

Estrategias sanitarias de prevención	
Objetivo 1	Identificación de peligro y riesgo
Acciones	Fuente
<p>Delimitar la zona de riesgo, el área y el nivel de afectación, y determinar si su origen es antropogénico o si obedece de las características geológicas de la superficie de influencia.</p> <p>Controlar la difusión mediante técnicas para la eliminación segura, por ejemplo, a través de medidas efectivas para lograr el reciclaje y restringir los usos no reciclables.</p> <p>Reducir la exposición al cadmio, mejorando el entorno de trabajo en la industria de la fundición no ferrosa y difundiendo la información sobre el uso apropiado de los fertilizantes (algunos productos contienen altos niveles de cadmio).</p>	<p>(Bautista, 1999; Diaz, 2014)</p> <p>(Marbán, Camelo, & Agostini, 1999; Weiland & Perez, 2007)</p> <p>(Gal & Baena, 2008; Marbán et al., 1999; Weiland & Perez, 2007, 2007)</p>
Objetivo 2	Coordinación Interinstitucional
Acciones	Fuente
<p>Mediante planes y programas de control, certificación ambiental, fiscalización en zonas alteradas por la contaminación de metales, con la finalidad de proteger el bienestar de la comunidad y el recurso suelo.</p> <p>Coordinar los programas interinstitucionales con el programas de monitoreo de la calidad de los suelos de las zonas de recreación, alterados por la contaminación por metales pesados.</p> <p>Establecer un plan de monitoreo cada dos años con la finalidad de controlar y monitorear la zonas y áreas que se encuentre afectadas, por ejemplo parques, riberas de los ríos, espacios colindantes a instituciones educativas y de salud (hospitales, clínicas, centros de salud).</p> <p>Promover con las universidades e instituciones especializados estudios de investigación que permitan relacionar exposición-efecto en la salud con la finalidad de reajustar las normas y límites de control, de los estándares de calidad de los suelos para cada una de las áreas o espacios usados para las diferentes actividades.</p>	<p>(Pamela et al., 2014)</p> <p>(S. C. López & Perelman, 2006)</p> <p>(Gal & Baena, 2008; Marbán et al., 1999)</p> <p>(Marbán, Camelo, & Agostini, 1999; Weiland & Perez, 2007)</p>

Objetivo 3	Realizar estudios sobre metales pesados para evaluar la exposición por ingesta de alimentos cultivados en suelos o agua con niveles de riesgo, para mantener un sistema de vigilancia epidemiológico.
Acciones	Fuente
<p>Implantar un sistema de información Toxicológico y Ambiental para promover información científica y actualizada del recurso agua, aire suelo, alimentos y vegetación que permitan tomar medidas preventivas de control en pro de la población.</p> <p>Promover la participación ciudadana en toma de decisiones sobre riesgos versus beneficios en temas de salud.</p> <p>Desarrollar e implementar la capacidad y calidad analítica para medir metales pesados en muestras biológicas, incluyendo diferenciación de los contaminantes de interés, además de contar con un registro de laboratorios que midan parámetros e indicadores de muestras biológicas.</p>	<p>(Hernandez, Rosa, & Alcayhuamán, 2016)</p> <p>(ARC, 2012)</p> <p>(Ester Larrañaga, 2008)</p>
Objetivo 4	Sensibilización de información a diferentes organismos
Acciones	Fuente
<p>Capacitar y dar herramientas a las entidades y distintos departamentos del Municipio de Cuenca para que utilicen de forma adecuada la información disponible sobre la alteración de este medio en el ejercicio de sus atribuciones como planeamiento, ordenamiento, concesión de licencias a actividades contaminantes.</p> <p>Formar y concientizar a los agentes privados que operan actividades potencialmente contaminantes del suelo sobre su protección y sobre las obligaciones que establece la diferente normativa vigente.</p> <p>Informar a la ciudadanía en este ámbito para promover la adopción de conductas adecuadas y participación en procesos de decisión, cuando sea necesario.</p>	<p>(Iñigo Urkullu, 2012)</p> <p>(Oviedo-Anchundia, Moina-Quimí, Naranjo-Morán, & Barcos-Arias, 2010)</p> <p>(Feola, Gonzales, & Acosta, 2011)</p>

Objetivo 5	Generar un plan de Educación Ambiental	
	Acciones	Fuente
	Iniciar capacitaciones con docentes y estudiantes pertenecientes a los sectores colindantes a la zona de estudio.	(Villalta, 2014)
	Difundir campañas de comunicación de los daños al medio ambiente y afecciones a la salud que se puedan generar como consecuencia de actividades antropogénicas.	(Martínez, 2010)
	Incentivar medidas preventivas dirigidas a la población, en general mediante actividades como: <ul style="list-style-type: none"> • Plantaciones y cuidado de árboles. • Limpieza de ríos. • Actividades de eliminación de plantas invasoras. 	(Sarango, Sánchez, & Landivar, 2016)

Elaborado por: (Autores, 2019)

3. CONCLUSIONES

Conclusiones

- En el presente trabajo se determinó la concentración de cadmio (Cd) en la ciudad de Cuenca, estableciendo tres zonas de estudio (Norte, Centro, Sur) mediante muestras de suelo y vegetación.
- Se estableció la concentración de cadmio de las matrices (suelo, vegetación) mediante espectrometría ICP, que al ser comparados con la normativa nacional del ministerio del ambiente, en las dos matrices no superan en el límite permisible para zonas urbanas que establece un margen de 0.5 mg/kg para criterio de calidad de suelo urbano; de igual manera en relación con la normativa internacional como con la Unión Europea, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y la ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades), superan el margen establecido por este último organismo que tiene un valor de 0.025 mg/kg.
- De igual manera, se procedió a determinar el riesgo toxicológico a partir de las concentraciones de cadmio, mediante la dosis de exposición a la que se encuentra la población, encontrando valores por debajo de las dosis establecidas como límite seguro, que es la DfR (dosis de referencia), por lo tanto se establece que no existe un riesgo adverso sobre la comunidad en estudio.
- Aunque los resultados obtenidos demuestran que los niveles se encuentran por debajo de los límites establecidos y el riesgo toxicológico es prácticamente nulo, se resalta la importancia de estudios de monitoreo y regulación que garanticen el bienestar de la población; por lo que, se establecieron estrategias de prevención en caso de que exista una concentración anormal del metal e impedir su difusión en zonas de riesgo como centros educativos, centros de salud, espacios de recreación, además de controles médicos enfatizando en la determinación de metales pesados que se puedan encontrar en el organismo de las personas.
- Se establecieron estrategias de prevención a partir de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta la relación que existe entre la concentración del metal y la dosis de exposición a la población, planteando medidas sanitarias de prevención, coordinación interinstitucional, educación ambiental y monitoreo permanente a cargo de organismos encargados.

- En caso de encontrar concentraciones nocivas, el uso de especies de flora que actúan como captadoras de estos agentes tóxicos, ya que se ha demostrado que es posible la reducción de niveles contaminantes mediante estas plantas. Un método practicado es la fitoremediación en el cual las plantas metalofitas, han desarrollado diferentes mecanismos fisiológicos para resistir, tolerar y sobrevivir en suelos contaminados por metales.

4. BIBLIOGRAFIA

- (ATSDR), N. C. for E. A. (1997). Exposure Factors Handbook.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, A. (2016). *Resumen de Salud Pública Cadmio*. EEUU.
- Aránguez, Emiliano, Ordóñez, J. M., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández-Patier, R., Gandarillas, A., & Galán, I. (2000). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*, 73(2), 123–132. <https://doi.org/10.1590/S1135-57271999000200003>
- Aránguez, Emilio et al. (2000). Contaminación Atmosferica y su vigilancia. *Revista Española de Salud Publica*, 73 (2), 123–132.
- ARC. (2012). *Guía de prevención de la contaminación del suelo para las actividades potencialmente contaminantes del suelo bajo la epígrafe CCAE 50500*. Barcelona.
- Arcos Pulido, M. D. P., Ávila de Navia, MSC, S. L., Estupiñán Torres, MSC, S. M., & Gómez Prieto, A. C. (2017). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4), 69. <https://doi.org/10.22490/24629448.338>
- ATSDR. (2008). Evaluación de salud pública II - Evaluación toxicológica: Estimado de dosis de exposición - Tipos de dosis de exposición | ATSDR - Curso de capacitación. Retrieved October 16, 2019, from https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/pha_professional2/module3/sv7.html
- Badillo German, F. (2001). Capitulo XII.Cadmio.
- Ballester, F. (2005). Contaminación Atmosferica, Cambio Climatico y Salud. *Revista Española Salud Publica*, 79, N° 2, 159–175.
- Barrio, N. (2016). TRABAJO FIN DE GRADO TÍTULO : Metales pesados en suelos y sus efectos sobre la salud .
- Bautista, F. (1999). Introduccion al Estudio de la Contaminacion Del Suelo Por Metales Pesados, 1–67.
- Benavides, M. P., Gallego, S. M., & Tomaro, M. L. (2005). Cadmium toxicity in Plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000100004>
- Bermúdez, M. (2010). Contaminacion y turismo sostenible.
- Clara, S., Clara, V., Clara, S., Clara, V., Clara, S., Clara, V., & Clara, V. (2017). Determinación de la contaminación por metales pesados en suelos aledaños a la empresa electroquímica de sagua, 44, 53–62.
- Clemens, S. (2006, November). Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. *Biochimie*. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.07.003>
- COOTAD. (2015). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Azuay Actualizado, 198.
- De Mateo Silleras, B., Perez Garcia, A., & Mijan de la Torre, A. (2000). Zinc status in a selected

- Spanish population. Multivariate analysis. *Nutricion Hospitalaria*, 15(1), 33–42.
- Diaz Cordero, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII, 227–240.
- Diaz, M. A. (2014). CONCENTRACION DE CADMIO E SANGRE EN UNA POBLACION LABORAL HOSPITALARIA Y SU REALCION CON FACTORRE ASOCIADOS.
- EEA. (2002). Con los pies en la Tierra : la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa. Un desafío del siglo XX, 32.
- Ellis, K. J., Vartsky, D., Zanzi, I., Cohn, S. H., & Yasumura, S. (1979). Cadmium: In vivo measurement in smokers and nonsmokers. *Science*, 205(4403), 323–325.
<https://doi.org/10.1126/science.377488>
- Encinas, M. (2011a). *Medio ambiente y contaminación: principios básicos*. (Attribution NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International, Ed.) (1° Edición).
- Encinas, M. (2011b). *Medio Ambiente Y Contaminacion. Principios Basicos*. Retrieved from [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio Ambiente y Contaminaci%F3n. Principios b%Elasicos.pdf;jsessionid=895013199931773649A9C3BFB019619A?sequence=6](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%F3n.Principios%20b%20asicos.pdf;jsessionid=895013199931773649A9C3BFB019619A?sequence=6)
- EPA. (2008). Perfil toxicológico de Cadmio. *Comisión Europea*, (Cd), 1–7.
- Ester Larrañaga. (2008). *Guía Técnica de Identificación de Medidas Preventivas contra la Contaminación del Suelo*. España.
- Estrada Medina, H. (1998). Conservacion y Manejo de los Suelos.
- Eta, O. (2015). Analisis de Riesgos para la Salud Humana y Los ecosistemas.
- Feola, G., Gonzales, H., & Acosta, L. (2011). *Monitoreo de Metales Pesados en Suelos de Montevideo*. México.
- Gachot, B., & Poujeol, P. (1992). Effects of cadmium and copper on zinc transport kinetics by isolated renal proximal cells. *Biological Trace Element Research*, 35(2), 93–103.
<https://doi.org/10.1007/BF02783722>
- Gal, E., & Baena, A. R. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados, 10, 48–60.
- García, C., Moreno, J. L., Hernández, M. T., & Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia y Medio Ambiente.*, 125–138. Retrieved from <http://digital.csic.es/handle/10261/111812>
- Garrido, S. (2017). Interpretación de Analisis de Suelos. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Madrid*. Madrid.
- GLOBE. (2005). *Investigación de Suelos: Una Investigación de Aprendizaje GLOBE*.
- Godbold, D. L., & Hüttermann, A. (1985). Effect of zinc, cadmium and mercury on root elongation of *Picea abies* (Karst.) seedlings, and the significance of these metals to forest die-back. *Environmental Pollution. Series A, Ecological and Biological*, 38(4), 375–381.
[https://doi.org/10.1016/0143-1471\(85\)90108-4](https://doi.org/10.1016/0143-1471(85)90108-4)

- González, M., Elpidiol, C., & Fernández, C. (2014). *POBLACIÓN LABORAL HOSPITALARIA Y SU RELACIÓN CON FACTORES ASOCIADOS MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR PRESENTADA POR M^a Avellaneda Díaz Díaz*. Bajo la dirección de los doctores. Madrid.
- Gouia, H., Ghorbal, M. H., & Meyer, C. (2000). *Efectos del cadmio en la actividad de la nitrato reductasa y en otras enzimas de la vía de asimilación del nitrato en el frijol*. *Plant Physiology and Biochemistry (Paris)* (Vol. 38). Elsevier Masson SAS.
[https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(00\)00775-0](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(00)00775-0)
- Hernández, A. (2007). *Determinación de metales pesados en suelo de La Natividad Ixtlán, Oaxaca*. M.C. Elizabeth González Torrerros. Universidad de Sierra, Oaxaca - México.
- Hernandez, I. H., Rosa, I., & Alcayhuamán, M. (2016). *Estrategias para abordar la solución del problema para la salud por el consumo de agua con metales pesados y arsénico*. Lima-Peru.
- Huguet, N., Schuhmacher, M., Llobet, J., & Domingo, J. (2007). Metales pesados y la salud, *108*, 51–58.
- INEC Instituto Nacional de Estadísticas y censos. (2016). Censo poblacional y Vivienda, 1–67. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/azuay.pdf>
- INEN. (2010). *Censo 2010. Poblacion y vivienda una hostoria para ver y sentir*. Ecuador .
- Iñigo Urkullu. (2012). *Plan de Suelos Contaminados del Pais de Vasco*. España.
- Intawongse, M., & Dean, J. R. (2006). Uptake of heavy metals by vegetable plants grown on contaminated soil and their bioavailability in the human gastrointestinal tract. *Food Additives and Contaminants*, *23*(1), 36–48. <https://doi.org/10.1080/02652030500387554>
- Ionomica, L. de. (2013). Metodo de ensayo para la determinación de elementos totales por ICP en muestras solidas y liquidas tras digestión ácida. Ecuador.
- Järup, L. (2012). Cadmium overload and toxicity. *Nephrology Dialysis Transplantation*, *17*(suppl_2), 35–39. https://doi.org/10.1093/ndt/17.suppl_2.35
- Levy BS, & Wegman DH. (1998). Occupational Health, Recognising and Preventing Work Related Diseases, *2nd Editio*, 502.
- Lind, D., Marchal, W., Mason, R., Hano Roa, M. del C., & Paniagua Bocanegra, F. (2004). *Estadística para Administración y Economía* (Septima Ed). México: Alfaomega,.
- López, A. (2005). Manual De Edafología, 143.
- López, S. C., & Perelman, P. E. (2006). CARACTERISTICAS DEL SUELO Y CONCENTRACION DE METALES A LO LARGO DE UN GRADIENTE DE URBANIZACION EN BUENOS AIRES, ARGENTINA.
- Madeddu, R. (2005). *ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL CADMIO SOBRE EL MEDIOAMBIENTE Y EL ORGANISMO HUMANO: PERSPECTIVAS EXPERIMENTALES, EPIDEMIOLOGICAS Y MORFOFUNCIONALES EN EL HOMBRE Y EN LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN*. Universidad de Granada, España.

- Madueño, F. (2017). Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. *Universidad Nacional Mayor De San Marcos Facultad De Farmacia Y Bioquímica E.a.P. De Toxicología*, 94.
- Marbán, L., Camelo, L. G. D. L., & Agostini, S. R. A. (1999). Contaminación con metales pesados en un suelo de la cuenca del río Reconquista. *Materiales y Métodos Resultados y Discusión*, (Cd), 15–19.
- MARS. (2019). Method Note Compendium.
- Martínez, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, XIV(1), 97–111.
- Mason, R. (1990). *Tabla de Apendice*. México.
- Matesanz Parellada, Á. (2011). El suelo en la legislación urbanística española. *Boletín CF+ S*, 7–61.
- Morán, I., Martínez, J., Marruecos, L., & Nogué, S. (2011). *TOXICOLOGÍA CLÍNICA*. (D. J. y T. de A. S.A., Ed.), *Toxicología Clínica*. Madrid-España.
- Morton-bermea, O. (2006). Contenido de metales pesados en suelos superficiales de la Ciudad de Mexico, 6–8.
- Moscoso, E. (2017). Estudio del Uso de Suelo en el Periurbano de la Ciudad de Cuenca, desde la Estructura Urbana, Zona de Expansión del Sector Machángara hacia la Parroquia Ricaurte, 1, 1–224.
- Nweke, I. A., Mbah, C. N., & Ijearu, S. I. (2017). Influence of Tillage and Wood Ash on Zn and Fe Content of Soil, Castor Shoot and Seed, 4, 1–20. <https://doi.org/10.4236/oalib.1103306>
- Ojeda Zújar, J., & Lama, A. V. (2007). Evolución del suelo urbano/alterado en el Litoral de Andalucía. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 7, 73–99.
- Olivares, S. (2013). Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(4), 285–293.
- OMS. (2017). *Herramienta de Evaluación de Riesgos para la Salud Humana de la OMS: Peligros Químicos*.
- Ortiz Sánchez, J. (2017). Suelos Ricos En Cadmio. Retrieved from <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/JAVIER ORTIZ SANCHEZ.pdf>
- Oviedo-Anchundia, R., Moína-Quimí, E., Naranjo-Morán, J., & Barcos-Arias, M. (2010). Contaminación por metales pesados en el Sur del Ecuador asociada a la actividad Minera, 2(4), 1–5. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.5>
- Pamela, K., Ledezma, R., Pedro, C., & Revilla, E. (2014). Heavy Metal Contamination. *Heavy Metal Contamination of Water and Soil*, 51–51. <https://doi.org/10.1201/b16566-4>

- Peña, V. (2014). *Evaluación de la concentración de plomo y cadmio en suelo superficial de parques y plazas públicas, en tres municipios del Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México*. Universidad Autónoma de Nueva León .
- Pérez, P., & Azcona, M. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Rev Esp Méd Quir*, 17(3), 199–205.
- Pomponi, M., Censi, V., Di Girolamo, V. Di, De Paolis, A., Di Toppi, L. S., Aromolo, R., ... Cardarelli, M. (2006). Overexpression of Arabidopsis phytochelatin synthase in tobacco plants enhances Cd²⁺ tolerance and accumulation but not translocation to the shoot. *Planta*, 223(2), 180–190. <https://doi.org/10.1007/s00425-005-0073-3>
- Portoviejo, S. (2017). *GOBIERNO LOCAL Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN EL CANTÓN CUENCA EN LA ÚLTIMA DÉCADA ¿INTERÉS SOCIAL O ESTRATEGIA DE LEGITIMIDAD?* Universidad de Cuenca.
- Poschenrieder, C., & Barceló, J. (2015). Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. *Suelo y Plantas*, 2(January 1992), 345–361.
- Prieto, J., González, C., Román, A., & Prieto, F. (2009). CONTAMINACIÓN Y FITOTOXICIDAD EN PLANTAS POR METALES PESADOS PROVENIENTES DE SUELOS Y AGUA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29–44.
- Ramírez, A. (2015). *Anales de la Facultad de Medicina. Anales de la Facultad de Medicina, Universidad de la República, Uruguay* (Vol. 2). España: Facultad de Medicina San Fernando de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Ramírez, A. (2013). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de La Facultad de Medicina*, 63(1), 51. <https://doi.org/10.15381/anales.v63i1.1477>
- Razmilic, B. (2015). Control de Calidad de insumos y dietas acuicolas.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. *The Indian Journal of Pediatrics*, 16 N°2(1), 14. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados Occupational poisoning due to heavy metals. *MEDISAN*, 21(12), 3372.
- Rodríguez Serrano, M., Martínez-de la Casa, N., Romero Puertas, M. C., del Rio, L. a., Sandalio, L. M., & Pisco-Ramírez, R. (2008). Toxicidad del Cadmio en Plantas. *Ecosistemas*, 59(2), 3543–3556. <https://doi.org/10.7818/re.2014.17-3.00>
- Rojas, A., & Ibarra, J. (2012). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Poblacion y Desarrollo*, 4–9.
- Sánchez, M., Enrique, L., Arangoa, B., Daniel, P., Enrique, L., Sánchez, M., ... Arangoa, B. (2012). Alternativas de construcción utilizando materiales de bajo costo para la evaluación térmica de cocinas solares tipo caja Construction alternatives using low-cost materials for the thermal test of box-type solar cookers. *Semestre Económico*, 12(23), 13–34. Retrieved

from <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2>

- Sandalio, L., Dalurzo, H., Romero, M., & Rio, L. (2001). Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany*, 52(364), 2115–2126. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57141-6_16
- Sarango, J., Sánchez, S., & Landivar, J. (2016). Educación Ambiental. *Universidad y Sociedad*, 8(3), 184–187.
- Schuhmacher, M., Domingo, J. L., & Corbella, J. (1994). Zinc and copper levels in serum and urine: relationship to biological, habitual and environmental factors. *Science of the Total Environment, The*, 148(1), 67–72. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90376-X](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90376-X)
- Schwartz, G. G., Il'Yasova, D., & Ivanova, A. (2003). Urinary cadmium, impaired fasting glucose, and diabetes in the NHANES III. *Diabetes Care*, 26(2), 468–470. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.2.468>
- Sigel, A., Sigel, H., & Sigel, R. K. (Eds.). (2013). *Cadmium: From Toxicity to Essentiality* (Vol. 11). Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5179-8>
- SIGTIERRAS. (2017). *MAPA DE ÓRDENES DE SUELOS DEL ECUADOR*. Cuenca.
- Singh, P. K., & Tewari, R. K. (2003a). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of Brassica juncea L. plants. *Journal of Environmental Biology*, 24(1), 107–112.
- Singh, P. K., & Tewari, R. K. (2003b). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of Brassicajuncea L. plants. *Journal of Environmental Biology*, 24(1), 107–112.
- Tello, M. (2015). *Evaluación del Riesgo toxicologico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de cuenca*. Cuenca-Ecuador.
- US EPA, O. (2018). Metals. Retrieved April 22, 2019, from <https://www.epa.gov/caddis-vol2/metals>
- Valencia, R., Ortiz, E., & Gomez, J. L. (2014). La Contminacion de los rios, otro punto de vista. *Revista de Ciencia y Tecnología de La UACJ, No. 4*(June), 16.
- Vasques, E. (2017). Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones – Agua.org.mx.
- Vásquez, I. (2005). *Tipos de Estudio y Métodos de Investigación*. Perú.
- Villalta, F. (2014). Educación Ambiental en las distintas etapas del sistema educativo, 2–41.
- Weiland, C. ., & Perez, E. (2007). Efecto de la textura del suelo en la concentracion de metales pesados en lixiviados de suelos enmendados con lodos de refinaria. *La Contaminacion Del Suelo*.
- Zafra Mejía, C. A., Peña Valbuena, N. Á., & Álvarez Prieto, S. (2015). Contaminación por metales pesados en los sedimentos acumulados sobre el corredor vial Bogotá - Soacha. *Revista Tecnura*, 17(37), 99. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.3.a09>
- Zorrilla, D., Estacio, J., Técnico, C., Proyecto, D., Arrazola, I., Carrera, F., ... Llerena, F. (2015).

DIPECHO VII “IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES A NIVEL CANTONAL” - CUENCA. Cuenca .

5. ANEXOS

ANEXO 1. Encuesta

ZONA:

SECTOR:

Nombre:

SEXO:

FEMENINO:

MASCULINO:

EDAD: años

PESO CORPORAL:

1. ¿Cuánto tiempo usted lleva viviendo en el sector?

1 – 5

5 – 10

10 – 20

Más de 20

2. ¿Cerca de su domicilio existe contaminación?

SI

NO

En caso de ser sí. ¿Qué tipo de contaminación?

3. ¿Cuál de las siguientes enfermedades ha sufrido con mayor frecuencia durante el tiempo que lleva viviendo en la zona?

Enfermedades	Marque con una X
Respiratorias	
Digestivas	
Auditivas	
Dermatológicas	
Otras	
Ninguna	

4. ¿En la zona que usted habita cree que existe alguno de los siguientes contaminantes?

Contaminante	Marque con una X
Metales pesados	
Insecticidas	
Gases tóxicos	
Derivados del petróleo	
Otros	

Ninguno

5. ¿Usted cree que existe preocupación por parte de las autoridades pertinentes sobre el riesgo de contaminación ambiental y los efectos adversos para la salud de las personas?

SI

NO

6. ¿Qué tipo de alimentos frecuentemente consume?

VEGETALES

PESCADO

HORTALIZAS

7. ¿Usted lleva una vida sedentaria o activa?

Sedentaria

Activa

8. ¿Cuántas horas al día usted pasa al aire libre?

2 HORAS

3 HORAS

4 HORAS

Más de 4 horas

9. ¿Usted tiene mascotas?

SI

NO

10. ¿De cuántos miembros está conformado su entorno familiar?

.....
.....

ANEXO 2. Resultados de la concentración de Cadmio

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	LABORATORIO CIENCIAS DE LA VIDA	P55
	ICP Spectrometer	
LABORATORIO	Absorción Atómica	
CARRERA	Ingeniería Ambiental	
REPORTE	Análisis de Cd (226.502) 449	
TIPO DE MUESTRA	Vegetación y Suelo	

ESTANDAR	Concentración	Unidad	Absorbancia
BLK	0	ppm	0,0000
STD 1	0,004	ppm	167,7029
STD 2	0,017	ppm	553,2959
STD 3	0,033	ppm	955,1913
STD 4	0,1237	ppm	3453,0274
STD 5	0,221	ppm	4484,4105
R ²	0,9573		

VEGETACIÓN		
Muestra	Concentración	Unidad
M1	0,0010	ppm
M2	0,0009	ppm
M3	0,0045	ppm
M4	0,0007	ppm
M5	0,0010	ppm
M6	0,0044	ppm
M7	0,0008	ppm
M8	0,0015	ppm
M9	0,0014	ppm
M10	0,0008	ppm
M11	0,0011	ppm
M12	0,0094	ppm
M13	0,0013	ppm
M14	0,0019	ppm
M15	0,0007	ppm
M16	0,0019	ppm
M17	0,0009	ppm
M18	0,0010	ppm
M19	0,0013	ppm

M20	0,0034	ppm
M21	0,0046	ppm
M22	0,0014	ppm
M23	0,0015	ppm
M24	0,0009	ppm
M25	0,0013	ppm
M26	0,0011	ppm
M27	0,0017	ppm
M28	0,0011	ppm
M29	0,0005	ppm
M30	0,0006	ppm
M31	0,0014	ppm
M32	0,0006	ppm
M33	0,0003	ppm
M34	0,0076	ppm
M35	0,0007	ppm
M36	0,0011	ppm
M37	0,0093	ppm
M38	0,0026	ppm
M39	0,0009	ppm
M40	0,0010	ppm
M41	0,0008	ppm
M42	0,0011	ppm
M43	0,0015	ppm
M44	0,0007	ppm
M45	0,0040	ppm

SUELO		
Muestra	Concentración	Unidad
M46	0,0230	ppm
M47	0,0074	ppm
M48	0,0137	ppm
M49	0,0219	ppm
M50	0,0039	ppm
M51	0,0396	ppm
M52	0,0073	ppm
M53	0,0162	ppm
M54	0,0029	ppm
M55	0,0162	ppm
M56	0,0052	ppm
M57	0,0156	ppm

M58	0,0165	ppm
M59	0,0524	ppm
M60	0,0239	ppm
M61R	0,0351	ppm
M62R	0,0158	ppm
M63R	0,0363	ppm
M64R	0,0371	ppm
M65R	0,0403	ppm
M66R	0,0424	ppm
M67R	0,0440	ppm
M68R	0,0345	ppm
M69R	0,0390	ppm
M70R	0,0349	ppm
M71R	0,0457	ppm
M72R	0,0366	ppm
M73R	0,0382	ppm
M74R	0,0389	ppm
M75R	0,0396	ppm
M76R	0,0433	ppm
M77R	0,0236	ppm
M78R	0,0234	ppm
M79R	0,0390	ppm
M80R	0,0329	ppm
M81R	0,0322	ppm
M82R	0,0397	ppm
M83R	0,0348	ppm
M84R	0,0390	ppm
M85R	0,0216	ppm
M86R	0,0236	ppm
M87R	0,0213	ppm
M88R	0,0281	ppm
M89	0,0358	ppm
M90	0,0924	ppm



Ing. Sandy Gavilanes



Dr. Pablo Arévalo

ANEXO 3. Toma de Muestras y análisis de laboratorio

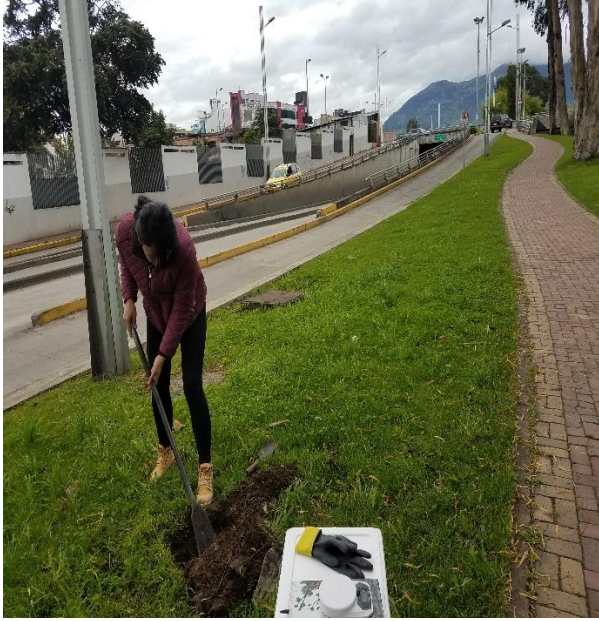
TOMA DE MUESTRAS









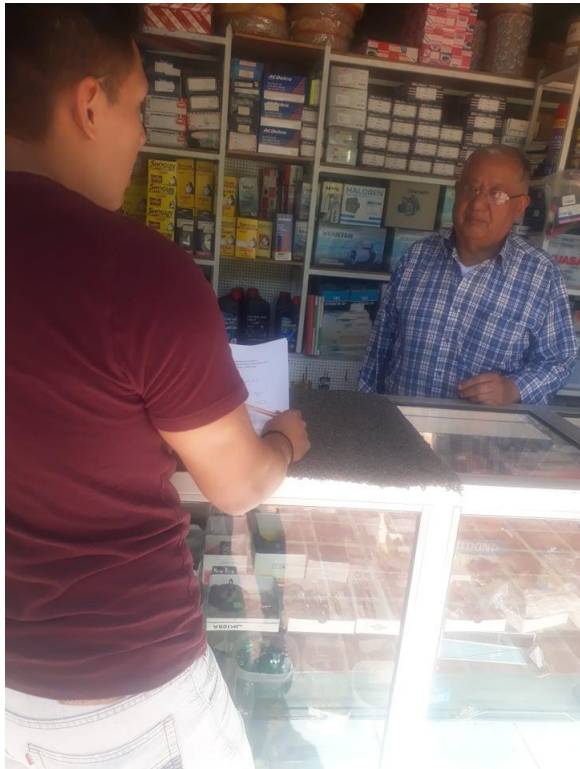








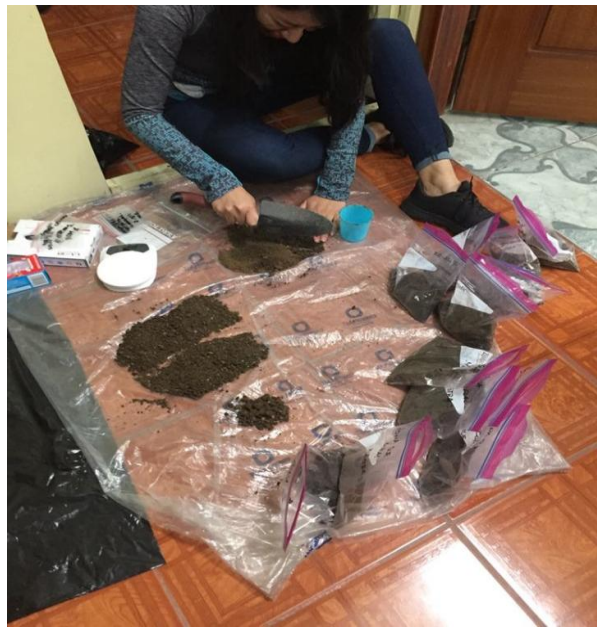
ENCUESTAS





CUARTEAMIENTO





LABORATORIO

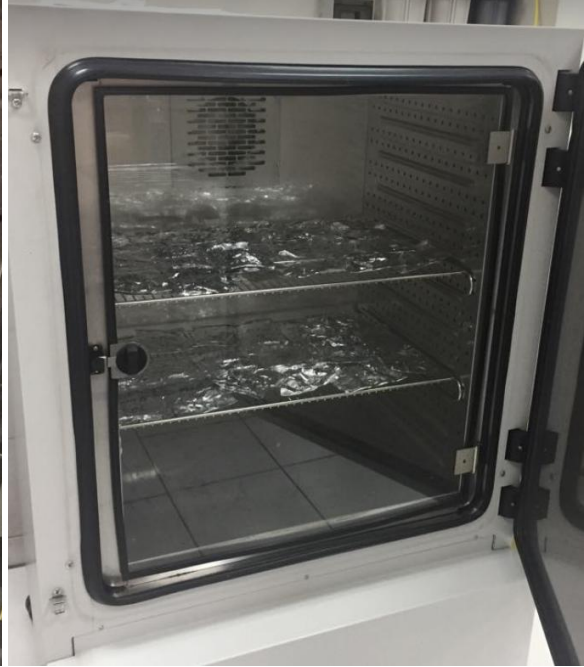
Tamizado



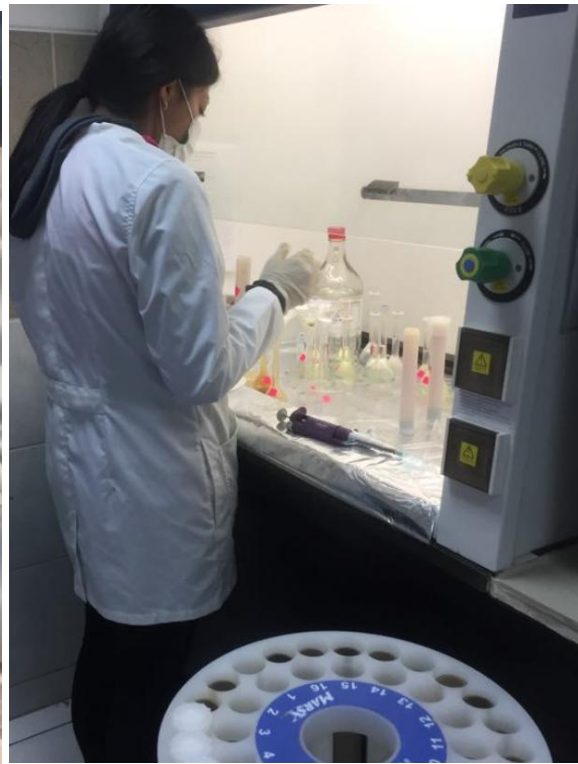
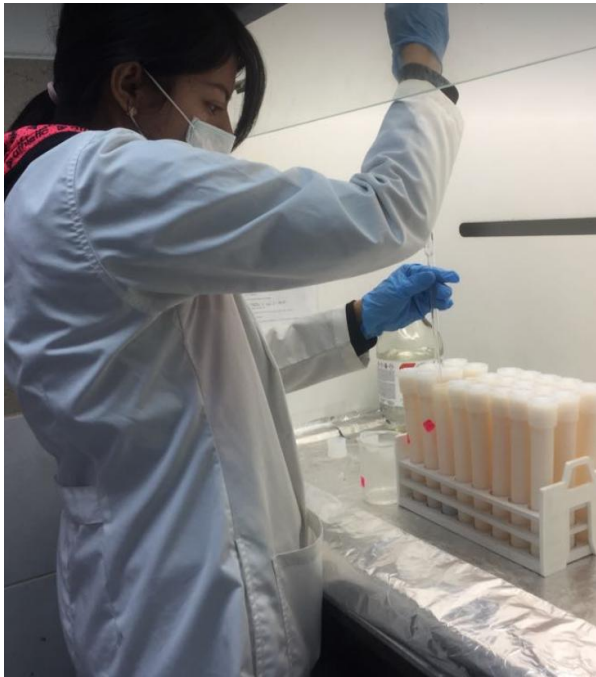


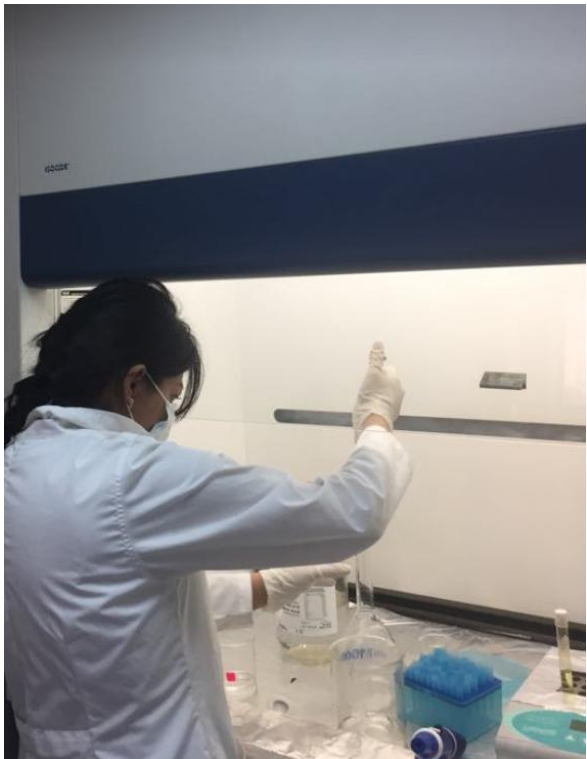
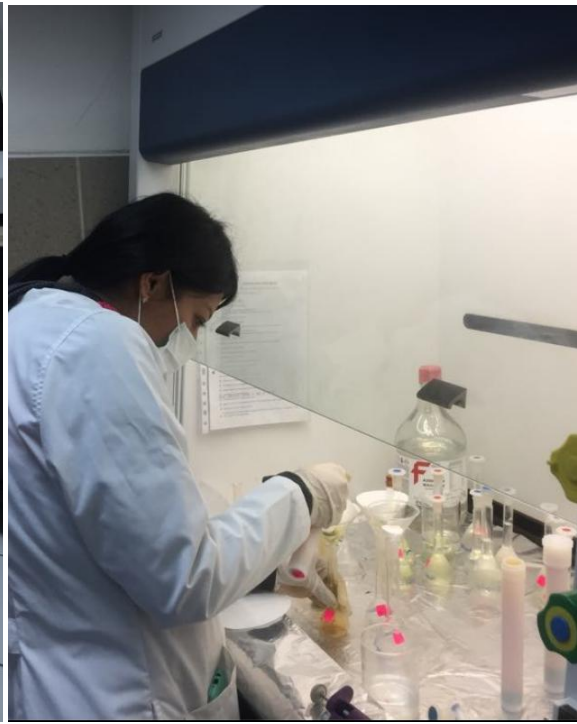
Secado de las muestras





Digestión Ácida







Analisis de muestras en equipo IPC



