

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y  
AGROINDUSTRIA**

**GESTIÓN DE RIESGOS BIOLÓGICOS PRESENTES EN LAS  
ACTIVIDADES OPERATIVAS DE LA UNIDAD DE  
SANEAMIENTO CENTRO, EN LA EMPRESA PÚBLICA  
METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MASTER (MSc.)  
SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL**

**ING. JOSÉ SANTIAGO FREIRE LÓPEZ**  
santiago.freire@aguaquito.gob.ec

**DIRECTOR: ING. KEVIN ERNESTO PALACIOS ANDRADE MSc.**  
kpalacios@ipc.org

**CO-DIRECTOR: ING. MARÍA CATALINA VASCO CARRILLO, PhD**  
Catalina.vasco@epn.edu.ec

**QUITO, Septiembre 2014**



©Escuela Politécnica Nacional (2014)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo José Santiago Freire López, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Ing. José Santiago Freire López

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Ing. José Santiago Freire López, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Kevin Palacios MSc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**Ing. Catalina Vasco, PhD**  
**CO-DIRECTORA DEL PROYECTO**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xix</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xx</b>
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del proceso de alcantarillado	1
1.2. Procedimientos de evaluación de riesgos biológicos	11
1.2.1. Clase de contacto (determinación del puesto a evaluar)	12
1.2.2. Análisis del agente biológico	13
1.2.2.1. Identificación del agente biológico	13
1.2.2.2. Clasificación del daño a la salud	14
1.2.2.3. Vías de Transmisión	16
1.2.2.4. Límites de exposición sugeridos	17
1.2.2.5. Tasa de incidencia	18
1.2.3. Reducción de riesgos	19
1.2.3.1. Vacunación del personal expuesto	20
1.2.3.2. Frecuencia de actividades de riesgo	20
1.2.3.3. Adopción de medidas higiénicas	21
1.2.3.4. Sustitución de agentes biológicos	22
1.2.3.5. Vigilancia de la salud de los trabajadores	23
1.3. Efectos de los agentes biológicos de alcantarillado sobre la salud humana	23
1.3.1. Proceso infeccioso	24
1.3.2. Patogenicidad	24
1.3.3. Enfermedades transmitidas por el aire	25
1.3.4. Enfermedades por contacto directo	26
1.3.5. Enfermedades transmitidas por el agua	26
1.4. Métodos de medición y monitorización de riesgo biológicos	27
1.4.1. Sensibilidad y especificidad de las pruebas	27
1.4.2. Observación directa del organismo	28
1.4.3. Cultivo de microorganismos	29
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>30</b>
2.1. Determinación de actividades	30
2.2. Análisis de puestos	33
2.2.1. Identificación de peligros	34
2.2.2. Evaluación cualitativa de riesgos	34
2.3. Monitorización	36
2.3.1. Análisis de ambientes	37
2.3.2. Análisis de manos del personal	38

2.4.	Evaluación de riesgos biológicos	40
2.4.1.	Determinación de los puestos a evaluar	41
2.4.2.	Identificación del agente biológico implicado	41
2.4.3.	Características del agente biológico	43
2.4.4.	Tasa de incidencia del año anterior	45
2.4.5.	Vacunación	46
2.4.6.	Frecuencia de exposición	47
2.4.7.	Cuantificación de medidas de control adoptadas	48
2.4.8.	Cálculo del nivel de riesgo biológico	49
2.5.	Implementación de controles	50
2.6.	Evaluación posterior a la implementación	50
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>51</b>
3.1.	Determinación de actividades	51
3.2.	Análisis de puestos	52
3.2.1.	Identificación de peligros	52
3.2.2.	Evaluación cualitativa de riesgos	53
3.3.	Monitorización	55
3.3.1.	Análisis de ambientes	55
3.3.2.	Análisis de manos del personal	63
3.4.	Evaluación de riesgos biológicos	65
3.5.	Implementación de controles	74
3.5.1.	Matriz de equipo de protección personal	74
3.5.2.	Mecanismos para la adopción de buenas prácticas	76
3.5.3.	Capacitación	76
3.5.4.	Señalética	77
3.5.5.	Limpieza de prendas por parte del empleador	79
3.5.6.	Programa de vacunación	80
3.6.	Evaluación posterior a la implementación	80
3.6.1.	Programa de vigilancia de la salud	80
3.6.2.	Evaluación de riesgo biológico posterior a la implementación de controles	80
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>84</b>
4.1.	Conclusiones	84
4.2.	Recomendaciones	85
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.1.</b>	Principales actividades de mantenimiento para sistemas de alcantarillado	3
<b>Tabla 1.2.</b>	Clasificación del daño provocado por agentes biológicos	15
<b>Tabla 1.3.</b>	Concentraciones recomendadas de hongos y bacterias en varios países	18
<b>Tabla 1.4.</b>	Ponderación de enfermedades en relación al número de casos reportados	19
<b>Tabla 1.5.</b>	Ponderación del tiempo de exposición a agentes biológicos con respecto a la jornada laboral	21
<b>Tabla 1.6.</b>	Sensibilidad de los ensayos de inmuno diagnósticos	28
<b>Tabla 2.1.</b>	Codificación de los tipos de servicio en alcantarillado que ejecuta la EPMAPS	31
<b>Tabla 2.2.</b>	Detalle de los puestos de trabajo operativos de la Unidad de Operaciones Centro Saneamiento	33
<b>Tabla 2.3.</b>	Valoración de riesgos considerando la probabilidad y consecuencia	35
<b>Tabla 2.4.</b>	Detalle de mediciones bacteriológicas	36
<b>Tabla 2.5.</b>	Agentes biológicos y enfermedades relacionadas a trabajos en instalaciones depuradoras de agua	42
<b>Tabla 2.6.</b>	Valoración del daño producto de afecciones por agentes biológicos	45
<b>Tabla 2.7.</b>	Vías de transmisión empleadas por el microorganismo para la infección	45
<b>Tabla 2.8.</b>	Cálculo de la puntuación en base al índice de incidencia	46
<b>Tabla 2.9.</b>	Valoración del programa de vacunación	47



	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 2.10.</b> Ponderación de la frecuencia de realización de tareas de riesgo	47
<b>Tabla 2.11.</b> Ponderación de la implementación de controles	48
<b>Tabla 3.1.</b> Rangos de mesófilos aerobios por tipo de sector	55
<b>Tabla 3.2.</b> Rangos generados del recuento de coliformes por tipo de sector	57
<b>Tabla 3.3.</b> Rangos generados del recuento de hongos por tipo de sector	58
<b>Tabla 3.4.</b> Presencia / ausencia de <i>Staphilococcus Aureus</i> por tipo de sector	60
<b>Tabla 3.5.</b> Presencia / ausencia de <i>Escherichia Coli</i> por tipo de sector	60
<b>Tabla 3.6.</b> Presencia / ausencia de <i>Clostridium</i> por tipo de sector	60
<b>Tabla 3.7.</b> Presencia / ausencia de <i>Salmonella spp</i> por tipo de sector	61
<b>Tabla 3.8.</b> Presencia / ausencia de <i>Enterococcus</i> por tipo de sector	61
<b>Tabla 3.9.</b> Presencia / ausencia de <i>Pseudomonas</i> por tipo de sector	61
<b>Tabla 3.10.</b> Niveles de riesgo biológico evaluado en el puesto a albañil	68
<b>Tabla 3.11.</b> Niveles de riesgo biológico evaluados en los puestos de trabajo de: inspector, jefe de unidad y técnico	69
<b>Tabla 3.12.</b> Niveles de riesgo biológico evaluados en los puestos de trabajo de: Operador de eductor y peón	71
<b>Tabla 3.13.</b> Niveles de riesgo biológico evaluados en el puesto de trabajo de Sifonero	72

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 3.14.</b> Matriz de Equipos de Protección Individual para los puestos de Trabajo de la Unidad de Operaciones Centro de la EPMAPS	75
<b>Tabla AI.1.</b> Matriz de Identificación de Peligros puesto de Albañil	90
<b>Tabla AI.2.</b> Matriz de Identificación de Peligros puesto de Chofer de camión	91
<b>Tabla AI.3.</b> Matriz de Identificación de Riesgos puesto de Inspector	92
<b>Tabla AI.4.</b> Matriz de Identificación de Riesgos puesto de operador de hidrosuccionador	93
<b>Tabla AI.5.</b> Matriz de Identificación de Riesgos puesto de operador de pesado	94
<b>Tabla AI.6.</b> Matriz de Identificación de Riesgos puesto de peón	95
<b>Tabla AI.7.</b> Matriz de Identificación de Riesgos puesto de sifonero	96
<b>Tabla AI.8.</b> Matriz de Identificación de Riesgos puesto de técnico	97
<b>Tabla AI.9.</b> Matriz de Identificación de Riesgos puesto de jefe de unidad	98
<b>Tabla AII.1.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de trabajo de albañil	99
<b>Tabla AII.1.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de trabajo de albañil	100
<b>Tabla AII.1.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de trabajo de albañil	101
<b>Tabla AII.1.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de trabajo de albañil	102
<b>Tabla AII.1.5.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de trabajo de albañil	103

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla AII.2.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de chofer de camión	104
<b>Tabla AII.2.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de chofer de camión	105
<b>Tabla AII.2.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de chofer de camión	106
<b>Tabla AII.2.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de chofer de camión	107
<b>Tabla AII.2.5.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de chofer de camión	108
<b>Tabla AII.3.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de inspector	109
<b>Tabla AII.3.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de inspector	110
<b>Tabla AII.3.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de inspector	111
<b>Tabla AII.4.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de operador de hidrosuccionador	112
<b>Tabla AII.4.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de operador de hidrosuccionador	113
<b>Tabla AII.4.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de operador de hidrosuccionador	114
<b>Tabla AII.4.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de operador de hidrosuccionador	115
<b>Tabla AII.4.5.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de operador de hidrosuccionador	116

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla AII.5.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de operador de equipo pesado	117
<b>Tabla AII.5.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de operador de equipo pesado	118
<b>Tabla AII.5.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de operador de equipo pesado	119
<b>Tabla AII.6.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de peón	120
<b>Tabla AII.6.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de peón	121
<b>Tabla AII.6.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de peón	122
<b>Tabla AII.6.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de peón	123
<b>Tabla AII.6.5.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de peón	124
<b>Tabla AII.6.6.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de peón	125
<b>Tabla AII.7.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de sifonero	126
<b>Tabla AII.7.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de sifonero	127
<b>Tabla AII.7.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de sifonero	128
<b>Tabla AII.7.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de sifonero	129

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla AII.7.5.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de sifonero	130
<b>Tabla AII.7.6.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de sifonero	131
<b>Tabla AII.8.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de técnico	132
<b>Tabla AII.8.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de técnico	133
<b>Tabla AII.8.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de técnico	134
<b>Tabla AII.9.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de Jefe de Unidad	135
<b>Tabla AII.9.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos por actividad de acuerdo al puesto de Jefe de Unidad	136
<b>Tabla AIII.1.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa Inicial a través del Método Biogaval, del puesto de albañil	137
<b>Tabla AIII.1.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa Inicial a través del Método Biogaval, de los puestos de inspector, jefe de unidad y técnico	138
<b>Tabla AIII.1.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa Inicial a través del Método Biogaval de los puestos de operador de hidrosuccionador y peón	139
<b>Tabla AIII.1.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa Inicial a través del Método Biogaval, de los puestos de operador de sifonero	140
<b>Tabla AIII.2.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa a mediano plazo a través del Método Biogaval, del puesto de albañil	141
<b>Tabla AIII.2.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa a mediano plazo a través del Método Biogaval, del puesto de inspector, jefe de unidades y técnico	142
<b>Tabla AIII.2.3.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa a mediano plazo a través del Método Biogaval, del puesto de operador de hidrosuccionador y peón	143

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla AIII.2.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa a mediano plazo a través del Método Biogaval, del puesto de operador de sifonero	144
<b>Tabla AIII.3.1.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa a través del Método Biogaval, del puesto de albañil	145
<b>Tabla AIII.3.2.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa a través del Método Biogaval, del puesto de inspector, jefe de unidad y técnico	146
<b>Tabla AIII.3.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa a través del Método Biogaval del puesto de operador de hidrosuccionador y peón	147
<b>Tabla AIII.3.4.</b> Matriz de Evaluación Cualitativa a través del Método Biogaval del puesto de operador de sifonero	148
<b>Tabla AVI.1.</b> Programa de exámenes ocupacionales y vacunas	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
<b>Figura 1.1.</b>	Diagrama de flujo que muestra las etapas que cumple el agua dulce en la sociedad hasta regresar al medio ambiente	1
<b>Figura 1.2.</b>	Diagrama que muestra la infraestructura del proceso de alcantarillado requerida en cada etapa del proceso de saneamiento	2
<b>Figura 1.3.</b>	Fotografía que muestra a trabajadores de la EPMAPS realizando una desobstrucción y limpieza de sumideros con agua presurizada	4
<b>Figura 1.4.</b>	Fotografía que muestra a trabajadores de la EPMAPS realizando una reposición de tapa de alcantarillado	5
<b>Figura 1.5.</b>	Esquema que muestra el método de introducción de sondas en el sistema de alcantarilla para la extracción de cuerpos extraños	6
<b>Figura 1.6.</b>	Fotografía que muestra la extracción manual de raíces con el uso de tecele	7
<b>Figura 1.7.</b>	Fotografía que muestra el ensamble de una herramienta rotativa y una varilla utilizada para desobstrucción de cañerías	8
<b>Figura 1.8.</b>	Fotografía que muestra una desobstrucción de alcantarilla con el uso de herramientas rotativas	8
<b>Figura 1.9.</b>	Fotografía que muestra una desobstrucción de conexión domiciliaria con el uso de equipo de hidrosucción	9
<b>Figura 1.10.</b>	Fotografía que muestra la remoción de partículas residuales con el uso de agua a presión	10
<b>Figura 1.11.</b>	Fotografía que muestra la rotura de concreto para reparación de una tubería colapsada	11
<b>Figura 2.1.</b>	Esquema General del Proceso de Alcantarillado	30
<b>Figura 2.2.</b>	Fotografía que muestra la obtención de muestras de ambiente de alcantarillado para su posterior cultivo (Cajas de agar)	38

**PÁGINA**

<b>Figura 2.3.</b>	Fotografía que muestra la obtención de muestras de las manos del personal con el empleo del método de hisopado	39
<b>Figura 3.1.</b>	Porcentaje de actividades rutinarias y no rutinarias que se ejecutan en los puestos de trabajo de la Unidad de Operaciones Centro	52
<b>Figura 3.2.</b>	Porcentaje del tipo de exposición que involucra la ejecución de actividades en la Unidad de Operaciones Centro	53
<b>Figura 3.3.</b>	Nivel de riesgo al ejecutar actividades de los puestos de trabajo operativos en la Unidad de Operaciones Centro	54
<b>Figura 3.4.</b>	Recuento de mesófilos aerobios por sector en unidades (ufc)	56
<b>Figura 3.5.</b>	Recuento de coliformes por sector en unidades (ufc)	57
<b>Figura 3.6.</b>	Recuento de hongos por sector en unidades (ufc)	59
<b>Figura 3.7.</b>	Análisis porcentual de hisopado de manos de personal previo al ingreso en alcantarillado	63
<b>Figura 3.8.</b>	Análisis porcentual de hisopado de epi contaminado por contacto con superficies de alcantarillado	64
<b>Figura 3.9.</b>	Análisis porcentual de hisopado de manos posterior al ingreso en alcantarillado	64
<b>Figura 3.10.</b>	Análisis porcentual de enfermedades evaluadas en virtud de su potencial de daño	65
<b>Figura 3.11.</b>	Análisis porcentual del tipo de contacto empleado por los agentes biológicos para infectar al ser humano.	66
<b>Figura 3.12.</b>	Análisis porcentual de enfermedades con respecto al número de casos reportados por cada 100.000 habitantes	67
<b>Figura 3.13.</b>	Fotografía que muestra a un trabajador de la Unidad de Saneamiento Centro utilizando equipos de protección	75
<b>Figura 3.14.</b>	Pictograma que muestra la señal para advertir la presencia de riesgo biológico	78



	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 3.15.</b> Fotografía que muestra la implementación de señalética de advertencia colocada en el lado lateral del camión educador	78
<b>Figura 3.16.</b> Fotografía que muestra la implementación de señalética de advertencia colocada en la parte posterior del camión educador	79
<b>Figura 3.17.</b> Número de microorganismos por nivel de acción biológica en puestos de la Unidad de Operaciones Centro (evaluación inicial)	81
<b>Figura 3.18.</b> Número de microorganismos por nivel de acción biológica en puestos de la Unidad de Operaciones Centro (evaluación posterior a la implementación de controles)	82
<b>Figura 3.19.</b> Número de microorganismos por nivel de acción biológica en puestos de la Unidad de Operaciones Centro (implementación de controles a mediano plazo)	83

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b> Matriz de Identificación de peligros	90
<b>ANEXO II</b> Matriz de Evaluación cualitativa de riesgos	99
<b>ANEXO III</b> Matriz de Evaluación de cualitativa riesgos biológicos método biogaval	137
<b>ANEXO IV</b> Medición microbiológica de ambientes e hisopado de mano	149
<b>ANEXO V</b> Registro de asistencia de capacitación	153
<b>ANEXO VI</b> Programa de Exámenes ocupacionales y vacunas	154

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad el análisis de la exposición a microorganismos patógenos, que enfrenta el personal que labora en el área de alcantarillado de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, durante el mantenimiento y reparación de la infraestructura que capta, conduce y deposita hasta su destino final las descargas residuales de uso industrial y doméstico que son producidas en la ciudad de Quito. El análisis de riesgo biológico se alineó a los preceptos para la gestión de riesgos laborales, expresos en la Resolución del Consejo Directivo del IESSCD 333, “Reglamento para el sistema de auditoría de riesgo del trabajo”, (SART), donde se considera un ciclo de ejecución conformado por la identificación, medición, evaluación, control y vigilancia.

El estudio del riesgo biológico, partió del conocimiento de las actividades y los roles que se desempeñan en cada puesto de trabajo durante la ejecución del proceso de saneamiento, estableciendo el tiempo y periodicidad de la exposición efectiva al riesgo; por otra parte, se revisaron estadísticas de morbilidad y textos microbiológicos, con la finalidad de comprender de qué manera se desarrollan los procesos infecciosos en el cuerpo humano. Este compendio de información permitió determinar el nivel de exposición a través de la aplicación del método BIOGAVAL, que cuenta con el aval del Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010).

Como resultado de éste análisis fue posible determinar el nivel de riesgo biológico intrínseco a los puestos ocupacionales objeto de estudio, además se cuantificó el daño potencia la salud que puede provocar el contacto con agentes de origen biológico. Con toda la información recopilada se establecieron programas de: medicina ocupacional, para definir políticas de exámenes ocupacionales y planes de vacunación; controles operativos integrales en la fuente, el medio y el receptor; y finalmente el modelamiento de una cultura de prevención a través de la sensibilización del riesgo biológico.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de aguas residuales de uso doméstico e industriales un problema que afecta al ser humano, desde la formación de los primeros conglomerados y asentamientos humanos. Los vertidos que se generan suelen contener bacterias, virus, hongos y parásitos procedentes de reservorios humanos y animales (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 1996, pág. 1). La exposición a esta clase de materiales provoca la aparición de enfermedades como: diarreas, salmonelosis, cólera, tuberculosis, carbunco, tétanos, meningitis, hepatitis, toxoplasmosis, entre otros (Gabinete de Seguridad e Higiene del Trabajo de Valencia, 2004, p. 36).

En la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), los trabajadores que realizan el mantenimiento de los sistemas de alcantarillado, por la naturaleza de sus actividades se exponen constantemente a contaminantes presentes en los vertidos, que pueden ser de tipo químico y biológico (microorganismos). Un estudio preliminar realizado en el año 2008 en la empresa, por el laboratorio Diserlab, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en varios ambientes de alcantarillado, por medio de cultivos nasofaríngeos, improntas de manos del personal y análisis microbiológicos de ambientes, expresa como parte de sus resultados lo siguiente:

*“En cuanto al muestreo realizado al trabajador expuesto se evidencia una alta carga microbiana y la presencia de patógenos que no se deberían encontrar en un cultivo nasofaríngeo. Ejemplo: la presencia de Staphylococcus aureus, coagulasa positiva.”*

*“Con este análisis se demostró que los trabajadores expuestos en un mínimo de tiempo en el colector “Ponciano” manifestaron la presencia de Serratia marcescens en su flora nasofaríngea sólo al salir del colector, esto indica que ellos adquieren microorganismos del ambiente y que las barreras de seguridad utilizadas no son las adecuadas” (Diserlab, 2008).*

La gestión del riesgo biológico es una problemática estipulada en la legislación y normativa de las naciones, es así, que a nivel nacional el Decreto Ejecutivo 2393 “Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo” (Ministerio del Trabajo, 1986, p. 19). En su artículo 53, establece la obligatoriedad de los empleadores para prevenir los riesgos a la salud causados por contaminantes biológicos. De igual manera el “Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras públicas”, en su Artículo 3, expresa que los empleadores están obligados a identificar, medir y evaluar los riesgos, en forma inicial y periódicamente para planificar las acciones preventivas. Por otro lado, el “Reglamento para el Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo” emitido por el Instituto Ecuatoriana de Seguridad Social (IESS), en su artículo 9 exige que la identificación, medición, evaluación deben realizarse utilizando procedimientos reconocidos en el ámbito nacional o internacional. En el ámbito internacional, específicamente en España, el Real Decreto 664/1997, del 12 de mayo de 1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, fija las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los obreros, durante la exposición a agentes biológicos en el trabajo.

La gestión de riesgos biológicos en el presente estudio, considerando los preceptos emitidos en la legislación nacional, se llevó a cabo mediante la ejecución del ciclo constituido por: medición, evaluación, control y vigilancia de la salud, para lo cual se emplearon métodos específicos como: “La Evaluación de Riesgos Laborales” emitida por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo de España y el “Manual Práctico para la Evaluación del Riesgo Biológico en Actividades Laborales Diversas” (Biogaval), elaborado por el Gabinete de Seguridad e Higiene del Trabajo de la Generalitat Valenciana.

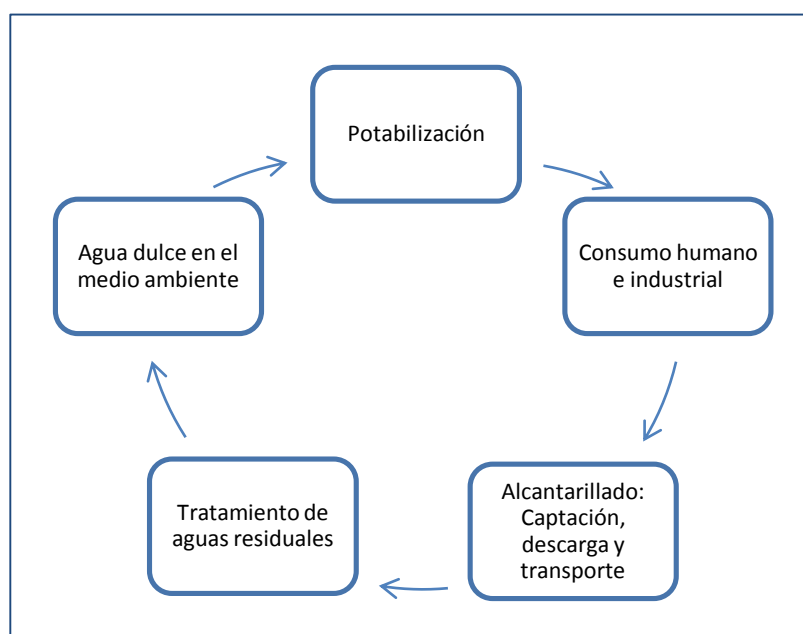
El estudio realizado permitió obtener información sobre los tipos de microorganismos presentes en ambientes de alcantarillado y las afecciones que producen en el ser humano, para de esta manera definir un conjunto de medidas de control que fueron

aplicadas tanto al trabajador como a la gestión general de riesgos ocupacionales que desempeña la empresa.

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ALCANTARILLADO

El proceso de alcantarillado forma parte del ciclo del agua en la sociedad humana, tiene como finalidad el manejo de las aguas residuales producidas por industrias y hogares hasta su descarga al medio ambiente. La cobertura que brindan los sistemas de alcantarillado así como el buen funcionamiento de éstos, afecta significativamente la calidad de vida de los habitantes urbanos, pues se atribuye al contacto con aguas servidas la aparición de numerosas enfermedades gastrointestinales y dérmicas, que a escala mundial tiene impacto en el nivel económico y social de las naciones. Es así, que cada año a nivel mundial fallecen 1,6 millones de niños por enfermedades relacionadas con el agua insalubre y el saneamiento, es decir, ocho veces la cantidad de víctimas que trajo el tsunami ocurrido en Asia en 2004 (Organización Mundial de Salud, 2007, p. 44). En la Figura 1.1 se ilustra el ciclo que atraviesa el agua dulce en la sociedad.



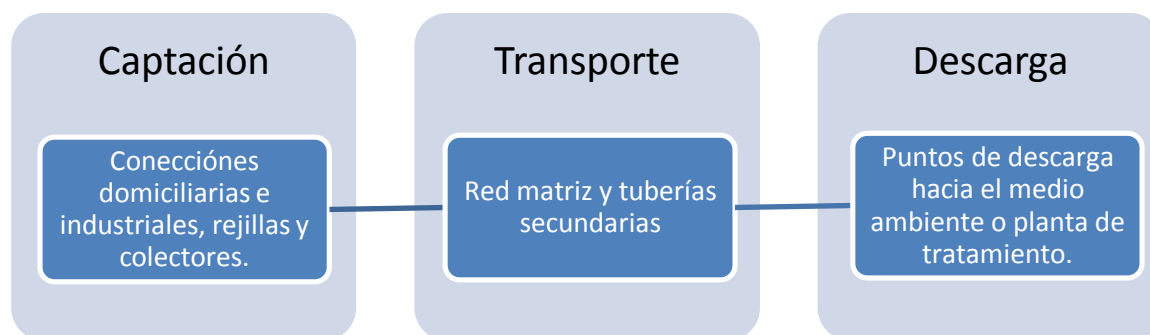
**Figura 1.1.** Diagrama de flujo que muestra las etapas que cumple el agua dulce en la sociedad hasta regresar al medio ambiente

El proceso de alcantarillado se compone de cuatro actividades principales que garantizan el funcionamiento del sistema: captación, transporte, descarga y mantenimiento.

En la captación se recogen las aguas originadas por industrias, hogares y fuentes pluviales, a través de colectores ubicados en las quebradas, rejillas existentes en la vía pública y conexiones domiciliarias constituidas por tuberías ubicadas en el interior de los predios particulares.

El transporte emplea un sistema hidráulico compuesto principalmente de tuberías de forma circular construidas de arcilla, plástico, material asfáltico o asbesto. El sistema posee una pendiente que permite la conducción de fluidos por gravedad (McGhee, 1999, p. 368).

La descarga de aguas residuales se realiza en las fuentes pluviales destinadas para el efecto (ríos, quebradas o al océano). En ciertos países y localidades es obligatorio realizar tratamientos secundarios, previo a su liberación al medio ambiente, por ejemplo en los Estados Unidos la norma de calidad del agua “EPA” exige que se reduzca el 85% de la carga residual previo a su descarga (McGhee, 1999, p. 267). En la Figura 1.2 se muestra las etapas del proceso de alcantarillado y la infraestructura empleada.



**Figura 1.2.** Diagrama que muestra la infraestructura del proceso de alcantarillado requerida en cada etapa del proceso de saneamiento



- **ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLADO**

El proceso para el mantenimiento de la infraestructura de alcantarillado, comprende varias actividades que buscan la operatividad del sistema, muchas veces afectado por: el desgaste natural de los elementos tales como tuberías, uniones, bifurcaciones, etc.; fallas de diseño como problemas de cálculo de la pendiente requerida o mala cuantificación de caudales; problemas durante la construcción como zanjado inestable, fallas del suelo, etc.; materiales destructivos vertidos por los usuarios en la zona de captación que provocan acumulación de materiales , entre otras causas.

Con la finalidad de mantener operativa la infraestructura de alcantarillado se desarrollan actividades rutinarias y no rutinarias, para realizar mantenimiento preventivo y correctivo según amerite el caso. En la Tabla 1.1 se muestran las principales actividades para el mantenimiento de alcantarillado.

**Tabla 1.1.** Principales actividades de mantenimiento para sistemas de alcantarillado

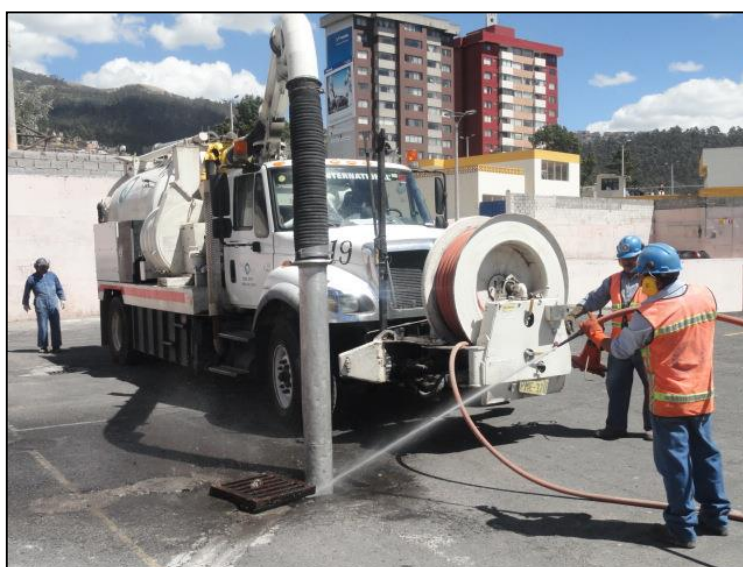
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>
1	Limpieza de sumideros y ductos	Preventivo
2	Inspecciones técnicas	Preventivo
3	Reposición de accesorios	Preventivo
4	Desobstrucciones	Correctivo
5	Reparación de redes y sumideros	Correctivo

### **Limpieza rutinaria de sumideros y conductos**

La limpieza rutinaria de sumideros y conductos es una acción de índole operativa aplicada en la área de captación, mediante la cual se retira material pétreo y residuos acumulados en las rejillas y conexiones domiciliarias, para evitar obstrucciones o

daños en el interior que puedan comprometer la operatividad de los sistemas de alcantarillado.

En esta actividad los operarios de saneamiento retiran las tapas o rejillas de protección, introducen el equipo de hidrocución que atrapa los escombros existentes y finalmente se bombea agua presurizada para impulsar corriente abajo las partículas residuales. En la Figura 1.3 se muestra una limpieza rutinaria de sumideros.



**Figura 1.3.** Fotografía que muestra a trabajadores de la EPMAPS realizando una desobstrucción y limpieza de sumideros con agua presurizada

### **Inspecciones Técnicas**

Las inspecciones técnicas son visitas técnicas a cargo de personal especializado en infraestructura e ingeniería civil, para verificar “*in situ*” condiciones específicas de los sistemas de alcantarillado. Dichas inspecciones servirán para monitorear el avance de los trabajos programados, la verificación de estado estructural y de los materiales que conforman el alcantarillado.

## Reposición de accesorios

Los sistemas de alcantarillado en el área de captación, poseen accesorios generalmente metálicos que impiden el ingreso de materiales no deseados en su interior, en estos se encuentran, sumideros, rejillas, tapas, etc. Debido a su exposición a la intemperie, vandalismo o al desgaste natural de los materiales, estos sufren daños que limitan su utilidad inicial, por lo que requieren revisión y reposición periódica de ser el caso. En la Figura 1.4 se ilustra la instalación de una tapa de alcantarilla.



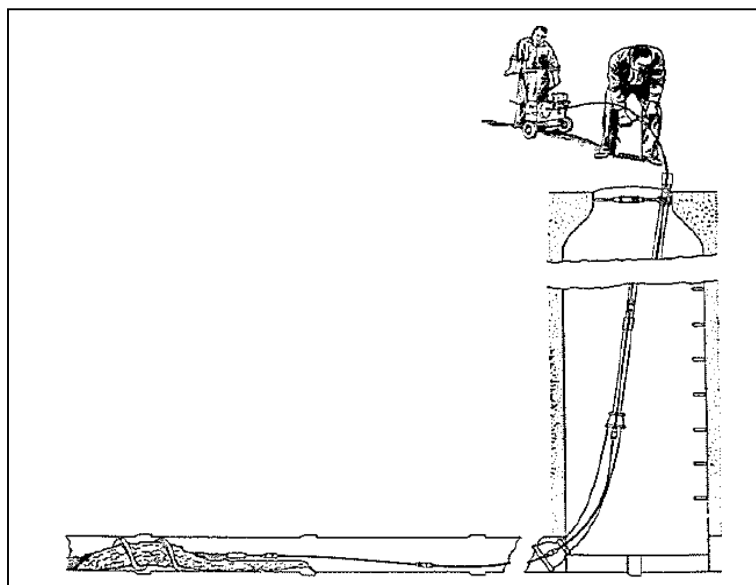
**Figura 1.4.** Fotografía que muestra a trabajadores de la EPMAPS realizando una reposición de tapa de alcantarillado

## Desobstrucciones

Los ductos de alcantarilla pueden sufrir a lo largo de su vida útil obstrucciones, que limitan el flujo de las aguas residuales, éstas pueden deberse a materiales acumulados (sólidos y grasas) y al crecimiento de raíces provenientes de vegetación cercana a las alcantarillas, por lo que en cada caso particular existen procedimientos para su remoción y limpieza. A continuación se detalla los tipos de obstrucciones y los métodos empleados:

Las raíces pertenecientes a vegetación cercana al sistema de alcantarilla, suelen ingresar y desarrollarse en los ductos de saneamiento, con el transcurso del tiempo esta clase de daño reduce la capacidad del sistema para transportar fluidos. Además, se pueden ocasionar rajaduras por las cuales filtre agua residual con potencial descontaminar el suelo circundante.

Para remediar esta clase de daños se realiza la extracción mediante el uso de sondas. Este mecanismo avanza a lo largo del ducto, sujeta el material atrapado y mediante el uso de fuerza mecánica proporcionada desde el exterior extrae el elemento atrapado. Si este procedimiento no tiene éxito y la tubería es lo suficientemente espaciosa, se procede al ingreso de personal operativo que sujeta el cuerpo extraño con elementos de amarre, para su remoción posterior con el uso de un teclé. En las Figuras 1.5 y 1.6 se muestran los tipos de extracción de cuerpos extraños.



**Figura 1.5.** Esquema que muestra el método de introducción de sondas en el sistema de alcantarilla para la extracción de cuerpos extraños.  
(McGhee, 1999, p. 370)



**Figura 1.6.** Fotografía que muestra la extracción manual de raíces con el uso de tecla

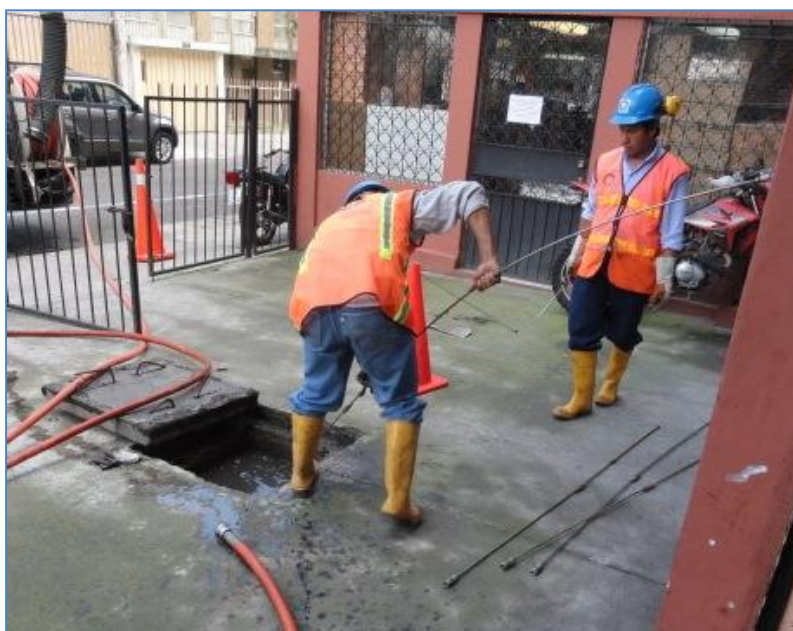
Los hogares, restaurantes e industrias alimenticias descargan al sistema de alcantarillado aguas residuales ricas en grasas naturales y minerales, estos fluidos son capaces de crear depósitos en las paredes de los ductos y ramales principales, dicha acción limita el flujo normal de la corriente.

Para la eliminación de esta clase de materiales se introduce en el vertedero una herramienta espiralada para limpieza acoplada a varillas que permiten alcanzar la zona comprometida, mediante la aplicación de fuerza rotativa se desestabiliza el material obstructivo y se permite el flujo normal de las aguas residuales.

Dependiendo la gravedad de la obstrucción y la accesibilidad pueden además utilizarse solventes químicos o herramientas especiales de ser el caso, y si estos procedimientos no tienen éxito debe considerarse la inhabilitación de la tubería y la construcción de una nueva. En la Figura 1.7 se muestra el proceso de ensamble de una herramienta rotativa y en la Figura 1.8 una desobstrucción de un ducto de alcantarillado.



**Figura 1.7.** Fotografía que muestra el ensamble de una herramienta rotativa y una varilla utilizada para desobstrucción de cañerías



**Figura 1.8.** Fotografía que muestra una desobstrucción de alcantarilla con el uso de herramientas rotativas

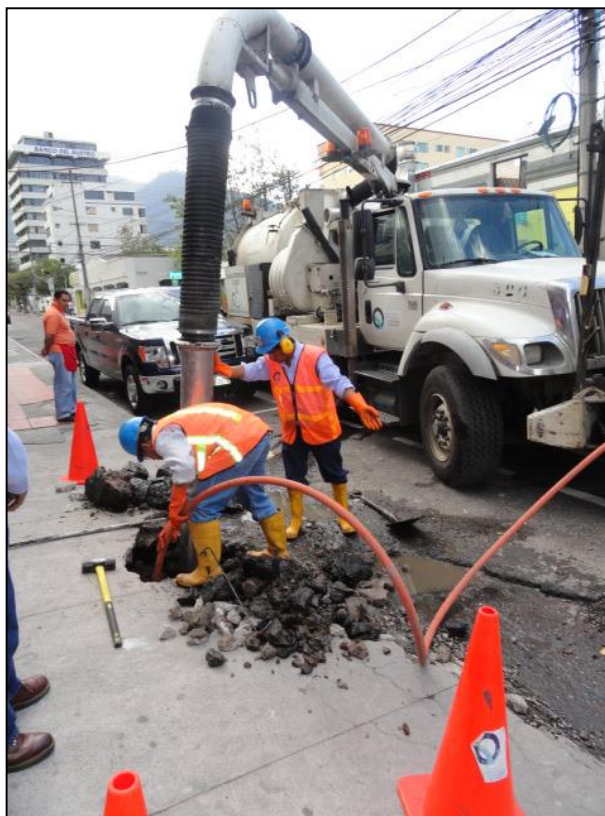
El uso cotidiano de las conexiones domiciliarias sumado a la falta de mantenimiento preventivo, produce desgaste de elementos y acumulación de excretas, este hecho a posterior obstruye en su totalidad el ducto de saneamiento.

En este escenario, se procede a la extracción del material obstruyente por medio de un equipo hidrosuctionador, éste consta de un generador de vacío que crea una corriente de aire negativa para desestabilizar y atraer el material líquido y sólido atrapado.

Cuando el ducto se encuentra habilitado para el flujo de la corriente, como actividad posterior se realiza la remoción de partículas adheridas en las paredes, para esto se introduce una manguera que proyecta agua con alta presión al ramal intervenido. En la figura 1.9 se ilustra la extracción de materiales mediante la utilización del equipo hidrosuctionador, mientras que en la Figura 1.10 se muestra la limpieza del ducto con agua presurizada para la remoción de partículas.



**Figura 1.9.** Fotografía que muestra una desobstrucción de conexión domiciliaria con el uso de equipo de hidrosucción



**Figura 1.10.** Fotografía que muestra la remoción de partículas residuales con el uso de agua a presión

### **Reparación de redes y sumideros**

Una vez que las redes de alcantarillado se encuentran desobstruidas y libres de materiales, es posible detectar afectaciones en la infraestructura ya sea en ramales principales o secundarios, las cuales requieren reparación para restaurar su funcionalidad inicial. En este aspecto existe una cuadrilla denominada “reparaciones” cuya función es realizar trabajos de obra civil que incluyen el derrocamiento y edificación de nuevas estructuras, para de esta manera rehabilitar los sistemas de saneamiento. Los principales procesos que se ejecutan para el efecto son:

- Inspecciones y recorridos de los pozos de revisión



- Excavaciones para detección de las conducciones
- Perforación de concreto
- Reemplazo de tuberías, paredes, secciones, ingresos, etc.

En la Figura 1.11 se muestra a un operador de la cuadrilla de reparaciones, realizando un corte en el concreto para el reemplazo de una tubería colapsada.



**Figura 1.11.** Fotografía que muestra la rotura de concreto para reparación de una tubería colapsada

## **1.2. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS BIOLÓGICOS**

La evaluación de riesgos biológicos es obligatoria de acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Ministerio del trabajo, 1986); y el Reglamento para el Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo (IESS, 2010), mediante los cuales se exige a las organizaciones donde sus trabajadores se expongan a riesgos biológicos, a evaluar el nivel de exposición de los mismos, aplicando procedimientos o métodos reconocidos en el ámbito nacional e internacional. En materia de salud pública la

evaluación de riesgos biológicos adquiere alta relevancia, considerando que el 26% de las defunciones a nivel mundial fueron provocadas por enfermedades de origen infeccioso y parasitario, en el año 2001 (Quadros, 2004, p. 3).

En el ámbito nacional no se han creado metodologías para evaluar los riesgos derivados de la exposición a agentes patógenos, debiendo recurrirse a publicaciones internacionales para el estudio de este campo. Las referencias más utilizadas y que proporcionan elementos para la evaluación del riesgo biológico son:

- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos, emitida por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo de España
- Directrices para la evaluación de Bio aerosoles en ambientes interiores, publicado por la “American Conference of Governmental Industrial Hygienists”. (ACGIH, 1989)
- Manual práctico para la evaluación del Riesgo Biológico en actividades Laborales diversas (BIOGAVAL), elaborado por el Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo

### **1.2.1. CLASE DE CONTACTO A MICROORGANISMOS**

Los trabajadores en contacto con microorganismos son propensos a sufrir los efectos que estos ocasionan, de acuerdo a las labores que realizan y al sector productivo en las que éstas tienen lugar. Considerando éste hecho el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo ha creado una clasificación con los posibles tipos de interacción entre humanos y microorganismos, que puede producirse con motivo del desempeño de actividades profesionales. A continuación se detallan las posibles situaciones en las que se produce una exposición a microorganismos:

- Mientras se ejecución de actividades en las que se maneja, cultiva y desarrolla deliberadamente agentes biológicos con el objetivo de extraer información científica sobre su comportamiento; o a su vez para extraer productos derivados con utilidad en industrias alimenticias o en el campo de la medicina. En este grupo se encuentran laboratorios de investigación microbiológica, centros de desarrollo de biotecnología, farmacéuticas e industrias alimenticias con procesos de fermentación.
- Durante labores en las cuales el objeto principal del proceso no es la manipulación deliberada de microorganismos, es decir la exposición se presenta más bien por el contacto incidental de los trabajadores u operadores con materiales, superficies o ambientes en los que proliferan entidades biológicas. En este grupo se consideran los trabajos de saneamiento, recolección de residuos, centros de producción de alimentos, trabajos agrarios, plantas de tratamiento de aguas, etc.
- Aquellas que no se derivan de la ejecución de actividades laborales, pero tienen el potencial de afectar la salud de las personas en una organización, a este apartado corresponden contagios virales, afecciones estacionarias y epidemias, contraídas por el contacto interpersonal en un grupo profesional determinado (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 2003, p. 7).

## **1.2.2. ANÁLISIS DEL AGENTE BIOLÓGICO**

### **1.2.2.1. Identificación del agente biológico**

La identificación del agente biológico implicado consiste en la determinación teórica de los microorganismos, que pudieran estar presentes en un puesto de trabajo específico. La identificación se realiza mediante una investigación bibliográfica en la que se consideren nuevas publicaciones en el campo de la investigación

microbiológica y boletines emitidos por entidades de salud pública, para asociar la ejecución de una profesión con la exposición a una específica clase de microorganismos o a las toxinas que éstos pudieran generar. (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 16)

Con esta finalidad una adecuada identificación de agentes biológicos, iniciará con un detallado levantamiento de actividades relacionadas con el puesto de trabajo, así como materias primas, herramientas, materiales e información organizacional.

En contraparte la realización de mediciones ambientales y cálculo de Unidades Formadoras de Colonias mediante procedimientos de cultivo, únicamente se recomienda para investigaciones en puntos de muestreo específicos, sin que la información extraída deba ser extrapolada a otros lugares ni circunstancias. (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 12)

#### **1.2.2.2. Clasificación del daño a la salud**

Las enfermedades, afecciones, traumatismos y otros males que influyen en el ser humano, se encuentran catalogadas y clasificadas desde el año 1977 en la “Clasificación Internacional de Enfermedades” CIE 9 y CIE 10. Esta clasificación busca unificar las denominaciones empleadas mundialmente para nombrar a las enfermedades, de tal manera, que brinda a las entidades dedicadas a la prevención sanitaria una herramienta útil para la elaboración de indicadores de morbilidad y mortalidad.

El Instituto Nacional de La Seguridad Social de España (INSS), con el objetivo de cuantificar los beneficios económicos para los trabajadores que sufren contingencias comunes como enfermedades y accidentes, en retribución del tiempo que se encuentran imposibilitados de desempeñar sus actividades, ha realizado estimaciones del tiempo que supondría la resolución del proceso clínico empleando tratamientos reconocidos por la comunidad médica. Para esto la mencionada entidad

ha recopilado criterios técnicos emitidos por médicos tratantes, así como información estadística proveniente de unidades médicas y servicios públicos de salud dependientes, para desarrollar la publicación oficial “Tiempos Estándar de Incapacidad Temporal”. Este compendio de información se constituye una herramienta válida para que el profesional responsable de la Evaluación de riesgos laborales, pueda cualificar la naturaleza del daño que produce un determinado agente patógeno.

En materia de evaluación de riesgos biológicos el método Biogaval emitido por el Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el trabajo, disgrega las enfermedades objeto de análisis, considerando el tiempo estándar que supondría la recuperación y la probabilidad de secuelas en el paciente. En la Tabla 1.2 se presenta la puntuación que considera el método para los diferentes niveles de daño producto del padecimiento de enfermedades.

**Tabla 1.2.** Clasificación del daño provocado por agentes biológicos

SECUELAS	DAÑO	PUNTUACIÓN
Sin secuelas	Incapacidad Temporal menor de 30 días	1
	Incapacidad Temporal mayor de 30 días	2
Con secuelas	Incapacidad Temporal menor de 30 días	3
	Incapacidad Temporal mayor de 30 días	4
	Fallecimiento	5

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 18)

El Centro de Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC), ha creado una clasificación de agentes biológicos, estratificándolos en niveles de riesgo en función del riesgo que estos suponen a la salud humana.

GRUPO 1.- patógenos con baja probabilidad de provocar enfermedad al ser humano, como por ejemplo bacterias no infecciosas, infecciones intestinales por *escherichia*

*coli*, varicela, entre otras. Las medidas de control a aplicarse corresponden a las de uso cotidiano para protección contra bacterias, como ligera protección cutánea y respiratoria siendo recomendable además una adecuada disposición de residuos contaminados.

GRUPO 2.- enfermedades con cierta probabilidad de presentarse en el ser humano, pero de difícil propagación en conglomerados, para la cuales la medicina moderna ha desarrollado tratamientos que permiten un efectivo control.

GRUPO 3.- microorganismos capaces de infectar a un individuo y propagarse a otros, se cuenta con tratamientos eficaces para su control.

GRUPO 4.- agentes biológicos con alta probabilidad de causar enfermedad en el ser humano y difuminarse a un conglomerado, sin que se cuente en la actualidad con tratamientos eficaces de profilaxis. Las medidas de control a este nivel exigen el uso de trajes Hazmat, equipos de respiración autónoma, así como procedimientos para el uso y almacenamiento sustancias infecciosas(Heredia, Geagea, & Valderrama, 2010, p. 49).

#### **1.2.2.2. Vías de transmisión**

Las vías de transmisión se constituyen como los medios que permiten la proliferación de microorganismos desde ambientes, elementos o superficies hacia los seres humanos. Para su estudio y análisis las vías de transmisión se clasifican como directa, indirecta y aerógena (Organización Panamericana de la Salud, 2001, p. xxv).

Las transmisión directa ocurre cuando el agente biológico se transfiere entre sujetos portadores o huéspedes, como consecuencia de contacto físico, proyección directa o diseminación de fluidos corporales a un área no superior a un metro, como ejemplo se tiene el caso de la neumonía proveniente de la bacteria *Mycobacterium avium*,

ésta entidad coloniza el tracto respiratorio y provoca una fuerte tos, el vaho expedido por el individuo infectado, contiene sepas del microorganismo capaces de diseminarse a otros individuos (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 19).

La transmisión indirecta se produce por la interacción con objetos, materiales, superficies o vectores (insectos) contaminados con patógenos, éstos pueden encontrarse desarrollados o en estado latente. Como ejemplo se puede citar la *leishmaniasis* producida por protozoos flagelados, el contacto se produce cuando las moscas de la arena portadoras de la enfermedad pican al ser humano inyectando fluidos infectados (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 19)

La transmisión aérea es causada por la diseminación de partículas suspendidas en el aire contenedoras de agentes microbianos. Los organismos parásitos ingresan en el sistema respiratorio o zonas dérmicas expuestas del anfitrión, este mecanismo es frecuente en infecciones fúngicas conocidas como micosis (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 20).

#### **1.2.2.4. Límites de exposición sugeridos**

En ambientes laborales es posible realizar controles microbiológicos para determinar la existencia de agentes etiológicos a través de la detección de las unidades formadoras de colonias (UFC), entendiéndose a éstas como el total de bacterias con capacidad de dividirse y dar lugar a colonias (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 2003, p. 44).

En el ámbito internacional se han establecido concentraciones de UFC recomendables para ambientes como hogares, industrias y áreas rurales, debiéndose implementar medidas higiénicas de sobrepasarse los valores límite. En la Tabla 1.3 se indica los valores límite establecido en varias naciones europeas.

**Tabla 1.3.** Concentraciones recomendadas de hongos y bacterias en varios países

LOCALIDAD	CONCENTRACIÓN DE HONGOS EN EL AIRE (ufc/m <sup>3</sup> )	CONCENTRACIÓN DE BACTERIAS EN EL AIRE (ufc/m <sup>3</sup> )	REFERENCIA
Reino Unido rural	273 (0-7200)	79 (42 – 1600)	Jones & Cookson, 1983
Reino Unido urbano/industrial	1 200	500	Crook & Lacey, 1988
Reino Unido hogares	1096 (28-35 000)		Hunter & Lacey, 1994
Ambiente exterior, París	92 (3-675)		Mouilleseaux <i>et al</i> , 1994
Francia	2 999-9841 max.		Chaumont <i>et al</i> , 1990
Holanda	941		Verhoeff <i>et al</i> , 1992
Holanda	0- 15 640		Beaumont <i>et al</i> , 1985
Austria rural	185	327	Kock <i>et al</i> , 1998
Escandinavia rural		99 (2- 3 400)	Bovallius <i>et al</i> 1978
Escandinavia urbano		850 (100 – 4 000)	Bovallius <i>et al</i> , 1978
Finlandia	750		Nevalainen <i>et al</i> , 1994
Estados Unidos urbano	930 (0 - >8 200)		Shelton <i>et al</i> , 2002
Estados Unidos rural	600	2 000	Folmsbee & Strevett, 1999
Estados Unidos urbano	700	1 500	Folmsbee & Strevett, 1999
Estados Unidos rural	8 651 (80- 9 000)	3 204 (160 – 17 600)	Hryhoczuk <i>et al</i> , 1996

(Health and Safety Executive, 2010)

#### 1.2.2.5. Tasa de incidencia

En el Ecuador el Ministerio de Salud Pública a través de la Subsecretaría de Vigilancia de la Salud, mantiene estadísticas anuales actualizadas sobre el número de casos reportados de varias enfermedades y grupos de dolencias, esta información se presenta en totales nacionales, provinciales y regionales.

En el año de 1951 dentro del marco de la Conferencia de la Organización Mundial de la Salud sobre “Estadísticas de Morbilidad”, se recomendó a las instituciones



sanitarias crear estadísticas de morbilidad de enfermedades epidémicas utilizando un método unificado, y que se considere además de la evaluación clínica los resultados de análisis de laboratorio (Organización Mundial de la Salud, 1967, p. 20). En cumplimiento de lo expuesto varios estados han desarrollado procedimientos, para que los profesionales médicos, centros hospitalarios y sanitarios reporten el apareamiento de enfermedades, para de esta manera generar boletines anuales de morbilidad y mortalidad, que sirvan como sustento de programas preventivos. Las estadísticas sobre el número de casos reportados permiten a evaluadores de riesgos laborales, cuantificar el riesgo que tiene una población de contraer una determinada dolencia.

En la Tabla 1.4 se ilustra la calificación utilizada por el método Biogaval para enfermedades infecciosas considerando el número de casos reportados en una población determinada.

**Tabla 1.4.** Ponderación de enfermedades en relación al número de casos reportados

<b>INCIDENCIA/ 100 000 HABITANTES</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Menor de un caso	1
de 1 a 9	2
de 10 a 99	3
de 100 a 999	4
Igual o mayor de 1 000	5

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 22)

### **1.2.3. REDUCCIÓN DE RIESGOS**

De manera global, en el análisis de riesgo mediante el método Biogaval se pondera negativamente las características relacionadas al factor biológico, tales como, su letalidad, incidencia, días de para, etc.; en contraparte se califica positivamente la

gestión de Seguridad e Higiene de Trabajo, enfocada en la mitigación o eliminación del factor de riesgo biológico objeto de estudio. En tal virtud, toda medida higiénica que inmunice o contrarreste los efectos de los agentes biológicos sobre la población trabajadora, tiene un impacto sobre el nivel de riesgo calculado (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 23).

#### **1.2.3.1. Vacunación del personal expuesto**

Las vacunas emplean el principio de especificidad en la respuesta del sistema inmunológico contra microorganismos, estese activa en el individuo mediante la inyección de una forma inocua o toxinas liberadas por un agente biológico. El primer ejemplo de vacunación fue aplicado en 1776 por el estudioso Edward Jenner, quién observó que las personas que tenían contacto con vacas y por tanto con el virus de la viruela vacuna, adquirirían inmunidad contra la viruela humana, como prueba de su teoría inoculó a un niño con el mencionado virus y comprobó que había desarrollado una respuesta inmune adquirida (Roitt & Delves, 2001, p. 33). El desarrollo, mejoramiento y masificación de vacunas para el control de enfermedades infecciosas y parasitarias demanda de investigaciones y pruebas llevadas a cabo por organismos gubernamentales, compañías farmacológicas, organizaciones mundiales, centros académicos, entre otros. Actualmente en el planeta se cuenta con más de 30 clases de vacunas para el combate de enfermedades crónicas y degenerativas(Organización Panamericana de la Salud, 2001).

#### **1.2.3.2. Frecuencia de actividades de riesgo**

La frecuencia con la que se realizan actividades de riesgo es un aspecto, que permite determinar la proporción de tiempo efectivo con respecto a la jornada laboral, en la que el personal se expone a antígenos microbianos, ya sea esta por contacto a

materiales contaminados, o debido al ingreso en ambientes con un alta carga microbiológica.

El método para la evaluación del riesgo biológico BIOGAVAL emplea una escala cualitativa de porcentajes, en la cual se asigna una ponderación superior si las actividades objeto de estudio involucran un tiempo de exposición más alto. En la Tabla 1.5 se presenta la escala cualitativa para ponderar el tiempo efectivo de exposición.

**Tabla 1.5.** Ponderación del tiempo de exposición a agentes biológicos con respecto a la jornada laboral

<b>PORCENTAJE</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Raramente < 20% del tiempo	1
Ocasionalmente: 20% - 40% del tiempo	2
Frecuentemente: 41% - 60% del tiempo	3
Muy frecuentemente: 61%- 80% del tiempo	4
Habitualmente: > 80% del tiempo	5

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 23)

### **1.2.3.3. Adopción de medidas higiénicas**

La exposición incidental o controlada a microorganismos con características patógenas exige a las empresas empleadoras, la implementación de medidas paliativas que impidan la proliferación de éstos agentes en la población trabajadora. Con base en esto se han establecido cuatro líneas de acción para este tipo de riesgo:

- La formación en materia de salud ocupacional cumple la misión de concienciar a los empleados sobre los riesgos y posibles afectaciones, que podrían

contraer si no se adoptan las medidas higiénicas dispuestas por el empleador. Promueve además la observancia y reporte de situaciones de riesgo.(Heredia, Geagea y Valderrama, 2010, p. 96)

- El equipamiento de protección para el ingreso en ambientes con presencia de agentes biológicos (EPI), debe concebirse como la barrera que obstaculice las vías de entrada a microorganismos. Por tanto, el adecuado escogimiento y la vigilancia de buen uso disminuirá las posibles afectaciones al personal.(Heredia, Geagea, y Valderrama, 2010, p. 89)
- La elaboración de procedimientos y normas para el manejo de materiales contaminados, reduce las situaciones de exposición. Por ejemplo, el etiquetado de contenedores con residuos hospitalarios con la leyenda de “Riesgo Biológico”, alerta a los visitantes para mantenerse distantes e indica al personal médico sobre la manipulación y disposición final que éste requiere.(Heredia, Geagea, y Valderrama, 2010, p. 85)
- La implementación de nuevas tecnologías para realizar las actividades de riesgo con elementos automatizados, permite conservar una distancia segura entre el personal operativo y el agente biológico. Como muestra se puede citar los monitoreos de alcantarillado con cámaras y mecanismos a control remoto.

#### **1.2.3.4. Sustitución de agentes biológicos**

La sustitución de agentes biológicos es una estrategia empleada en actividades productivas y de investigación, donde se busca eliminar o al menos limitar el uso de microorganismos, que supongan un alto riesgo para la salud humana por otros con características más inofensivas, esto es posible por el conocimiento técnico del uso, manipulación y características particulares del agente. La sustitución como medida de control no es factible en procesos en los que existe un contacto de tipo incidental,

como es el caso de procesos productivos y actividades de saneamiento (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 2003, p. 12).

#### **1.2.3.5. Vigilancia de la Salud de los trabajadores**

La vigilancia de la salud ha sido una estrategia empleada por varios gobiernos para el control de enfermedades, a través de la obtención de datos que ayuden a limitar su propagación. En sus inicios la entidad encargada de esta labor fue la “policía médica”, concebida en la Alemania del siglo XVIII, su función era detectar en las etapas iniciales la aparición de epidemias y pestes, para aislar los focos de infección y encaminar medidas preventivas como el “toque de queda”. Posteriormente en el siglo XIX Inglaterra y Francia instaurarían sistemas similares de alarma para el control sanitario. En el año de 1878 Estados Unidos inició un programa de vigilancia de la salud, a través del reporte de casos de viruela y fiebre amarilla, años más tarde esta iniciativa probaría su eficacia al disminuir a nivel nacional los índices de éstas enfermedades (Álvarez, 2006, p. 208).

En el ámbito empresarial la información actualizada sobre el estado de salud de la población trabajadora, permite al profesional médico detectar la aparición de enfermedades ocupacionales. A partir del conocimiento de los índices de morbilidad y los factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo, se puede establecer la relación causa efecto para sustentar la implementación de campañas de prevención.

### **1.3. EFECTOS DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS DE ALCANTARILLADO SOBRE LA SALUD HUMANA**

Las bacterias, parásitos y hongos que habitan en ambientes de alcantarillado pueden ingresar al cuerpo humano empleando las diferentes vías de entrada que se encuentran a su alcance, desencadenando una invasión (infección), o mediante la generación de toxinas en el exterior del anfitrión denominada intoxicación. Como

ejemplo se cita el caso del cólera, enfermedad provocada por las toxinas de la bacteria *Vibrio cholerae*.

Los microorganismos que poseen un ciclo de vida definido en ambientes y en animales portadores, a través de ciertos mecanismos son capaces de infectar incidentalmente al ser humano, causándole dolencias a partir del tipo de interacción. Por ejemplo, el contacto directo de piel expuesta con materiales contaminados, permitirá la diseminación del microorganismo en zonas específicas; por otra parte la inhalación en ambientes con una alta concentración de UFC, provoca afecciones del aparato respiratorio; finalmente la ingestión de agua y alimentos contaminados viabiliza el ingreso de patógenos al tracto digestivo causando infecciones e intoxicaciones (Presscott, 1999, p. 796).

### **1.3.1. PROCESO INFECCIOSO**

Los organismos al colonizar un cuerpo anfitrión pueden generar cuatro tipos de relaciones: inquilinismo donde no se provoca reacción inmunitaria, comensalismo en cuyo escenario únicamente consumen las fuentes energéticas disponibles, simbiosis que significa beneficiarse mutuamente y parasitismo que se define como una dependencia total (Murray, 2009, p. 4).

En el interior del cuerpo humano los patógenos se adhieren a las células epiteliales, conjunto de células presentes en superficies libres de los organismos, interactuando con el sistema inmunitario a través de síndromes clínicos, para facilitar su diseminación a otros individuos y garantizar la supervivencia de la especie invasora. Como muestra de esto se puede mencionar el trastorno del sistema digestivo conocido como “diarrea”, mismo que se define como una respuesta corporal frente a infecciones alimentarias, permite la liberación de fluidos plagados de agentes biológicos hacia las fuentes de agua que abastecen a comunidades cercanas, aumentado así la probabilidad de diseminación (Presscott, 1999, p. 797). De manera similar la bacteria *Mycobacterium tuberculosis* origen de la enfermedad conocida

como tuberculosis, produce en el paciente infectado repetidos episodios de tos, en los que se secretan vahos contaminados con el agente biológico, este mecanismo aumenta la probabilidad de infección a otros seres humanos.

### **1.3.2. PATOGENICIDAD**

La patogenicidad es la capacidad de un agente biológico para provocar enfermedad en el cuerpo anfitrión. Esta respuesta patógena/virulenta se produce en los microorganismos a partir de señales ambientales externas como temperatura, cantidad de hierro, osmolalidad, pH, que regula el comportamiento del genoma bacteriano. Los genes responsables de las patogenicidad se encuentran inmersos en el cromosoma bacteriano, relacionados con el tRNA, el cual posee un contenido de guanina más citosina y regularmente se adquieren mediante transferencia genética de otras especies de bacterias (Jawets, 2010, p. 148).

### **1.3.3. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS A TRAVÉS EL AIRE**

Este tipo de enfermedades afectan principalmente al aparato respiratorio, pudiendo en situaciones específicas causar afecciones cutáneas. A continuación se presenta una síntesis de las enfermedades más relevantes, a las que se expone el personal de alcantarillado.

La legionelosis producida por la bacteria *legionella pneumophila*, es un tipo de neumonía donde se presenta fiebre, tos sin secreción, dolores musculares y bronconeumonía. Su transmisión ocurre cuando la bacteria, normalmente presente en el suelo y ecosistemas acuáticos, invade partículas suspendidas que posteriormente son inhaladas por el hospedador. El éxito de la infección se encuentra supeditada al grado de defensa inmunitaria del individuo, de tal manera que existe un mayor número de casos en personas de edad superior a 50 años, con hábito de alcoholismo y tabaquismo (Presscott, 1999, p. 797).

La tuberculosis provocada por la *Mycobacterium tuberculosis*, es una enfermedad que se propaga con mayor facilidad en población de estratos sociales bajos. Al igual que la *legionella pneumophila*, los bacilos ingresan en el sistema respiratorio en forma de núcleos de gotitas y se deposita en los alveolos. En un lapso de 4 a 12 semanas los macrófagos (células fagocitarias), envuelven a los bacilos en su interior, con el propósito de digerirlos en el citoplasma formando tubérculos. Por lo general las bacterias sobreviven a este proceso y modifican el estado de los tubérculos, ablandándolos y posteriormente convirtiéndolos en cavernas llenas de aire, lugar desde el cual los bacilos pueden trasladarse a otras regiones del cuerpo humano. Los síntomas que presenta ésta enfermedad son expectoración con fluidos sanguíneos, fiebre, fatiga y pérdida de peso (Presscott, 1999, p. 805).

#### **1.3.4. ENFERMEDADES POR CONTACTO DIRECTO**

Son contraídas por el contacto de piel expuesta con fluidos o materiales contaminados, afectando áreas y órganos cercanos. Es posible la diseminación a otras regiones del cuerpo en situaciones específicas.

La bacteria *Bacillus Antracis* responsable del Carbunco en seres humanos, permanece en estado viable en productos animales (de origen ovino, bovino y caprino) y en el suelo por decenas de años. El contagio al ser humano se produce a través de picaduras de pulgas infectadas, contacto con roedores, mascotas y productos contaminados; en el interior del anfitrión puede desarrollar afecciones cutáneas, pulmonares y gastrointestinales en un lapso de 15 días (Presscott, 1999, p. 807).



### **1.3.5. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA**

La ingestión de aguas contaminadas con microorganismos provoca envenenamiento o intoxicación. En el primer caso la bacteria patógena invade el tracto digestivo del ser humano, multiplicándose y segregando toxinas; mientras tanto, en la intoxicación el patógeno segrega “enterotoxinas” sobre los elementos ingeridos. En ambos casos se produce una disfunción de la mucosa intestinal, manifestándose en el paciente con diarreas, vómitos y náuseas. Las enfermedades más representativas de éste género son: cólera, botulismo, salmonelosis, shigelosis y tifoidea.

### **1.4. METODOS DE MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DE RIESGO BIOLÓGICO**

La gestión de riesgos biológicos requiere una determinación particularizada del agente, para de esta manera priorizar su presencia y cantidad en ambientes, superficies y materiales con los que el trabajador de alcantarillado va a tener contacto durante la realización de sus actividades. Una adecuada identificación de microorganismos con potencial de afectar la salud humana permite implementar un adecuado tratamiento antimicrobiano y paliativo.

Inicialmente los profesionales médicos basan su diagnóstico ante un proceso infeccioso, en la epidemiología y síntomas del paciente, sin embargo, para determinar el organismo biológico implicado con una mayor precisión se deben aplicar técnicas de laboratorio como: “observación microscópica directa del organismo; cultivo e identificación del organismo; detección de los antígenos microbianos; detección del ARN o ADN microbiano y detección de una respuesta inflamatoria o inmunitaria del hospedador contra el microorganismo” (Harvey, Champo y Ficher, 2007, p. 19).

### 1.4.1. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD DE LAS PRUEBAS

Los resultados producto de aplicar una técnica de laboratorio específica, no son perfectos ni definitivos, cada método aplicado tiene un grado de fiabilidad determinado por la sensibilidad y la especificidad.

La sensibilidad es determinada por la mínima cantidad de antígeno que puede detectarse con el empleo de una prueba seriológica, es decir, los resultados obtenidos de un procedimiento con alta sensibilidad tienen una mayor probabilidad, de ser positivos en presencia de un agente biológico (Harvey, Champo y Ficher, 2007).

La especificidad en cambio se define como la posibilidad de obtener resultados negativos, al aplicar un método de análisis, en ausencia de microorganismos, debido a la capacidad de los anticuerpos para detectar un único antígeno, evitándose reacciones cruzadas (Madigan, Martinko y Dunlap, 2003, p. 1022). En la Tabla 1.6 se muestra los niveles de sensibilidad que poseen varias clases de ensayo.

**Tabla 1.6.** Sensibilidad de los ensayos de inmuno diagnósticos

ENSAYO	SENSIBILIDAD ( $\mu\text{g}$ de anticuerpo/ml) <sup>a</sup>
Reacción de precipitación:	
En fluidos	24-160
En geles (inmunodifusión doble)	24-160
Reacciones de aglutinación:	
Directa	0,4
Pasiva	0,08
Radioinmunoensayo (RIA)	0,0008 – 0,008
Enzimoimmunoensayo (ELISA)	0,0008 – 0,008
Inmunofluorescencia	8,0

(Madigan, Martinko, & Dunlap, 2003, pág. 1022)

### **1.4.2. OBSERVACIÓN DIRECTA DEL ORGANISMO**

Constituye el primer método para reconocimiento de un agente patógeno, se realiza a partir de la observación por medio de un microscopio, de la morfología y características gram positivas o gram negativas que poseen los microorganismos. En el campo de la medicina es utilizado para realizar diagnósticos iniciales, por su bajo coste y la inmediatez de los resultados (Harvey, Champo y Ficher, 2007, p. 20).

El protocolo más utilizado para observación directa es la Tinción Gram, para su aplicación la muestra analizada es expuesta a una solución de yodo y acetona, de tal manera que las bacterias gram positivas se tiñen de color rosa y las bacterias gram negativas se tornan transparentes, esto se debe a que las primeras tienen la capacidad de retener la tinta en sus paredes celulares. Esta cualidad sumada a la observación de la morfología (cocos, bacilos y espirilos) permite al profesional médico identificar la familia del microorganismo y el tipo de afección que éste puede producir, con esta información es posible suministrar un adecuado tratamiento con antibióticos (Harvey, Champo y Ficher, 2007, p. 21)

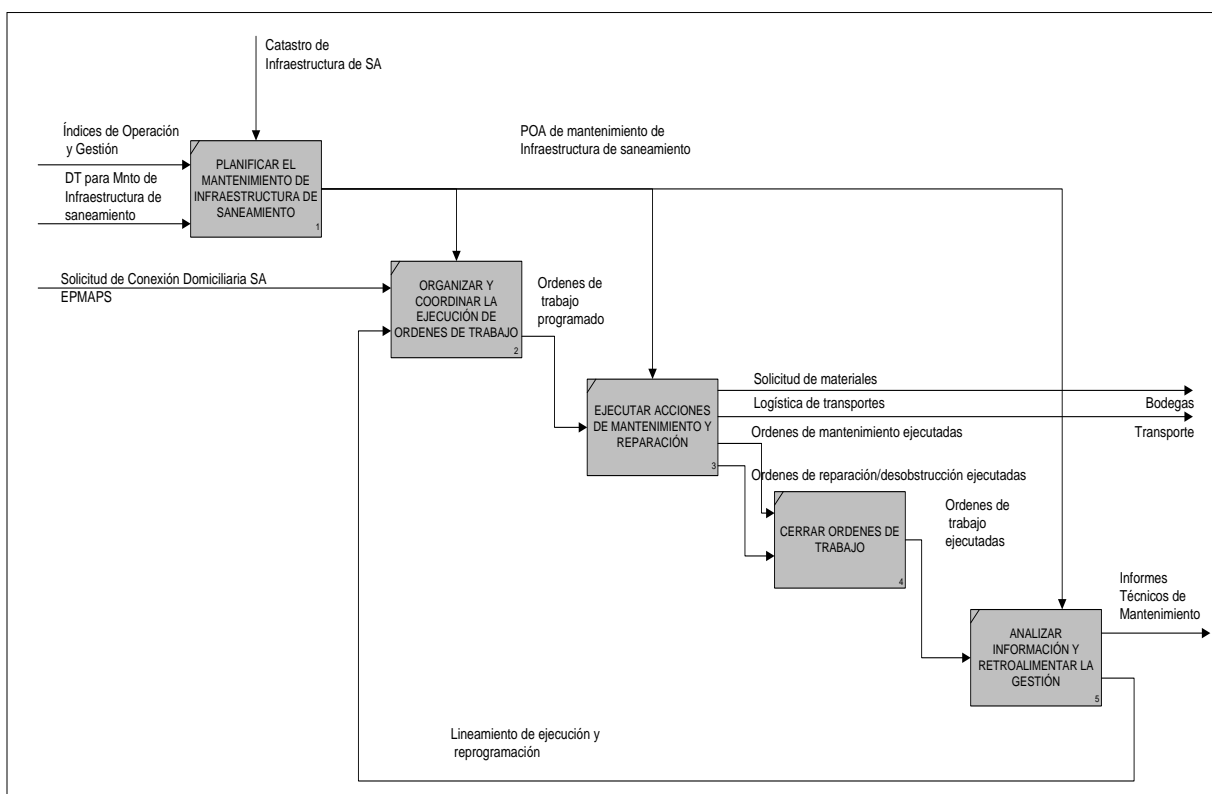
### **1.4.3. CULTIVO DE MICROORGANISMOS**

El crecimiento de microorganismos en un ambiente artificial busca extraer información específica del agente estudiado como la especie, la cantidad de colonias y su respuesta a estímulos externos de origen físico y químico. La creación del ambiente óptimo para el crecimiento de bacterias, consiste en replicar en un laboratorio las condiciones en las que el agente se encuentra en la naturaleza, es decir variables como: pH, temperatura, aireación y fuentes de nutrición.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDADES

La determinación de actividades partió del conocimiento del servicio de saneamiento que ofrece la EPMAPS a la ciudadanía. Este se concibe como el desarrollo simultáneo de actividades, que dan como resultado un producto intangible. En la Figura 2.1 se muestra el esquema general para el proceso de alcantarillado.



**Figura 2.1.** Esquema General del Proceso de Alcantarillado  
(EPMAPS, 2013, p. 5)

Por medio de entrevistas e inspecciones de campo al personal de la Unidad de Operaciones Centro (UOC), se identificó en una segunda etapa las actividades que ejecutan los diferentes puestos de trabajo. En la Tabla 2.1 se muestran los servicios que ejecuta la EPMAPS.

**Tabla 2.1.** Codificación de los tipos de servicio en alcantarillado que ejecuta la EPMAPS

<b>CÓDIGO GENÉRICO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO</b>
<b>1.</b>	<b>Mantenimiento</b>
1.1.	Limpieza de pozo séptico parroquia
1.2.	Limpieza sumidero 0,50 x 0,36 m
1.3.	Limpieza de rejilla de 1,00 m x 0,60 m
1.4.	Limpieza sumidero de cajón lateral
1.5.	Limpieza de red matriz
1.6.	Limpieza manual de colector
1.7.	Mantenimiento de estructuras en quebradas
<b>2.</b>	<b>Construcciones</b>
2.1.	Construcciones de rejillas longitudinales de 1,00 x 0,60 m
2.2.	Construcción de sumideros 0,50 m x 0,36 m
2.3.	Construcción de cajas de revisión
2.4.	Construcción de pozos de revisión
<b>3.</b>	<b>Reparaciones</b>
3.1.	Reparación de rotura de red matriz
3.2.	Reparación de rotura de colectores
3.3.	Reparación de conexión domiciliaria de alcantarillado
3.4.	Reparación de sumideros
3.5.	Reparación de pozos de inspección
3.6.	Reparación de nivelación de tapas de pozos
3.7.	Reparación de nivelación rejillas de sumideros
<b>4.</b>	<b>Reposiciones</b>
4.1.	Reposición de accesorios de hierro fundido

**Tabla 2.1.** Codificación de los tipos de servicio en alcantarillado que ejecuta la EPMAPS (continuación...)

	Reposición de accesorios de otros materiales
<b>5.</b>	<b>Desobstrucciones</b>
5.1.	Desobstrucción de red matriz
5.2.	Desobstrucción de colectores
5.3.	Desobstrucción de conexión domiciliaria
<b>6.</b>	<b>Instalaciones</b>
6.1.	Instalación de conexiones domiciliaria
6.2.	Instalación de redes
<b>7.</b>	<b>Inspecciones</b>
7.1.	Inspección televisada hasta 10 pulgadas
7.2.	Inspección televisada mayor a 10 pulgadas
7.3.	Inspección técnicas

(EPMAPS, 2013, p. 6)

Para definir las actividades que por su naturaleza involucran un posible riesgo por contacto con microorganismos, se realizaron inspecciones a los diferentes frentes de trabajo que ejecuta la EPMAPS, durante la ejecución de mantenimiento a los sistemas de alcantarillado. Como resultado de esto, se pudo estratificar las actividades con exposición a ambientes o materiales contaminados por aguas residuales y aquellas en la cuales no existe contacto alguno.

En el Anexo I, se encuentran la “Matriz de Identificación de Peligros” para los puestos de trabajo de la Unidad de Operaciones Centro Saneamiento, donde se puede apreciar las actividades y cargos que requieren ser analizados con mayor detalle, por cuanto involucran una probable exposición a los agentes biológicos.

## 2.2. ANÁLISIS DE PUESTOS

En el presente estudio se analizaron los puestos de trabajo de la Unidad de Operaciones Centro Saneamiento que realizan labores operativas, a través del cumplimiento del ciclo de Gestión de Riesgos. En Tabla 2.2 se enumeran los puestos de trabajo y el número de personas consideradas en el estudio.

**Tabla 2.2.** Detalle de puestos de trabajo operativo de la Unidad de Operaciones Centro Saneamiento.

No.	PUESTO DE TRABAJO	NÚMERO DE PERSONAS
1	Albañil	2
2	Chofer de camión	1
3	Inspector	4
4	Jefe de Unidad	1
5	Operador de Equipo Pesado	4
6	Operador de Hidrosuccionador	3
7	Peón	9
8	Sifonero	9
9	Técnicos	3

La identificación de riesgos se realizó mediante la aplicación de la “Matriz de Identificación de Peligros”, en este procedimiento mediante un Check list se valida la presencia de las diferentes clases de peligros, presentes en las actividades que realiza un determinado puesto de trabajo. Posteriormente se lleva a cabo la evaluación de riesgos laborales, empleando la matriz 3x3 basado en el Método de Evaluación de Riesgos emitido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, este mecanismo mediante criterios cualitativos estima el nivel de los riesgos identificados, en virtud de su probabilidad de ocurrencia y el grado de afectación que pueden acarrear consecuencias.

La aplicación del método de Evaluación de Riesgos requirió además un conocimiento detallado de las actividades del puesto de trabajo objeto de la investigación, información relacionada a las afectaciones en la salud humana por exposición a factores de riesgo biológico y estadísticas de ocurrencia de accidentes y enfermedades profesionales en la organización; a partir de esto fue posible determinar el nivel de riesgo y la conveniencia de implementar controles operativos, a través de la utilización del método para evaluación de riesgos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 1997, p 1). Cabe recalcar que el presente estudio además se llevó a cabo en cumplimiento al procedimiento para identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles, vigente en la EPMAPS.

### **2.2.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS**

Mediante el método de Check List, se realizó la constatación visual de la presencia de los diferentes tipos de riesgos, a los que se exponen los trabajadores de saneamiento durante la ejecución de las actividades. Para esto se utilizó la “Matriz de Identificación de Peligros”, documento anexo del “Procedimiento para Identificación de Peligros, Estimación, Medición y Evaluación de los factores de riesgos para determinación de controles operacionales”(EPMAPS, 2013). La identificación de riesgos constituye una herramienta de aplicación inicial en el análisis de riesgos, en esta etapa se ratifica la existencia o ausencia de riesgos mecánicos, físicos, químicos, biológicos, psicosociales y ergonómicos.

### **2.2.2. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE RIESGOS**

Para determinar el nivel de riesgo que posee cada puesto de trabajo de la Unidad de Operaciones Centro, se emplearon entrevistas personales e inspecciones a los diferentes cargos de la Unidad de Operaciones Centro. Para registrar la información levantada se aplicó la “Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos”, documento anexo al “Procedimiento para Identificación de Peligros, Estimación, Medición y



Evaluación de los Factores de Riesgos para Determinación de Controles Operacionales”, mismo que considera los siguientes criterios con la finalidad de asignar una calificación a cada factor de riesgo:

La gravedad de la lesión o enfermedad profesional si se materializa el riesgo analizado, para lo que se aplicó tres niveles de ponderación: ligeramente dañinos, dañinos y extremadamente dañinos.

La probabilidad de ocurrencia del daño, para lo cual se tomó en cuenta la base de datos de accidentes de la EPMAPS; este aspecto se calificó como alto, medio y bajo.

A través del conocimiento de la probabilidad y la consecuencia producto de cada factor de riesgo, se aplicó la Tabla 2.3 para la valoración de los mismos.

**Tabla 2.3.** Valoración de riesgos considerando la probabilidad y consecuencia

		CONSECUENCIAS		
		Ligeramente Dañino (LD)	Dañino (D)	Extremadamente Dañino (ED)
PROBABILIDAD	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 1997, p. 6)

En el Anexo II, “Matriz de Evaluación Cualitativa de Riesgos”, se recoge la ejecución de este apartado y los resultados obtenidos, y posteriormente en el Anexo III, “Matriz de Evaluación Cualitativa Método Biogaval”, se muestran los resultados de la evaluación cuali-cuantitativa.

### 2.3. MONITORIZACIÓN

Los sistemas de alcantarillado conducen descargas líquidas, provenientes de actividades de diversa índole, entre estas se tiene industrias, hogares, mercados y hospitales; esta característica provoca que los ambientes y áreas de los ductos de drenaje, contengan una diversidad microbiológica con características similares a la de los vertidos que los recorren. La monitorización considerando éste hecho, se realizó en colectores y alcantarillas cercanas a los diferentes tipos de actividades urbanas, con el objetivo de establecer que familias de organismos son más exitosas y por lo tanto proliferan con mayor facilidad, en ciertos ambientes de alcantarillado y cuales se encuentran ausentes.

Por otra parte, se emplearon dos métodos de análisis de agentes biológicos: Monitoreo de ambientes con el uso de cajas de agar e hisopado de manos en personal expuesto. En la Tabla 2.4 se describen las locaciones, tipo de descargas presumibles en el sector y fechas en las que se realizaron los monitoreos.

**Tabla 2.4.** Detalle de mediciones bacteriológicas

No.	UBICACIÓN	TIPO DE DESCARGAS	FECHA
1	Alcantarilla en los alrededores del Mercado Santa Clara	Mercado	26 marzo 2013
2	Alcantarilla de descarga del Hospital Eugenio Espejo (Sector El Ejido)	Hospitalaria	26 marzo 2013
3	Alcantarilla en el sector La Granja	Domiciliaria	27 marzo 2013
4	Alcantarilla en el sector de la calle Venezuela	Industria de imprentas	27 marzo 2013

Como técnica de muestreo para el monitoreo se empleó un “screening” en cada locación, este consistió en la toma de tres muestras (Colocación de cajas de agar e hisopado de manos) en cada sitio establecido, lo que permitió a la postre generar

rangos de unidades formadoras de colonias (Ufc) por cada tipo de agente biológico y sector estudiado.

En el Anexo IV, se muestran los resultados de la “Medición microbiológica de ambiente e hisopado de manos”.

### **2.3.1. ANÁLISIS DE AMBIENTES**

El análisis de ambientes de alcantarillado se realizó mediante el cultivo de microorganismos en cajas de agar en los sitios determinados en la tabla 2.3., para el efecto los obreros de saneamiento ingresaron tres cajas con agar enriquecido (que favorece el crecimiento de microorganismos en condiciones controladas), en cada punto de muestreo, y se mantuvieron estáticas por un tiempo aproximado de diez minutos. Este periodo durante el cual las cajas de agar se mantuvieron inmóviles permitió capturar las partículas sedimentables presentes en el ambiente, para determinar la clase de los agentes biológicos presentes así como la cantidad de unidades formadoras de colonias.

Para la extracción de las cajas se procedió al sellado en el interior de la alcantarilla, con la finalidad de evitar la contaminación de la muestra conseguida con características del ambiente exterior, posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su análisis, el mismo que cuenta con la acreditación ISO 17025 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2005). En la Figura 2.2 se ilustra la colocación de cajas de agar en el interior de las alcantarillas.



**Figura 2.2.** Fotografía que muestra la obtención de muestras de ambiente de alcantarillado para su posterior cultivo (Cajas de agar)

Cada caja de agar fue analizada en el laboratorio LASA, para determinar en cada muestra el tamaño de la población mediante el recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC), y al grupo a la que esta corresponde: aerobios mesófilos, hongos o coliformes totales. Para este análisis se colocó un mililitro en una caja petri con agar SPS y fue incubado en condiciones de anaerobiosis por 48 horas, para terminar se realizó la lectura de las colonias negras y se registró la cifra que constituye cada población en ufc/g.

### **2.3.2. ANÁLISIS DE MANOS DEL PERSONAL**

En los puntos de muestreo determinados en la tabla 2.3, personal operativo de la EPMAPS ingresó en los ductos de alcantarillado para realizar sus actividades habituales, empleando el equipo de protección disponible en el momento, este se encontraba conformado por: casco, botas de caucho, guantes de látex e impermeable para lluvia.

La recolección de muestras se efectuó mediante el frotamiento de los hisopos, en las palmas del personal durante tres instancias y situaciones definidas de la siguiente manera:

- Previo al ingreso se tomó una muestra de las manos descubiertas del personal, untadas con un compuesto antiséptico, para descartar la preexistencia de agentes microbianos.
- Posterior al ingreso se extrajeron muestras de los guantes, que tuvieron contacto directo con las superficies contaminadas, para establecer el tipo de agentes biológicos presentes en los ambientes donde se desarrollaron los trabajos.
- Finalmente se retiró los guantes contaminados y se recogieron muestras de las manos descubiertas del personal, este hecho permitió probar la eficacia del equipo de protección personal utilizado para el efecto.

En la Figura 2.3 se ilustra la obtención del hisopado de manos a personal operativo para su posterior cultivo.



**Figura 2.3.**Fotografía que muestra la obtención de muestras de las manos del personal con el empleo del método de hisopado

Las muestras obtenidas del hisopado se colocaron en un contenedor aislado térmicamente para su transporte, de esta manera la temperatura exterior no alteró las poblaciones microbiológicas de las muestras. Una vez en el laboratorio, se etiquetaron los contenedores y se dirigieron al área de microbiología para su análisis. Mediante el método de detección de patógenos, se estableció la presencia o ausencia de: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Clostridium*, *Salmonella SPP*, *Enterococcus* y *Pseudomonas SPP*.

El estudio de *la Escherichia Coli*, *Clostridium*, *Salmonella* y *Pseudomonas*, (bacterias analizadas a detalle por el método Biogaval véase numeral 3.5., permitió definir los sitios en los cuales existe una mayor probabilidad de detectar su presencia y el desempeño de los EPIs empleados habitualmente por el personal operativo.

Mientras tanto el análisis de *Staphylococcus Aureus* y *Enterococcus* permitió validar o descartar la presencia de este tipo de bacterias en los lugares de muestreo, hecho que adquiere relevancia puesto que los dos microorganismos no forman parte de la lista orientativa para “trabajos en instalaciones depuradoras de agua” de la guía BILOGAVAL, misma que será utilizada más adelante como base para la evaluación del riesgo biológico. (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 39)

## **2.4. EVALUACIÓN DE RIESGOS BIOLÓGICOS**

En el presente estudio para la evaluación del riesgo que supone la interacción con parásitos, virus y bacterias se empleó el método BIOGAVAL, el mismo que incluye criterios propuestos en la “Guía técnica para la evaluación del riesgo biológico” emitida por el Instituto Nacional Seguridad e Higiene del Trabajo de España (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 11). Este método evalúa diferentes aspectos de los microorganismos así como las condiciones de trabajo presentes en el desarrollo de la actividad. En los siguientes apartados se expone,

uno a uno, los diferentes criterios que se utilizaron para la cuantificación de los aspectos necesarios, para la aplicación del método utilizado para la evaluación del riesgo biológico en los puestos de trabajo objeto de estudio.

#### **2.4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PUESTOS A EVALUAR**

Para la construcción de la Matriz de Evaluación, se recogieron los resultados de la Evaluación Cualitativa de Riesgos, de tal manera, que se establecieron dos clases de puestos de trabajo; los que requieren ser estudiados a detalle con la aplicación del método Biogaval, por cuanto presentan una alta exposición a ambientes y elementos contaminados; y los que no requieren un análisis específico por tratarse de puestos de trabajo ajenos a situaciones que involucren el contacto directo con microorganismos.

#### **2.4.2. IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE BIOLÓGICO IMPLICADO**

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon los agentes biológicos descritos en el compendio “Trabajos en instalaciones depuradoras de agua” como de probable presencia en ambientes de alcantarillado, esta información responde a datos epidemiológicos y fuentes bibliográficas recopilados por el “Institut Valencia de Seguritat u Salut en el Trebal” (Insituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 39).

En la Tabla 2.5 se muestran los agentes analizados en los puestos de trabajo objeto de estudio, al grupo al que pertenecen y las enfermedades que pueden ocasionar al ser humano.

**Tabla 2.5.** Agentes biológicos y enfermedades relacionadas a trabajos en instalaciones depuradoras de aguas.

GRUPO	AGENTE BIOLÓGICO	ENFERMEDAD
Bacterias	<i>Klebsiella Pneumoniae</i>	Neumonía
	<i>Escherichia Coli</i>	Diarreas
	<i>Salmonella spp.</i>	Salmonelosis
	<i>Shigella spp.</i>	Disentería bacilar
	<i>Vibrio Cholerae</i>	Cólera
	<i>Yersinia Enterolítica</i>	Diarreas
	<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>	Tuberculosis
	<i>Bacillus Anthracis</i>	Carbunco
	<i>Actinomyces</i>	Actinomicosis
	<i>Leptospira Interrogans</i>	Leptospirosis
	<i>Legionella spp.</i>	Legionelosis
	<i>Pseudomona Aeruginosa</i>	Neumonía
	<i>Clostridium Tetani</i>	Tétanos
	<i>Clostridium Perfringens</i>	Diarreas
<i>Clostridium Botulinum</i>	Botulismo	
Hongos	<i>Candida Albicans</i>	Candidiasis
	<i>Cryptococcus Neoformans</i>	Criptococcosis
	<i>Aspergillus spp.</i>	Aspergilosis
	<i>Tricophyton spp.</i>	Micosis
	<i>Epidermophyton spp.</i>	Micosis
PARÁSITOS	<i>Entamoeba Histolítica</i>	Quiste hidatídico
	<i>Giardia Lamblia</i>	Giardiasis
	<i>Balantidium Coli</i>	Balantidiasis
	<i>Áscaris Lumbricoides</i>	Ascariidiasis



**Tabla 2.5.** Agentes biológicos y enfermedades relacionadas a trabajos en instalaciones depuradoras de aguas.  
(continuación...)

Parásitos	<i>Ancylostoma Duodenale</i>	Anquilostomiasis
	<i>Toxocara canis</i>	Toxocariasis
	<i>Toxocara catis</i>	Toxocariasis
	<i>Trichuris trichiura</i>	Ticuriasis
	<i>Fasciola Hepática</i>	Icteria obstructiva
	<i>Taenia Saginata</i>	Teniasis
	<i>Taenia Solium</i>	Teniasis
	<i>Hymenolepis Nana</i>	Teniasis

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 39)

### 2.4.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGENTE BIOLÓGICO

El desarrollo del método Biogaval requirió una investigación bibliográfica, para indagar la siguiente información particular de cada microorganismo analizado:

- Enfermedades asociadas al agente patógeno
- Vías de entrada
- Probabilidad de secuelas en el paciente
- La denominación internacional de la Enfermedad (CIE-9)
- Tiempo estándar de la enfermedad

Como punto de partida se empleó la tabla anexa del método Biogaval “Trabajos en instalaciones depuradores de aguas”, donde se describen los agentes biológicos y enfermedades comunes producto de realizar actividades de saneamiento. Posteriormente revisados los textos “Harrison’s Principles of Internal Medicine” (Fauci, Kasper y Houser, 2001) ; y “Infectious diseases in 30 days” (Frederick, 2003), se pudo establecer en qué lugares proliferan estos seres, que mecanismos emplean

para ingresar al organismo anfitrión y que dolencias residuales (secuelas) se podían generar posterior a su ataque.

Con relación a las afecciones, se consultó el nombre y codificación de cada una en la “Clasificación internacional de Enfermedades CIE-9-MC”, nomenclatura importante para evitar confusiones fruto de problemas de traducción, ambigüedades de lenguaje y términos regionales. Es posible evidenciar esta situación en el término Ántrax que en idioma inglés, es el nombre de la enfermedad pulmonar producida por el *Bacillus Antracis*, altamente mortal y conocida a nivel mundial como un posible mecanismo de guerras biológicas. En contraparte el término Ántrax en idioma español es la denominación de una infección cutánea con desarrollo de forúnculos, producida por el *Staphilococcus Aureus*.

El análisis de las enfermedades también incluyó la determinación de los días de ausentismo que demandaría al trabajador, reponerse de sus dolencias, para esto se revisó la publicación “Tiempos Estándar de Incapacidad Temporal”, elaborada por el Instituto Nacional de Seguridad Social de España (INSS), donde se recogen criterios de investigadores médicos y estadísticas generadas por los centros del propio instituto, para determinar el tiempo que requiere el paciente para sobreponerse de los diferentes procesos infecciosos, empleando tratamientos aceptados por organismos médicos.

A efectos de valorar toda la información relacionada al microorganismo y sus afecciones se emplearon las Tablas 2.6. y 2.7, que disgregan a los microorganismos en relación a la gravedad de la enfermedad, la probabilidad de secuelas y la vías de transmisión necesarias para el contagio.

**Tabla 2.6.** Valoración del daño producto de afecciones por agentes biológicos

<b>SECUELAS</b>	<b>DAÑO</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Sin secuelas	Incapacidad Temporal menor de 30 días	1
	Incapacidad Temporal mayor de 30 días	2
Con secuelas	Incapacidad Temporal menor de 30 días	3
	Incapacidad Temporal mayor de 30 días	4
	Fallecimiento	5

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 18)

**Tabla 2.7.** Vías de transmisión empleadas por el microorganismo para la infección

<b>VÍA DE TRANSMISIÓN</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Indirecta	1
Directa	1
Aérea	3

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 19)

#### **2.4.4. TASA DE INCIDENCIA DEL AÑO ANTERIOR**

La tasa de incidencia o morbilidad expresa el número de personas afectadas por una determinada enfermedad, en una población de 100 000 habitantes. Esta información permite a las entidades sanitarias monitorear la evolución de las enfermedades en la sociedad. La construcción del índice de tasa de Incidencia del Año Anterior, se efectuó a través de multiplicar el total de casos reportados por 100 000 y dividiéndolo por el número de habitantes.

En el ámbito nacional las estadísticas proporcionadas por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, no contienen cifras sobre todos los agentes biológicos

analizados. En tal virtud, se consultaron en ciertos casos bases regionales, extranjeras y ecuménicas para suplir esta carencia de información. Cabe señalar que en todo momento, se priorizó cifras provenientes de países con una realidad socio-económica similar a la del Ecuador.

Para la cuantificación del índice de incidencia de cada enfermedad parasitaria, se empleó la Tabla 2.8, que contiene una escala de cuantificación en relación al número de casos reportados.

**Tabla 2.8.** Cálculo de la puntuación en base al índice de incidencia

<b>INCIDENCIA / 100.000 habitantes</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Menor de un caso	1
De 1 a 9	2
De 10 a 99	3
De 100 a 999	4
Igual o mayor de 1 000	5

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 22)

#### **2.4.5. VACUNACIÓN**

La valoración del programa se realizó por medio de una investigación bibliográfica, para establecer la existencia a nivel mundial de vacunas que combatan una infección producida por las bacterias, hongos y parásitos objeto de estudio; para esto, se consultó el banco de información sobre “Vacunas y Prevención de Enfermedades” elaborado por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés), además se analizaron los registros del programa de vacunación de la EPMAPS. Con la información levantada se aplicó la Tabla 2.9 que asigna una puntuación dependiendo el alcance del programa de vacunación.

**Tabla 2.9.** Valoración del programa de vacunación

VACUNACIÓN	PUNTUACIÓN
Vacunados más del 90%	1
Vacunados entre el 70% y el 90%	2
Vacunados entre el 50% y el 69%	3
Vacunados menos del 50%	4
No existe vacunación	5

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 22)

#### 2.4.6. FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN

Para determinar la frecuencia de exposición se analizaron las actividades que se realizan en cada puesto de trabajo operativo en la Unidad de Operaciones Centro, éstas se encuentran descritas en el “Procedimiento para el mantenimiento de infraestructura de alcantarillado” (EPMAPS, 2013, p. 5), por medio de entrevistas al personal se definió el rol que se desempeña en cada cargo y el tiempo estimado que toma el ingreso en ambientes de alcantarillas y la manipulación de materiales contaminados, comparándolo siempre con la duración total de la jornada laboral. Los criterios de ponderación empleados se describen en la Tabla 2.10.

**Tabla 2.10.** Ponderación de la frecuencia de realización de tareas de riesgo

PORCENTAJE	PUNTUACIÓN
Raramente: < 20% del tiempo	1
Ocasionalmente: 20%- 40% del tiempo	2
Frecuentemente: 41% - 60% del tiempo	3
Muy frecuentemente: 61% - 80% del tiempo	4
Habitualmente: >80% del tiempo	5

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 23)

### 2.4.7. CUANTIFICACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL ADOPTADAS

El proceso para evidenciar las medidas de control implementadas, se realizó mediante recorridos con el personal operativo de alcantarillado, allí se constató los métodos, herramientas y equipos utilizados a diario en el desarrollo de sus actividades; simultáneamente se efectuaron entrevistas a peones, sifonieros, operadores y personal administrativo de la unidad, para determinar la aplicación y efectividad de las medidas de control ya existentes.

Se analizó la disponibilidad o ausencia de aspectos como equipos de protección personal, instalaciones adecuadas, normas y procedimientos para control higiénico, entre otros elementos descritos en el “Formulario de medidas higiénicas adoptadas” (Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 24).

A partir de los resultados encontrados se estableció el porcentaje de cumplimiento de las medidas de control propuestas por el método de estudio seleccionado, para lo cual se empleó la ecuación 2.1.

$$PORCENTAJE = \frac{Respuestasafirmativas}{Respuestasafirmativas + Respuestasnegativas} \times 100 \quad [2.1]$$

De acuerdo al porcentaje calculado en cada situación, se utilizó la Tabla 2.11 que define la puntuación por la adopción de medidas higiénicas.

**Tabla 2.11.** Ponderación de la implementación de controles

RESPUESTAS AFIRMATIVAS	PUNTUACIÓN
Menos del 50%	0
Del 50 al 79%	-1
Del 80 al 95%	-2
Más de 95%	-3

(Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010, p. 26)

#### 2.4.8. CÁLCULO DEL NIVEL DE RIESGO BIOLÓGICO

Una vez que se asignaron calificaciones a todos los apartados anteriores, se aplicó la ecuación 2.2 para el cálculo del nivel de riesgo definitivo.

$$R = (D + V) + T + I + F \quad [2.2]$$

Donde:

- R: Nivel de riesgo
- D: Daño tras su minoración con el valor obtenido de las medidas higiénicas
- V: Vacunación
- T: Vía de transmisión (habiendo restado el valor de las medidas higiénicas)
- I: Tasa de incidencia
- F: Frecuencia de realización de tareas de riesgo

Con respecto a los valores obtenidos para cada agente biológico, se establecieron dos niveles de gestión:

**Nivel de gestión biológica (NAB).**- aplicable a microorganismos que después de aplicar la ecuación de nivel de riesgo obtuvieron un valor superior a doce, en cuyo caso, requieren que se inicien acciones preventivas con la finalidad de reducir el riesgo a mediano plazo.

**Límite de exposición biológica (LEB).**- corresponde a microorganismos que obtuvieron un nivel de riesgo superior a 17, debiéndose adoptar acciones correctivas en el corto plazo para disminuir el impacto en la salud de los trabajadores.

## **2.5. IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES**

La implementación de controles se realizó a través de la adopción de acciones correctivas, para solventar el déficit de gestión detectada en la evaluación del riesgo biológico. Las acciones ejecutadas en el estudio fueron:

- Creación de un programa de dotación de EPI, para garantizar que el equipo que se entrega a los trabajadores, sea apropiado para la realización de sus actividades.
- Capacitación a la Unidad de Saneamiento Centro para concienciar al personal sobre el desarrollo de infecciones, métodos de prevención, utilización de EPI y señales de advertencia.
- Colocación de señalización de advertencia en los vehículos hidrosuctionadores.
- Elaboración de un programa de vacunas que inmunice al personal expuesto.
- Creación de un programa para vigilancia de la salud donde se determinen los estudios, que permitan detectar en etapas tempranas la aparición de enfermedades en la población trabajadora.

## **2.6. EVALUACIÓN POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN**

Una vez que se materializaron las acciones dirigidas a reducir el déficit de medidas de control, evidenciado en la evaluación inicial, se realizó una nueva evaluación empleando el método Biogaval, de esta manera se buscó determinar el impacto de las medidas de control en el nivel de riesgo biológico.



### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La gestión de riesgos de origen biológico, se llevó a cabo en la Unidad de Operaciones Centro a través del desarrollo de las etapas de: identificación, medición, evaluación, control y seguimiento, dando así cumplimiento a las disposiciones de la resolución del Consejo Directivo del IESS (CD 333); es así, que en cada etapa se pudo generar información sobre los puestos de trabajo, que servía para emprender las etapas subsiguientes, en el caso particular de la evaluación de riesgos biológicos realizada a partir del método Biogaval, esta se alimentó de las experimentaciones y resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación y de fuentes externas.

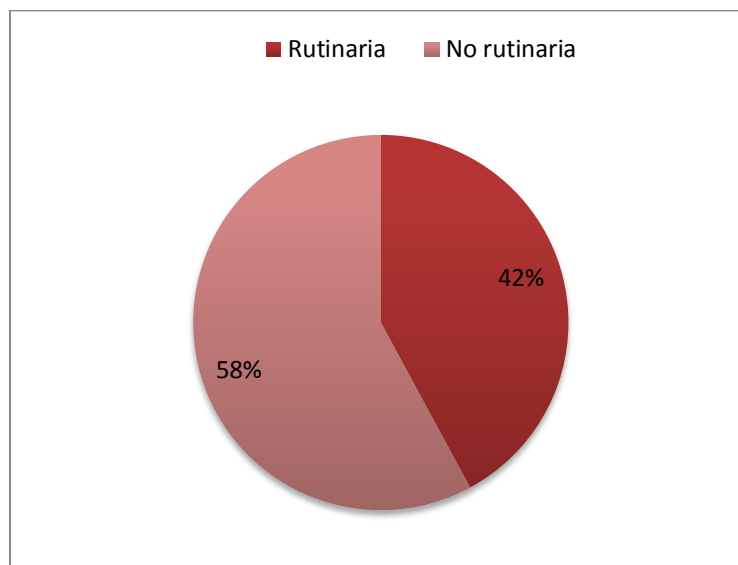
En la aplicación de este método se analizaron las características de los microorganismos, que los convierte en potencialmente peligrosos para el ser humano, con respecto a las medidas higiénicas existentes que protegen a la población expuesta, de esta manera, se pueda contar con criterios objetivos que permitan calificar a la gestión preventiva existente en la empresa como satisfactoria o insuficiente.

#### **3.1. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDADES**

En la Unidad de Operaciones Centro se analizaron nueve puestos de trabajo de carácter operativo, incluyendo cargos bajos, cargos de supervisión y jefaturas; como resultado de la aplicación de la Matriz de identificación de peligros, se encontró que el 42% de las actividades descritas en el “Procedimiento para Mantenimiento de la Infraestructura de Saneamiento”, que son desarrolladas por cada puesto de trabajo son de carácter rutinario, es decir, se realizan habitualmente y para el presente estudio son las que determinan en mayor medida las características del riesgo ocupacional. Entre las principales causas que fundamente el porcentaje de actividades rutinarias se encuentra la subcontratación de trabajos que en el pasado estuvieron a cargo de personal de la unidad, que actualmente se encuentran siendo

ejecutadas por terceros; y actividades de índole operativa que únicamente tienen lugar cuando se suscitan emergencias como colapsos e inundaciones mayores.

En la Figura 3.1 se ilustra un comparativo porcentual de las dos clases de actividades.



**Figura 3.1.** Porcentaje de actividades rutinarias y no rutinarias que se ejecutan en los puestos de trabajo de la Unidad de Operaciones Centro

## 3.2. ANÁLISIS DE PUESTOS

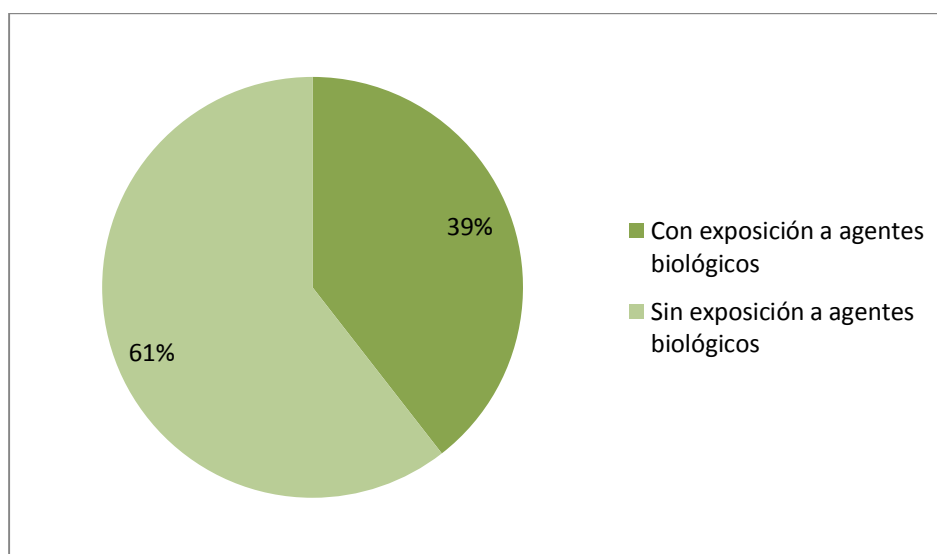
### 3.2.1. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

La identificación permitió definir los puestos ocupacionales que suponen un contacto con agentes microbianos. Se estratificaron los cargos que contienen actividades con exposición a elementos y ambientes contaminados por microorganismos y por otra parte en los que esta condición se encuentra ausente.

Como resultado se concluyó que en el 39% de actividades, que realiza el personal de la Unidad, se produce una interacción con fluidos y ambientes de alcantarillado. Esta cifra se debe a las siguientes razones: los cargos de supervisión y las jefaturas

únicamente se exponen a parásitos, bacterias y hongos cuando realizan inspecciones en campo, mientras que la mayor parte de la jornada laboral la destinan a realizar trabajo administrativo; y por otra parte, se encontraron actividades para la reparación de infraestructura de alcantarillado, en las que no se requiere el ingreso del personal al interior de los drenajes, entre los que se encuentran el desalojo de escombros, el corte de pavimento, la reparación y sustitución de rejillas, etc.

En la Figura 3.2 se ilustra los porcentajes que alcanzan las actividades que involucran exposición y los que se realizan en otro tipo de ambientes.



**Figura 3.2.** Porcentaje del tipo de exposición que involucra la ejecución de actividades en la Unidad de Operaciones Centro.

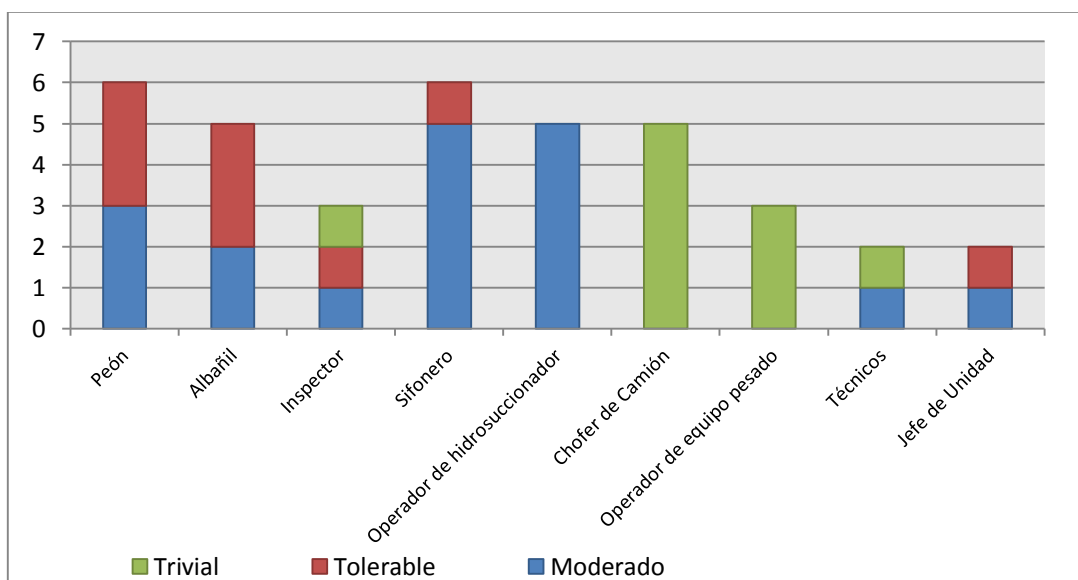
### 3.2.2. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE RIESGOS

Como resultado de la evaluación de riesgos se encontró que los puestos con mayor exposición a agentes biológicos son los de “sifonero” y el de “operador de hidrosuccionador”. Esto se debe a que la principal actividad que desempeñan en estos cargos, es el mantenimiento y desobstrucción de la red de alcantarillado,

actividad que involucra el contacto directo con aguas residuales y el ingreso a ambientes de alcantarillado de manera rutinaria.

Los cargos de peón y albañil poseen hasta tres actividades con un riesgo biológico implícito de moderado. Esto se debe a que parte de sus actividades se realizan en el interior de los sistemas de alcantarillado, mientras tanto otras se realizan en el exterior. Además, considerando que su principal labor es la realización de trabajos de obra civil, no tienen contacto con descargas domiciliarias, puesto que los ductos y ramales en donde desempeñan su labor son previamente desobstruidos y se restringe el flujo de líquido contaminado.

Las personas que cumplen funciones de inspector, técnicos y jefe de unidad ocupan la mayor parte de la jornada laboral en trabajo administrativo, las inspecciones técnicas en infraestructura de saneamiento se realiza eventualmente, para dar seguimiento a la planificación operativa o para evaluar daños de magnitud suscitados en los sistemas, por tal razón solo presentan una actividad con un nivel de riesgo moderado. En la Figura 3.3, se muestra una representación gráfica del nivel de riesgo implícito a la ejecución de actividades por puesto de trabajo.



**Figura 3.3.** Nivel de riesgo al ejecutar actividades de los puestos de trabajo operativos, en la Unidad de Saneamiento Centro.

### 3.3. MONITORIZACIÓN

#### 3.3.1. ANÁLISIS DE AMBIENTES

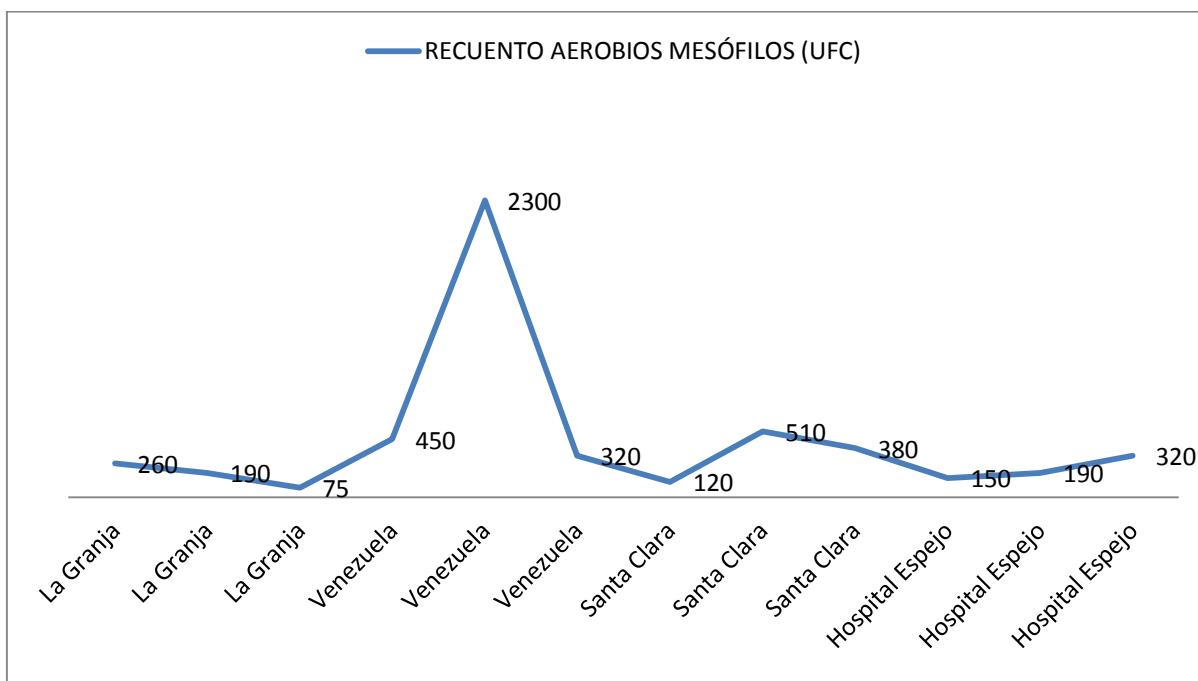
La medición para el control microbiológico mediante cultivos en cajas de agar, se realizó con la finalidad de determinar los ambientes que poseen una mayor carga de Unidades Formadoras de Colonias y las familias de microorganismos que los habitan. Se estratificaron cuatro tipos de ambientes de alcantarillado en razón de su cercanía a actividades económicas como mercados, micro industrias, hospitales y hogares, realizándose en cada uno el recuento de *mesófilos aerobios*, *coliformes* y *hongos*. El recuento de mesófilos aerobios busca aislar del universo total de microorganismos, tan solo aquellos que se desarrollan en temperaturas entre los 15° a 35°C, y adicionalmente requieren ambientes ricos en oxígeno para subsistir.

En la Tabla 3.1 se pueden observar los resultados de la monitorización realizada en los diferentes sectores. A partir de los datos obtenidos se determina que el punto con mayor concentración de UFC es el sector de la “Calle Venezuela”.

**Tabla 3.1.** Rangos de mesófilos aerobios por tipo de sector

LUGAR	VALOR MÍNIMO (ufc)	VALOR MÁXIMO (ufc)	CALIFICACIÓN
Sector Calle La Granja	75	260	Inaceptable previo a limpieza
Sector Calle Venezuela	320	2300	Inaceptable previo a limpieza
Sector Calle Santa Clara	120	510	Inaceptable previo a limpieza
Sector Hospital Eugenio Espejo	150	320	Inaceptable previo a limpieza

En la Figura 3.4 se muestra la cantidad de UFC compuesta por mesófilos aerobios encontradas en cada punto de muestreo.



**Figura 3.4.** Recuento de mesófilos aerobios por sector en unidades (ufc)

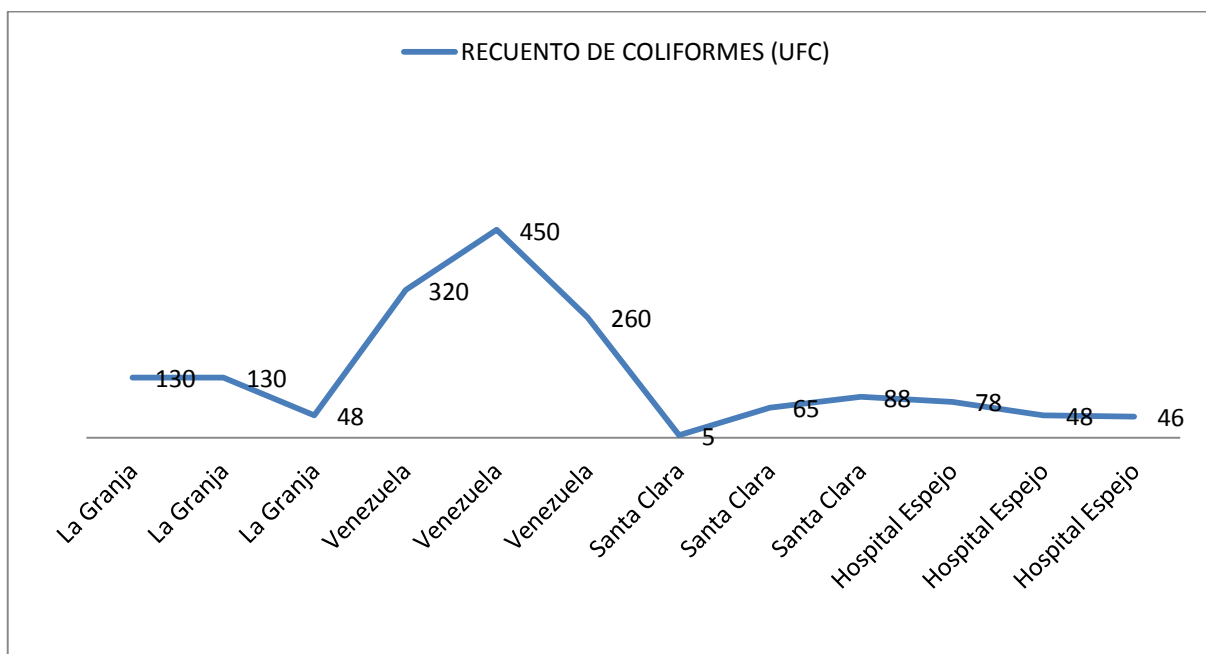
En la medición de coliformes realizada en las cuatro zonas objeto de estudio, se encontró que las cajas con agar ubicadas en la calle Venezuela y la Granja contuvieron un mayor número de UFC, la principal razón que fundamenta este hecho, se encuentra en la clase de vertidos que recorren los canales de la zona en mención. Los sistemas de alcantarillado de las dos zonas enunciadas poseen un mayor número de conexiones domiciliarias, cuyos afluentes están compuestos en gran parte por excretas humanas.

La denominación de coliformes se emplea para referirse a un grupo de bacterias provenientes del intestino de animales y del hombre. La principal bacteria de esta clase es la *Escherichia Coli*, descubierta por el científico Theodor von Escherich en el año de 1860 (Haghurst, 2004, p. 6). En la Tabla 3.2 se indican los resultados de la monitorización realizada en los diferentes sectores, donde se generan los siguientes rangos de coliformes.

**Tabla 3.2.** Rangos generados del recuento de coliformes por tipo de sector

LUGAR	VALOR MÍNIMO (ufc)	VALOR MÁXIMO (ufc)	CALIFICACIÓN
Sector Calle La Granja	48	130	Inaceptable previo a limpieza
Sector Calle Venezuela	260	450	Inaceptable previo a limpieza
Sector Calle Santa Clara	5	88	Inaceptable previo a limpieza
Sector Hospital Eugenio Espejo	46	78	Inaceptable previo a limpieza

En la Figura 3.5 se indica el número de UFC producto del recuento de coliformes en cada punto de muestreo.

**Figura 3.5.** Recuento de coliformes por sector en unidades (ufc)

En el análisis de ambientes se pudo encontrar una mayor presencia hongos y sus esporas, en alcantarillas conductoras de descargas producidas en el Mercado Santa

Clara, como se ilustra en la Tabla 3.3 y la Figura 3.6, la principal causa para este hecho yace en la propiedad de los hongos para proliferar en ambientes ricos en materia orgánica en descomposición.

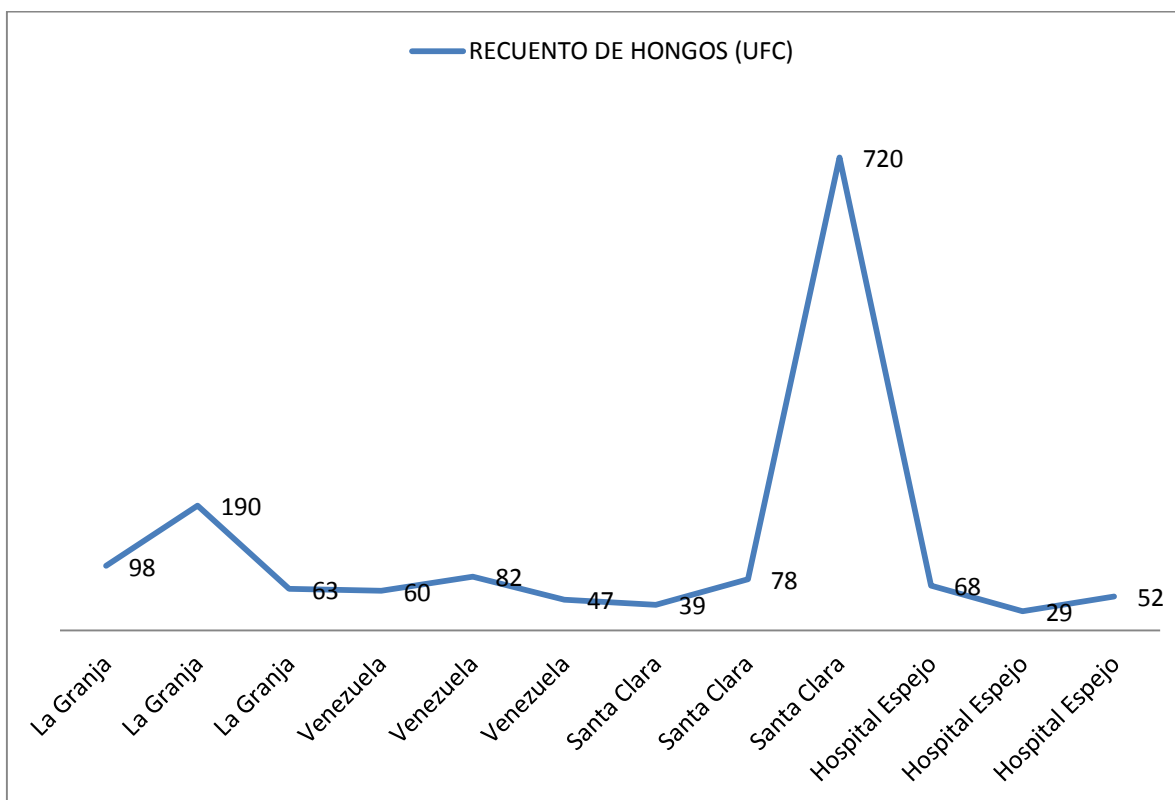
El reino de los hongos principalmente los saprófitos, cuya denominación proviene de la frase “planta podrida”, se alimentan de materiales orgánicos en putrefacción de origen animal y vegetal. A diferencia de las plantas son incapaces de generar clorofila, situación que les impide transformar los nutrientes del suelo en derivados orgánicos para su consumo. En el equilibrio ambiental son de gran importancia puesto que al proliferar en la materia en descomposición, la degradan en el suelo, modificando sus características volviéndolo apto para albergar vida(Christensen, 1964, p. 3).En la Tabla 3.3 se muestran los resultados de la monitorización realizada en los diferentes sectores, donde se generan los siguientes rangos por el recuento de hongos.

**Tabla 3.3.** Rangos generados del recuento de hongos por tipo de sector

<b>LUGAR</b>	<b>VALOR MÍNIMO (ufc)</b>	<b>VALOR MÁXIMO (ufc)</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
Sector Calle La Granja	63	190	Inaceptable previo a limpieza
Sector Calle Venezuela	47	82	Inaceptable previo a limpieza
Sector Calle Santa Clara	39	720	Inaceptable previo a limpieza
Sector Hospital Eugenio Espejo	29	68	Inaceptable previo a limpieza

En la Figura 3.6 se muestra el número de UFC producto del recuento de hongos en cada punto de muestreo.





**Figura 3.6.** Recuento de hongos por sector en unidades (ufc)

El control microbiológico de manipuladores por medio de hisopado, fue el procedimiento empleado para comprobar la efectividad del equipo de protección, constituyéndose como una barrera que impida el acceso de microorganismos a las vías de entrada del cuerpo humano.

Se analizaron seis tipos de agentes patógenos para comprobar la eficacia del equipo al momento de enfrentarse a microorganismos con morfologías y características diferentes.

En las Tablas 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8 se indican los resultados del hisopado en manipuladores para los diferentes agentes biológicos.

**Tabla 3.4.** Presencia / ausencia de *Staphilococcus Aureus* por tipo de sector

<b>Lugar</b>	<b>Hisopado de manos previo al ingreso</b>	<b>Hisopado de EPI posterior al ingreso</b>	<b>Hisopado de manos posterior al ingreso</b>
Sector Calle La Granja	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Venezuela	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Santa Clara	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Hospital Eugenio Espejo	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA

**Tabla 3.5.** Presencia / ausencia de *Escherichia Coli* por tipo de sector

<b>Lugar</b>	<b>Hisopado de manos previo al ingreso</b>	<b>Hisopado de EPI posterior al ingreso</b>	<b>Hisopado de manos posterior al ingreso</b>
Sector Calle La Granja	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Venezuela	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Santa Clara	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Hospital Eugenio Espejo	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA

**Tabla 3.6.** Presencia / ausencia de *Clostridium* por tipo de sector

<b>Lugar</b>	<b>Hisopado de manos previo al ingreso</b>	<b>Hisopado de epi posterior al ingreso</b>	<b>Hisopado de manos posterior al ingreso</b>
Sector Calle La Granja	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Venezuela	AUSENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Santa Clara	PRESENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Hospital Eugenio Espejo	PRESENCIA	PRESENCIA	PRESENCIA

**Tabla 3.7.** Presencia / ausencia de *Salmonella spp* por tipo de sector

Lugar	Hisopado de manos previo al ingreso	Hisopado de epi posterior al ingreso	Hisopado de manos posterior al ingreso
Sector Calle La Granja	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Venezuela	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Santa Clara	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Hospital Eugenio Espejo	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA

**Tabla 3.8.** Presencia / ausencia de *Enterococcus* por tipo de sector

Lugar	Hisopado de manos previo al ingreso	Hisopado de epi posterior al ingreso	Hisopado de manos posterior al ingreso
Sector Calle La Granja	AUSENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Venezuela	AUSENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Santa Clara	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Hospital Eugenio Espejo	PRESENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA

**Tabla 3.9.** Presencia / ausencia de *Pseudomonas* por tipo de sector

Lugar	Hisopado de manos previo al ingreso	Hisopado de epi posterior al ingreso	Hisopado de manos posterior al ingreso
Sector Calle La Granja	AUSENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Venezuela	AUSENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA
Sector Calle Santa Clara	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Sector Hospital Eugenio Espejo	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA

La bacteria *clostridium* causante de enfermedades como tétanos, botulismos y diarreas, fue detectada en los tres hisopados realizados en el Hospital Eugenio Espejo. Las *endosporas C tetani* proveniente de esta bacteria anaerobia grampositiva, proliferan en ambientes hospitalarios, el suelo y el polvo (Presscott, 1999, p. 819). En la Tabla 3.6 el análisis refleja que el ambiente circundante a edificios de asistencia sanitaria y más aún los puntos de descarga, contienen la mencionada bacteria, por esta razón el equipo de protección que se destine para el personal expuesto debe cubrir la totalidad de la zona dérmica.

Las muestras tomadas en las calles Venezuela y la Granja probaron la presencia de *enterococcus*, *clostridium* y *pseudomonas* (como se muestra en las tablas 3.6, 3.7 y 3.9), en los guantes del personal que ingresó a realizar labores de mantenimiento y desobstrucción. Sin embargo estos patógenos no pudieron penetrar hacia la zona dérmica de las manos, es decir el equipo de protección fue efectivo en esta situación.

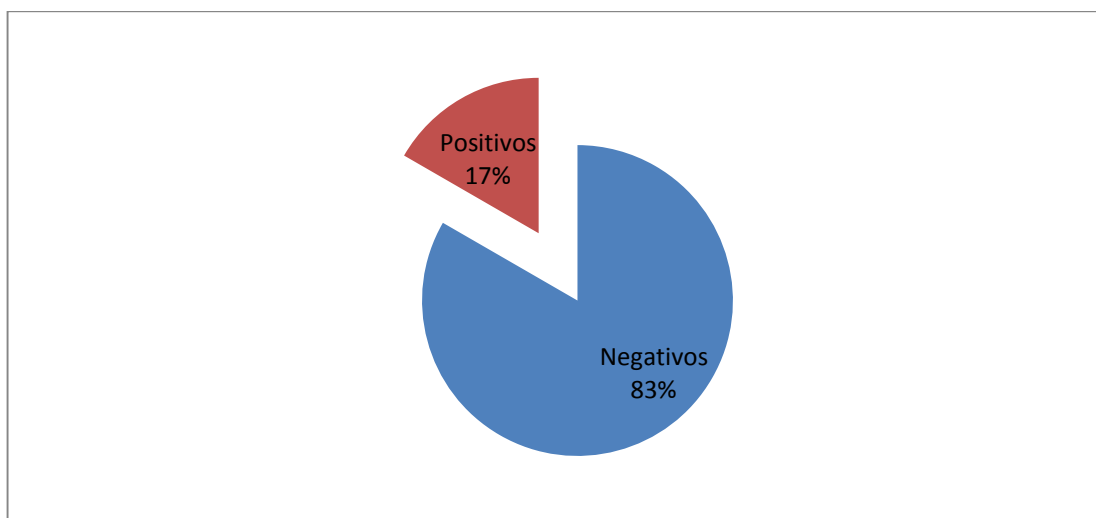
La bacteria *enterococcus* de origen fecal, en el campo de la investigación microbiológica desempeña un papel importante, pues mediante su detección es posible probar la contaminación de fuentes acuíferas, con vertidos de aguas servidas. Esto se debe a que poseen una mayor resistencia que los coliformes al liberarse en agua salada. En cambio, la familia de las *Pseudomonas* entre las que se destaca la *Pseudomona Aeruginosa* son bacilos gram positivos, cuya morfología se compone de un bacilo polar que le proporciona movilidad, habitan en el suelo y agua estancada además de estar presentes en el intestino de varios animales.

La infección en seres humanos se produce con mayor facilidad en organismos inmunodeprimidos, manifestándose en cualquier órgano o tejido con preferencia en vías urinarias, pulmones, endocardio, cornea y Huesos. Los cuadros clínicos asociados con este microorganismo son las infecciones en vías urinarias y pulmonares, meningitis, septicemia, entre otras (Cabello, 2007, p. 875).

### 3.3.2. ANÁLISIS DE MANOS DEL PERSONAL

En los análisis de hisopado se encontraron resultados atípicos, específicamente en las Tablas 3.6 y 3.8 se pudo detectar la presencia de *enterococcus* y *clostridium* en muestras recolectadas sobre las manos del personal previo al ingreso, y ausentes en muestras posteriores al ingreso.

En la Figura 3.7 se muestra de manera global el número porcentual de muestras que arrojaron resultados positivos y negativos.

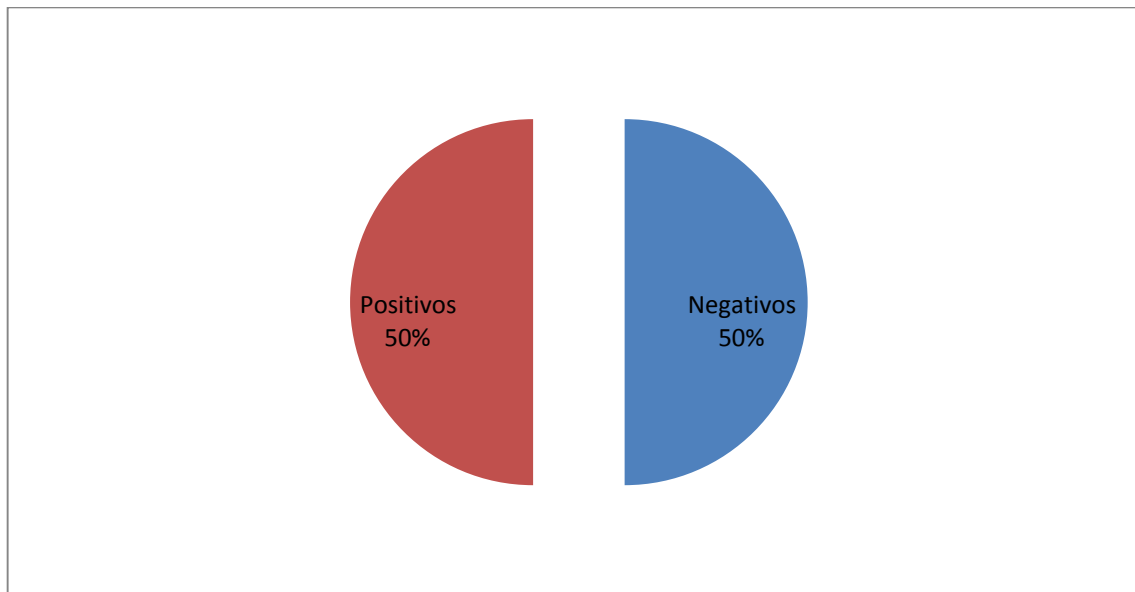


**Figura 3.7.** Análisis porcentual de hisopado de manos de personal previo al ingreso en alcantarillado

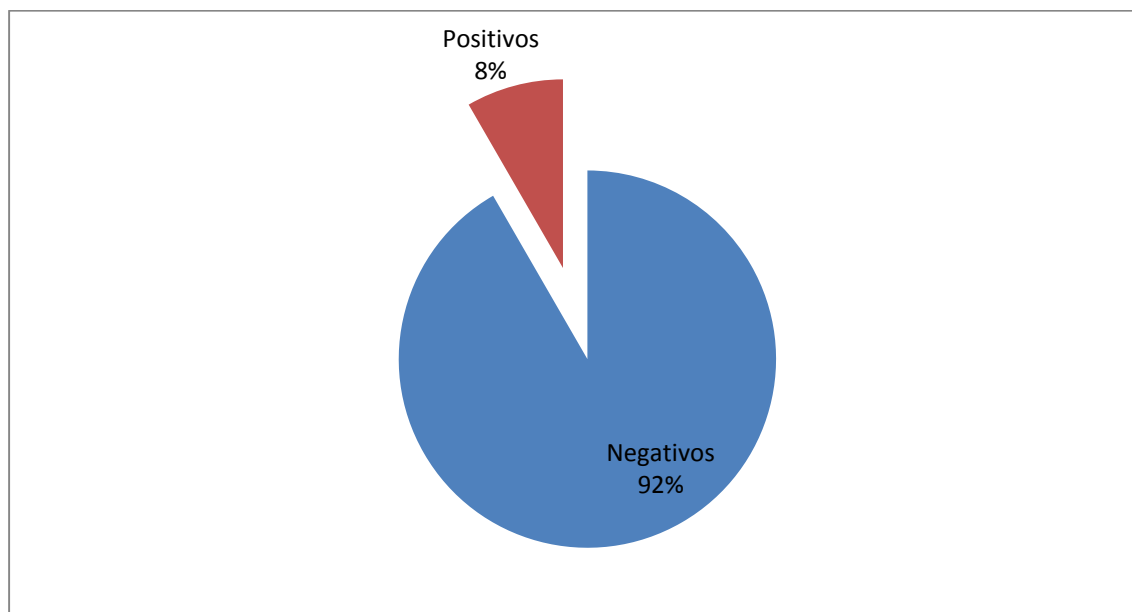
El hisopado de manos efectuado previo al ingreso muestra que en el 17% de casos, la piel de personal ya poseía microorganismos, esto quiere decir que fueron contaminados por objetos o materiales previamente al inicio de las actividades ejecutadas.

En los análisis restantes efectuados posteriormente al ingreso en alcantarillas, Figura 3.8 y 3.9, se puede colegir que el equipo de protección se constituyó en una barrera eficiente, al momento de impedir la contaminación de la zona dérmica en el personal

expuesto. Únicamente en el 8% de casos las muestras arrojaron presencia de agentes patógenos.



**Figura 3.8.** Análisis porcentual de hisopado de EPI contaminado por contacto con superficies de alcantarillado



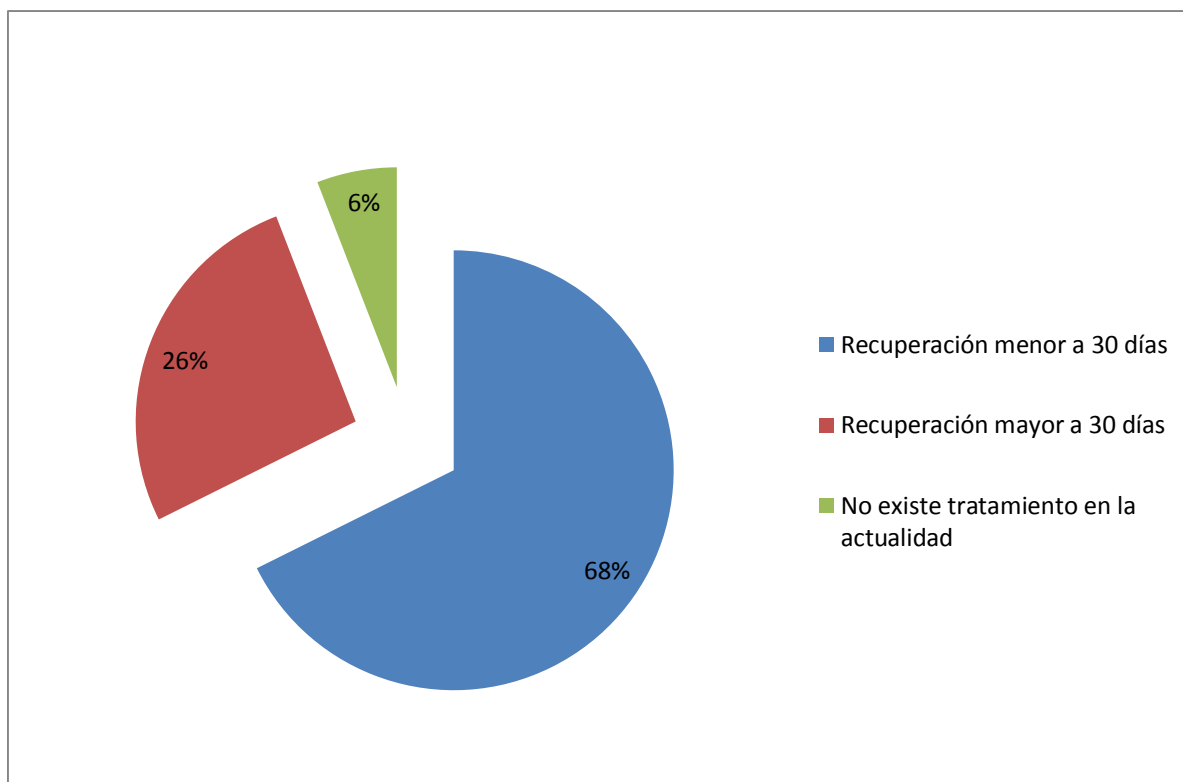
**Figura 3.9.** Análisis porcentual de hisopado de manos posterior al ingreso en alcantarillado

### 3.4. EVALUACIÓN DE RIESGOS BIOLÓGICOS

La evaluación del nivel de riesgo biológico utilizando el método Biogaval, consistió en calificar aspectos relacionados a las afecciones causadas por microorganismos y las acciones preventivas implementadas por la empresa, para establecer el grado de suficiencia o déficit de éstas en una etapa inicial.

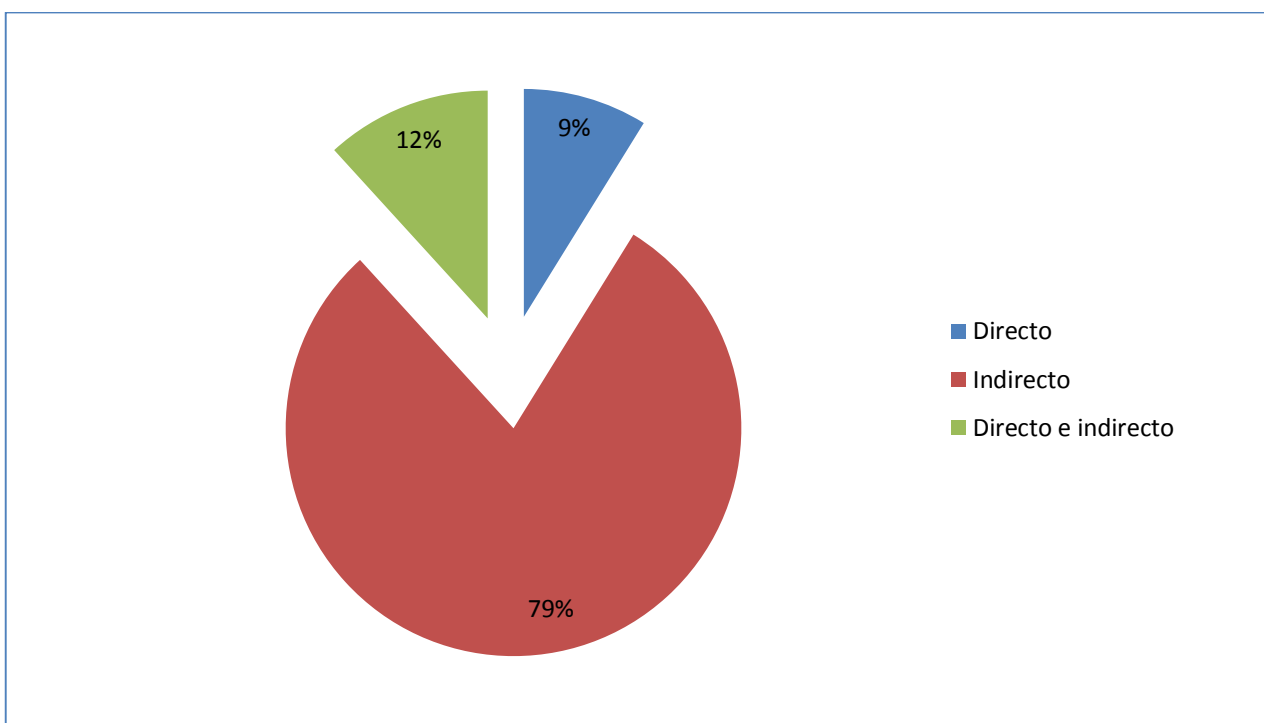
#### ANÁLISIS DE ENFERMEDADES EVALUADAS

Las enfermedades descritas en la Tabla 3.10 en virtud del tiempo de recuperación que supondría su padecimiento, requieren en su mayor parte una recuperación inferior a 30 días, como se ilustra en el Figura 3.10.



**Figura 3.10.** Análisis porcentual de enfermedades evaluadas en virtud de su potencial de daño.

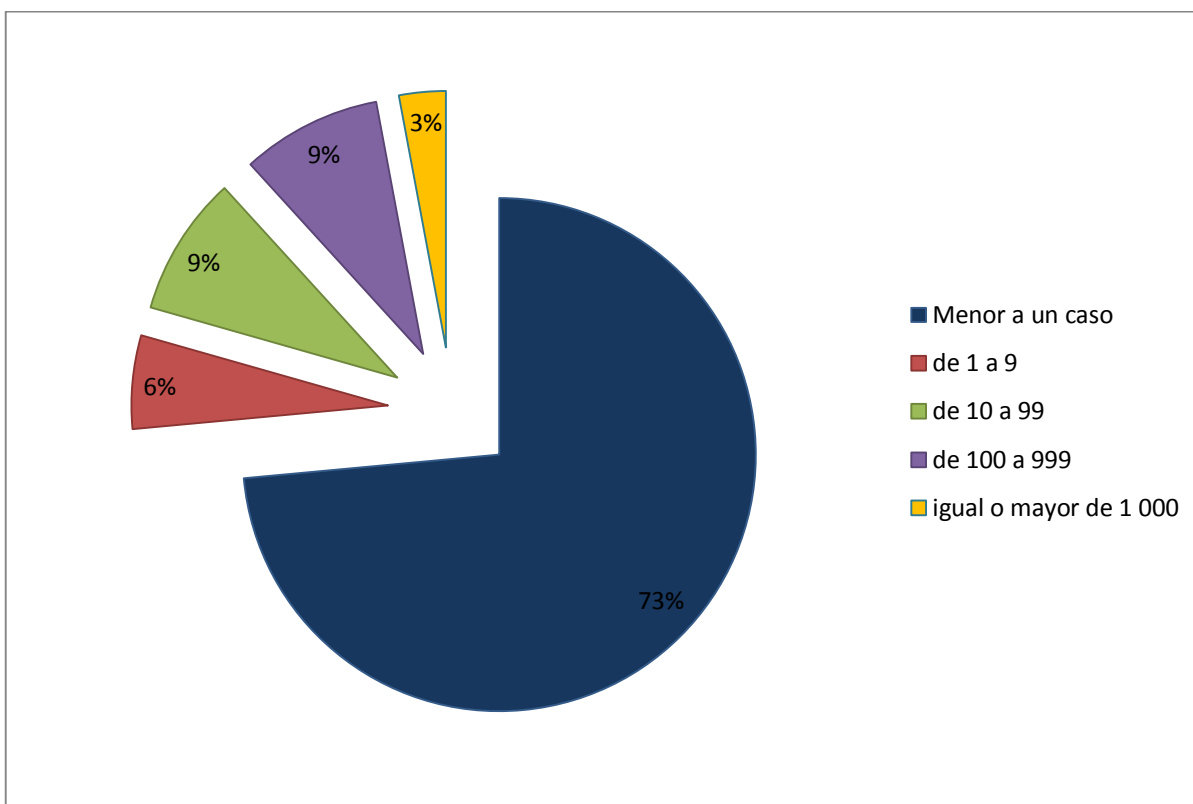
En el presente trabajo de investigación se excluyeron los virus, en tal virtud, no se encontraron microorganismos que utilicen el contacto aéreo para infectar al ser humano. En el Figura 3.11, se muestra el porcentaje de agentes que utilizan los diferentes tipos de contacto para proliferar en un organismo anfitrión.



**Figura 3.11.** Análisis porcentual del tipo de contacto empleado por los agentes biológicos para infectar al ser humano.

En las consultas efectuadas a los bancos de información del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, la Organización Mundial de la Salud, Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad de España y la Dirección General de Epidemiología de México, se encontró que el 73% de las patologías presentadas por los microorganismos analizados poseen un índice de morbilidad inferior a un caso por cada 100 000 habitantes. Los índices de morbilidad que presenta la población de microorganismos se presenta en el Figura 3.12.





**Figura 3.12.** Análisis porcentual de enfermedades con respecto al número de casos reportados por cada 100 000 habitantes.

La mayor parte de los agentes investigados presenta un índice de morbilidad bajo, debido a que el tipo de enfermedades que producen índice alto, se relacionan directamente con prácticas profesionales específicas, como el manejo de animales en condiciones insalubres o en la aplicación de prácticas arcaicas, situaciones poco generales en el mundo moderno. Por otra parte, otro grupo de enfermedades ya han sido erradicadas con programas sanitarios nacionales, como el caso de epidemias de cólera provocadas por la bacteria *Vibrio cholerae*. Por tal motivo, al no ser enfermedades comunes en la población, en la mayoría de fuentes de información no son incluidas en los reportes de morbilidad.

Por otra parte en el Figura 3.12 se muestra que el 3% de enfermedades, posee un índice de morbilidad superior a 1 000 casos reportados en una población de 100 000 habitantes. La bacteria *escherichia coli* causante principal de gastroenteritis y afecciones estomacales provoca deshidratación extrema en el paciente, presentando

diarreas. En el Ministerio de Salud Pública únicamente se hace mención al nombre genérico de “diarrea” para referirse a múltiples infecciones estomacales causadas por diferentes agentes patógenos. En ese sentido al no encontrarse una cifra exacta de casos de “diarrea” atribuibles a este microorganismo, se toma la cifra general resultando un alto índice de reporte.

Como resultado de la cuantificación de la clasificación del daño, vías de transmisión, índice de morbilidad, tiempo de exposición y medidas higiénicas adoptadas se pudo estratificar para cada puesto de trabajo, los agentes biológicos que se encuentran bajo o en el nivel de acción biológica y los que sobrepasan el límite de exposición biológico, en cuyo caso demandan la adopción de medidas higiénicas emergentes. En las Tablas 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13, se muestra el nivel de riesgo biológico que involucran las actividades de saneamiento, para cada puesto de trabajo.

**Tabla 3.10.** Niveles de riesgo biológico evaluados en el puesto de albañil

NOMBRE DEL AGENTE	RANGO NIVEL DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO BIOLÓGICO
<i>Klebsiella Pneumoniae</i>	X>12	Bajo el nivel de acción biológico (No requiere la adopción de medidas preventivas)
<i>Escherichia Coli</i>		
<i>Salmonella spp</i>		
<i>Shigella spp</i>		
<i>Vibrio Cholerae</i>		
<i>Yersinia Enterocolítica</i>		
<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>		
<i>Actinomyces</i>		
<i>Clostridium Perfringens</i>		
<i>Candida Albicans</i>		
<i>Cryptococcus Neoformans</i>		
<i>Aspergillus spp.</i>		
<i>Tricophyton spp.</i>		

**Tabla 3.10.** Niveles de riesgo biológico evaluados en el puesto de albañil  
(continuación...)

<i>Epidermophyton spp</i>	X>12	Bajo el nivel de acción biológico (No requiere la adopción de medidas preventivas)
<i>Giardia Lamblia</i>		
<i>Balantidium Coli</i>		
<i>Áscaris Lumbricoides</i>		
<i>Ancylostoma Duodenate</i>		
<i>Hymenolepis Nana</i>		
<i>Bacillus Anthracis</i>	17<X<12	Nivel de acción biológica(Requiere la adopción de medidas para reducir la exposición)
<i>Leptospira Interrogans</i>		
<i>Legionella spp</i>		
<i>Pseudomona aeruginosa</i>		
<i>Clostridium tetani</i>		
<i>Clostridium botulinum</i>		
<i>Trichuris Trichiura</i>		
<i>Fasciola Hepática</i>		
<i>Taenia Saginata</i>		
<i>Taenia Solium</i>		
<i>Entamoeba Histolítica</i>	17<X	Limite de acción biológica (Riesgo intolerable requiere acciones inmediatas)
<i>Toxocara Canis</i>		
<i>Toxocara Catis</i>		
<i>Toxoplasma Gondil</i>		
<i>Echinococcus spp</i>		

**Tabla 3.11.** Niveles de riesgo biológico evaluados en los puestos de trabajo de: inspector, jefe de unidad y técnico

NOMBRE DEL AGENTE	RANGO NIVEL DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO BIOLÓGICO
<i>klebsiella Pneumoniae</i>	X>12	Bajo el nivel de acción biológico (No requiere la adopción de medidas preventivas)
<i>Escherichia Coli</i>		
<i>Salmonella spp</i>		
<i>Shigella spp</i>		
<i>Vibrio Cholerae</i>		
<i>Yersinia Enterocolítica</i>		

**Tabla 3.11.** Niveles de riesgo biológico evaluados en los puestos de trabajo de: inspector, jefe de unidad y técnico  
(continuación...)

<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>	X>12	Bajo el nivel de acción biológico (No requiere la adopción de medidas preventivas)
<i>Bacillus Anthracis</i>		
<i>Actinomyces</i>		
<i>Leptospira Interrogans</i>		
<i>Clostridium tetani</i>		
<i>Clostridium Perfringens</i>		
<i>Clostridium botulinum</i>		
<i>Candida Albicans</i>		
<i>Cryptococcus Neoformans</i>		
<i>Aspergillus spp.</i>		
<i>Tricophyton spp.</i>		
<i>Epidermophyton spp</i>		
<i>Giardia Lamblia</i>		
<i>Balantidium Coli</i>		
<i>Áscaris Lumbricoides</i>		
<i>Ancylostoma Duodenate</i>		
<i>Trichuris Trichiura</i>		
<i>Fasciola Hepática</i>		
<i>Taenia Saginata</i>		
<i>Taenia Solium</i>		
<i>Hymenolepis Nana</i>		
<i>Legionella spp</i>		
<i>Pseudomona aeruginosa</i>		
<i>Entamoeba Histolítica</i>	17<X<12	Nivel de acción biológica(Requiere la adopción de medidas para reducir la exposición)
<i>Toxocara Canis</i>		
<i>Toxocara Catis</i>		
<i>Toxoplasma Gondil</i>		
<i>Echinococcus spp</i>		

**Tabla 3.12.** Niveles de riesgo biológico evaluados en los puestos de trabajo de:  
Operador de eductor y peón

NOMBRE DEL AGENTE	RANGO NIVEL DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO BIOLÓGICO
<i>Klebsiella Pneumoniae</i>	X>12	Bajo el nivel de acción biológico (No requiere la adopción de medidas preventivas)
<i>Escherichia Coli</i>		
<i>Salmonella spp</i>		
<i>Shigella spp</i>		
<i>Vibrio Cholerae</i>		
<i>Yersinia Enterocolítica</i>		
<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>		
<i>Actinomyces</i>		
<i>Clostridium Perfringens</i>		
<i>Candida Albicans</i>		
<i>Cryptococcus Neoformans</i>		
<i>Aspergillus spp.</i>		
<i>Tricophyton spp.</i>		
<i>Epidermophyton spp</i>		
<i>Giardia Lamblia</i>		
<i>Balantidium Coli</i>		
<i>Áscaris Lumbricoides</i>		
<i>Ancylostoma Duodenate</i>		
<i>Hymenolepis Nana</i>		
<i>Bacillus Anthracis</i>	17<X<12	Nivel de acción biológica (Requiere la adopción de medidas para reducir la exposición)
<i>Leptospira Interrogans</i>		
<i>Legionella spp</i>		
<i>Pseudomona aeruginosa</i>		
<i>Clostridium tetani</i>		
<i>Clostridium botulinum</i>		
<i>Trichuris Trichiura</i>		
<i>Fasciola Hepática</i>		
<i>Taenia Saginata</i>		
<i>Taenia Solium</i>		

**Tabla 3.12.** Niveles de riesgo biológico evaluados en los puestos de trabajo de:  
Operador de educador y peón  
(continuación...)

<i>Entamoeba Histolítica</i>	17<X	Limite de acción biológica (Riesgo intolerable requiere acciones inmediatas)
<i>Toxocara Canis</i>		
<i>Toxocara Catis</i>		
<i>Toxoplasma Gondil</i>		
<i>Echinococcus spp</i>		

**Tabla 3.13.** Niveles de riesgo biológico evaluados en el puesto de trabajo de Sifonero

NOMBRE DEL AGENTE	RANGO NIVEL DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO BIOLÓGICO
<i>klebsiella Pneumoniae</i>	X>12	Bajo el nivel de acción biológico (No requiere la adopción de medidas preventivas)
<i>Escherichia Coli</i>		
<i>Salmonella spp</i>		
<i>Shigella spp</i>		
<i>Vibrio Cholerae</i>		
<i>Yersinia Enterocolítica</i>		
<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>		
<i>Actinomyces</i>		
<i>Clostridium Perfringens</i>		
<i>Candida Albicans</i>		
<i>Cryptococcus Neoformans</i>		
<i>Aspergillus spp.</i>		
<i>Tricophyton spp.</i>		
<i>Epidermophyton spp</i>		
<i>Giardia Lamblia</i>		
<i>Balantidium Coli</i>		
<i>Áscaris Lumbricoides</i>		
<i>Ancylostoma Duodenate</i>		
<i>Hymenolepis Nana</i>		

**Tabla 3.13.** Niveles de riesgo biológico evaluados en el puesto de trabajo de Sifonero (continuación...)

<i>Bacillus Anthracis</i>	17<X<12	Nivel de acción biológica (Requiere la adopción de medidas para reducir la exposición)
<i>Leptospira Interrogans</i>		
<i>Legionella spp</i>		
<i>Clostridium tetani</i>		
<i>Clostridium botulinum</i>		
<i>Trichuris Trichiura</i>		
<i>Fasciola Hepática</i>		
<i>Taenia Saginata</i>		
<i>Taenia Solium</i>		
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	17<X	Limite de acción biológica (Riesgo intolerable requiere acciones inmediatas)
<i>Entamoeba Histolítica</i>		
<i>Toxocara Canis</i>		
<i>Toxocara Catis</i>		
<i>Toxoplasma Gondil</i>		
<i>Echinococcus spp</i>		

Al realizar un análisis global se observa que los puestos de albañil, sifonero y operador de eductor poseen una alta exposición a riesgos importantes. Por cuanto, la cuantificación específica de agentes patógenos muestra la existencia de bacterias, hongos y parásitos que sobrepasan el límite de exposición biológica.

Específicamente en el análisis de los agentes que afectan a cada puesto de trabajo, en orden de relevancia se considera imperativa la adopción de medidas higiénicas en los trabajadores que cumplen la función de “sifonero”, por cuanto se determinó que posee un mayor número de microorganismos patógenos con un nivel de riesgo biológico ponderado superior a 17 (Límite de exposición biológica).

### **3.5. IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES**

Tomando como base los resultados obtenidos durante la evaluación de riesgos biológicos, se enfocaron los esfuerzos para superar la situación inicial, en la implementación de medidas higiénicas adicionales a las existentes en primera instancia. Es así, que se reforzaron las herramientas que norman el uso del equipo de protección personal, a través de la construcción de una nueva matriz y puesta en marcha de los Análisis de Riesgos de Tarea y subcomités de seguridad para vigilar el buen uso de los implementos; se priorizó, la capacitación del personal en materia de riesgos biológicos, entendiéndose a éste como el mecanismo para la formación de una cultura y finalmente se instaló señalética alusiva a esta clase de riesgos, con pictogramas ya conocidos por las personas de la Unidad de Saneamiento Centro.

En el mediano plazo se deben considerar medidas higiénicas que demandan una inversión superior, para conseguir una disminución más representativa del nivel de riesgo, como la limpieza de prendas utilizadas en el trabajo por parte del empleador, emprender un programa de vigilancia de la salud y otro de vacunación.

#### **3.5.1. MATRIZ DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

Durante el levantamiento de información no se evidenció la existencia de una matriz unificada, para la entrega de equipo de protección personal. Es así, que no existía un criterio para determinar los ítems que componen cada dotación, ni el tiempo de duración recomendable para cada equipo.

Tomando en cuenta los resultados derivados de la monitorización y la evaluación se creó una matriz de EPI, para cada puesto de trabajo considerando el tipo de actividades que desempeñan los diferentes cargos. En la Figura 3.13 se muestra a un trabajador de saneamiento empleando el EPI propuesto.





**Figura 3.13.** Fotografía que muestra a un trabajador de la Unidad de Saneamiento Centro utilizando equipos de protección

En la Tabla 3.14, se detallan los equipos de protección individual que deben ser dotados anualmente a los puestos de saneamiento.

**Tabla 3.14.** Matriz de Equipos de Protección Individual para los puestos de trabajo de la Unidad de Operaciones Centro de la EPMAPS

EQUIPOS	Albañil	Inspector	Jefe de Unidad	Operador de Eductor	Peón	Sifonero	Técnico
Bota de Caucho (Pares)	1	1	1	1	2	2	1
Botines de Seguridad (Pares)	2	2	1	2	2	2	1
Casco tipo Minero (Unidades)	0	0	0	0	0	1	0
Chaleco Reflectivo (Unidades)	1	1	1	1	1	1	1
Filtro para vapores orgánicos (Pares)	0	0	0	0	2	2	0
Guantes de Látex anti corte (Pares)	12	6	6	6	24	24	6
Guantes de Cuero (Pares)	12	3	3	3	4	4	3
Máscara Full face (Unidades)	0	0	0	0	1	1	0
Mascarilla N95 (Unidades)	24	24	24	24	24	24	24
Traje tipo Escafandra (Unidades)	1	1	1	0	2	2	1
Traje tipo Tybek (Unidades)	0	0	0	0	24	24	0

### **3.5.2. MECANISMOS PARA LA ADOPCIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS**

La gestión de seguridad y salud requiere la observancia del cumplimiento de normas y buenas prácticas, definidas a partir de la valoración del nivel de riesgo. En el presente trabajo de investigación se utilizó como mecanismo para la vigilancia, al Subcomité de Seguridad y Salud previamente constituido en la Unidad de Operaciones Centro “La Isla”, cuyas acciones se fundamentan en el Art. 14 del Decreto Ejecutivo 2393 (Ministerio del trabajo, 1986), convirtiéndose en el ente de seguimiento diario que vela por el cumplimiento de las medidas de control. A través de visitas periódicas realizadas en el año 2013, técnicos de la Unidad de Seguridad e Higiene del Trabajo, vigilaron el desempeño de los miembros del subcomité, y brindan un soporte especializado para unificar criterios y aclarar inquietudes sobre aspectos que se suscitan en el trabajo diario.

Como mecanismo auxiliar en el presente período se capacitó a personal de la mencionada unidad, en la aplicación de Análisis de Riesgos de Tarea o ART, proporcionándoles información básica sobre la gestión de riesgos laborales, con la finalidad que adquieran conocimientos sobre los tipos y naturaleza de riesgos presentes en sus actividades, así como la determinación de controles operativos, para que de esta manera sean capaces de realizar evaluaciones diarias previo al inicio de actividades, en las que se definan las medidas preventivas, que se deberán adoptar en los diferentes personas durante la jornada laboral.

### **3.5.3. CAPACITACIÓN**

La efectiva aplicación de medidas higiénicas por parte del personal operativo, depende de manera sustancial del conocimiento adquirido durante procesos de capacitación, en los que se concientiza al individuo sobre la importancia de cumplir disciplinadamente los controles impuestos por el empleador. Con este cometido en el mes de noviembre del 2013, se llevó a cabo una capacitación en la que se expusieron detalladamente los siguientes contenidos:

- Tipos de agentes biológicos presentes en actividades de saneamiento, descripción, morfología, vías de entrada y efectos nocivos en la salud
- Comunicación de resultados obtenidos en la medición y evaluación de riesgo biológico
- Medidas de control para evitar intoxicaciones e infecciones, uso de EPI y niveles de protección
- Obligación del empleador y de los trabajadores.
- Señalética de advertencia

Posteriormente a la impartición de los contenidos, se realizó preguntas a todos los participantes para constatar la asimilación de los principales conceptos expuesto. El registro de la capacitación se encuentra en el Anexo V.

#### **3.5.4. SEÑALÉTICA**

Concebido como el mecanismo para advertir al personal propio de la empresa así como visitantes y público en general sobre la presencia de un riesgo identificado. Se instaló señalética de advertencia en todos los vehículos eductores existente en la Unidad de Operaciones Centro. Esta fue construida en cumplimiento a la norma INEN 439, para “Colores, señales y símbolos de seguridad” (INEN, 1984), y el Art. 169 “Clasificación de señales” del Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. (Ministerio del trabajo, 1986). En la Figura 3.14 se muestra el pictograma seleccionado para advertir la presencia de riegos biológicos, mientras que en las Figuras 3.15 y 3.16 se puede observar la implementación en los vehículos eductores.



**Figura 3.14.** Pictograma que muestra la señal para advertir la presencia de riesgo biológico



**Figura 3.15.** Fotografía que muestra la implementación de señalética de advertencia colocada en el lado lateral del camión educador



**Figura 3.16.** Fotografía que muestra la implementación de señalética de advertencia colocada en la parte posterior del camión educor

### **3.5.5. LIMPIEZA DE PRENDAS POR PARTE DEL EMPLEADOR**

Los ambientes, superficies, herramientas y accesorios contienen o acarrean colonias de diferentes clases de microorganismos, como se ha podido demostrar a lo largo del presente trabajo de investigación. La ropa de trabajo utilizada durante la jornada por los trabajadores de saneamiento, al estar en contacto con los diferentes elementos puede albergar, transportar y difundir agentes biológicos hacia otros empleados o a sus propios hogares. En tal virtud, se plantea a mediano plazo implantar un mecanismo de recolección y lavado de prendas, para evitar la proliferación de patógenos a lugares externos a la empresa. Esta iniciativa además permitirá que la empresa pueda garantizar la inocuidad de la ropa de trabajo, debido al control que puede ejercer sobre el proceso de desinfección.

### **3.5.6. PROGRAMA DE VACUNACIÓN**

A partir, de los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos se plantea la inmunización a los trabajadores expuestos, a través de la inyección de una forma inocua y toxinas del microorganismo al que se desea neutralizar. En el Anexo VI “Programa de Exámenes ocupaciones y Vacunas” se detallan las enfermedades parasitarias presentes en ambientes de alcantarillado y las vacunas preventivas que pueden ser empleadas para el efecto.

## **3.6. EVALUACIÓN POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN**

### **3.6.1. PROGRAMA DE VIGILANCIA DE LA SALUD**

Tomando en cuenta la diversidad de respuestas inmunitarias que pudieran poseer los trabajadores de saneamiento, es importante realizar análisis de laboratorio en muestras de fluidos y excretas de cada individuo, para comprobar la presencia de microorganismos, enzimas, toxinas y células inmunitarias, para de ésta manera detectar el inicio de procesos parasitarios en el conglomerado y emprender medidas higiénicas que permitan su erradicación. En el anexo VI se plantean las pruebas recomendadas por el “Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades” (CDC por sus siglas en ingles), para los agentes patógenos analizados en la Evaluación de Riesgos Biológicos.

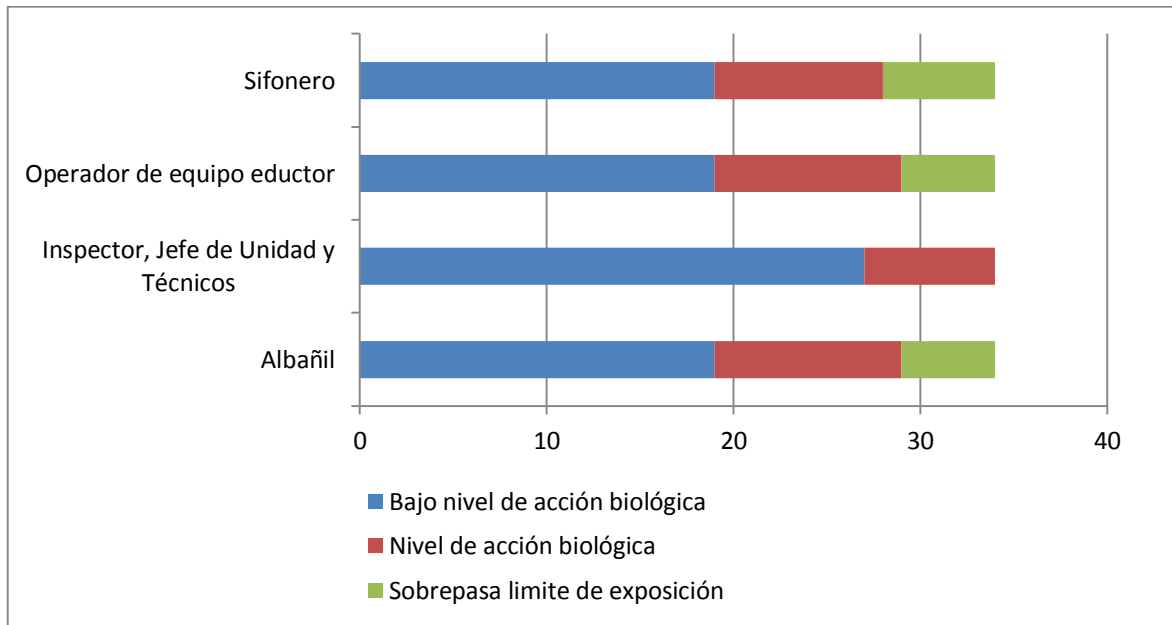
### **3.6.2. EVALUACIÓN DE RIESGO BIOLÓGICO POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES**

La gestión de riesgos laborales en procura de la mejora continua, requiere retroalimentarse de información objetiva que le permita monitorear a lo largo del tiempo, los niveles de riesgos en los puestos de trabajo, para constatar en ciertos casos la eficacia de las medidas correctivas ejecutadas, o en su defecto considerar

nuevas alternativas por cuanto no se logró un impacto favorable en el cometido de reducir los riesgos.

La evaluación inicial de riesgos biológicos muestra que durante la realización de actividades relacionadas con el saneamiento, todos los puestos analizados suponían una exposición a agentes biológicos en el “nivel de acción biológica”, es decir, en el escenario imperante previo al estudio requerían la adopción de medidas higiénicas para mitigar el riesgo, y particularmente tres de estos puestos (Sifonero, operador y albañil) se encontraban en una situación más crítica, pues la evaluación encontró que sus actividades involucraban agentes patógenos que sobrepasaban el nivel de acción.

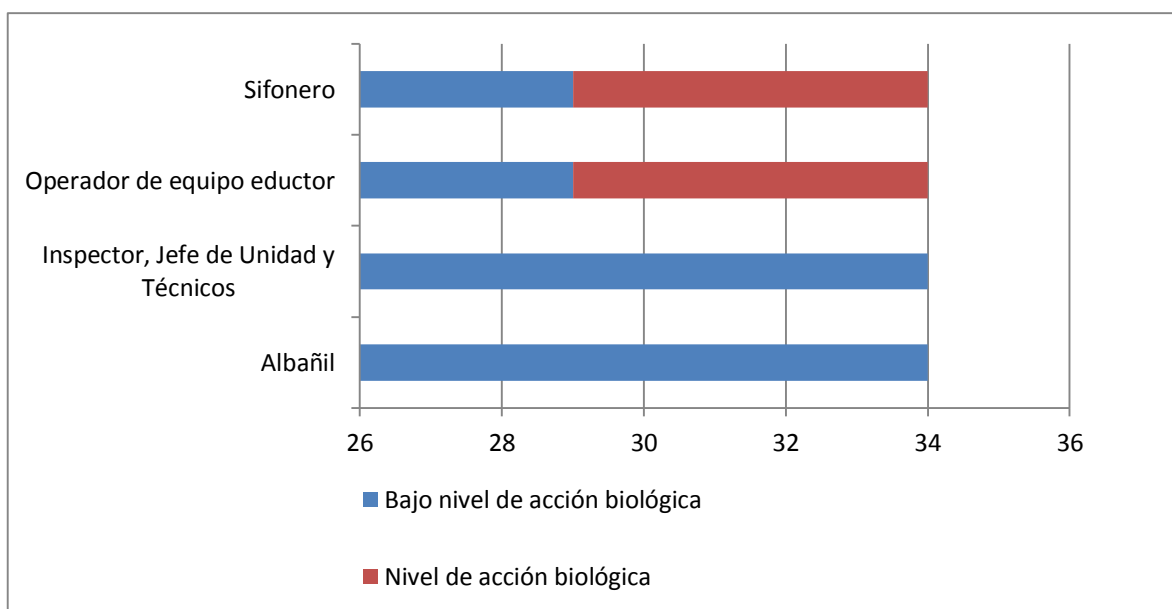
En la Figura 3.17, se muestra una representación gráfica de la cualificación del riesgo biológico que suponía el ejercicio de actividades relacionadas con el alcantarillado público, en la Unidad de Operaciones Centro de la EPMAPS.



**Figura 3.17.** Número de microorganismos por nivel de acción biológica en puestos de la Unidad de Operaciones Centro (Evaluación Inicial)

La adopción de las medidas higiénicas desarrolladas en el numeral 3.4. “Control Operativo”, tuvo un impacto positivo en la reducción del riesgo, es así que la evaluación efectuada en segunda instancia encontró que los riesgos que sobrepasaban el nivel de acción biológica fueron eliminados.

En la Figura 3.18, se muestra los resultados de la evaluación de riesgos biológicos efectuada posterior a la implementación de controles.

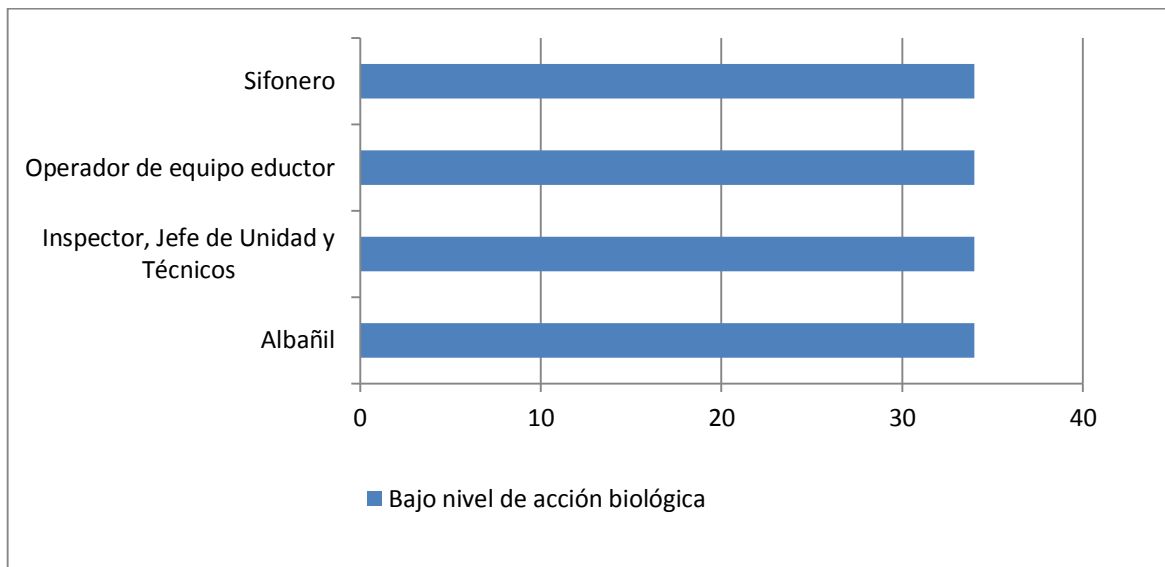


**Figura 3.18.** Número de microorganismos por nivel de acción biológica en puestos de la Unidad de Operaciones Centro (Evaluación posterior a la implementación de controles)

Finalmente debido a la existencia de microorganismos aún en el “nivel de acción biológica”, se plantea la adopción de medidas adicionales en el mediano plazo, con la finalidad de reducir hasta niveles más bajos. Los controles propuestos en el presente estudio son la implementación del programa de vigilancia de la salud y la vacunación del personal, de esta manera posibilitar la detección de enfermedades ocupacionales en etapas tempranas y la inoculación de los trabajadores.

En la Figura 3.18 una proyección del nivel de acción biológica que se alcanzaría si se ejecuta el programa de vacunación y de vigilancia de la salud en el mediano plazo.





**Figura 3.19.** Número de microorganismos por nivel de acción biológica en puestos de la Unidad de Operaciones Centro (Implementación de controles a mediano plazo)

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Los trabajadores de la Unidad de Saneamiento Centro que ingresan a ductos de alcantarillado, se exponen a atmósferas de composición heterogénea. Las características de la flora microbiológica que se encuentran en estos lugares (Cantidad de colonias y tipo de agentes), responde al tipo del fluido que descargan los establecimientos y actividades cercanas.
- Posterior a la aplicación del método Biogaval se concluye que el nivel de riesgo biológico cualificado en un puesto de trabajo, depende en gran medida del tiempo de exposición efectivo a situaciones de riesgo que éste requiera.
- A partir del cultivo de atmósferas en alcantarillado se determina que el equipo de protección individual, que se proporcione al personal de saneamiento, debe definirse en función al sector donde se va a realizar el mantenimiento, puesto que, las poblaciones de microorganismos presentes son sustancialmente diferentes en ambientes de mercados, hospitales, domicilios e industrias.
- La aplicación del método Biogaval en el momento inicial del estudio y en la etapa final demostró que los controles implementados, fueron efectivos en la disminución del número de microorganismos que sobrepasan el límite de exposición recomendado.
- Como resultado de la evaluación de riesgos biológicos se concluye que la aplicación de vacunas en puestos de trabajo, donde existe un contacto incidental, tiene una efectividad limitada debido a la gran cantidad de microorganismos existentes y el bajo número de vacunas desarrolladas por la medicina moderna.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

Realizar nuevas investigaciones sobre la problemática del riesgo biológico en actividades de saneamiento, con la aplicación de diferentes métodos de evaluación e incluyendo información de nuevos estudios sobre microorganismos y su comportamiento.

Realizar mediciones de ambientes e hisopados de manos en un mayor número de escenarios, de tal manera que sea posible constituir una muestra significativa que permita formular generalidades para el estudio y control del riesgo biológico.

Incluir en los procedimientos para el mantenimiento en sistemas de alcantarillado, información detallada sobre el control de riesgo biológico y el equipo de protección individual obligatorio para la ejecución de cada actividad.

Implementar a partir del nivel de riesgo de cada agente patógeno implementar prioritariamente el programa de vigilancia de la salud, a realizarse en el pre empleo, periódicamente y en el retiro de trabajadores, considerando nuevas tecnologías y exámenes de vanguardia.

Considerar la adopción de nuevos métodos y herramientas de saneamiento que permitan disminuir el tiempo de exposición a ambientes y fluidos de alcantarillado, requerido para realizar el mantenimiento y reparación de la infraestructura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez, F. (2006), *Salud Ocupacional*, Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1989), *Guideliness for the assesment of bioaerosols in the indoor environment*. Cincinnati, Estados Unidos de América.
3. Brock, T. D., & Madigan, M. T. (1993), *Microbiología*, United States of America: Prentice Hall Wesley.
4. Cabello, R. R. (2007), *Microbiología y Parasitología Humanas*, México: Editorial Médica Panamericana.
5. Centers for Disease Control. (2013), *Infectious Diseases Laboratory Test Directory*, Estados Unidos de América.
6. Christensen, C. M. (1964), *Los hongos y el hombre*, Mexico: Editorial Interamericana.
7. Dirección General de Epidemiología. (2012), *Inciendia de casos nuevos de enfermedad por grupos de edad 2011*, México.
8. Diserlab. (2008), *Estudio de Riesgos Biológicos para los distritos Sur, Centro y Norte de Saneamiento de Emaap-q*, Quito, Ecuador.
9. EPMAPS. (2013), *Procedimiento para el mantenimiento de de infraestructura de alcantarillado*, Quito, Ecuador.
10. EPMAPS. (2013), *Procedimiento para identificación de peligros, estimación, medición y evaluación de los factores de riesgos para determinación de controles operacionales*, Quito, Ecuador.
11. Fauci, A. S., Kasper, D. L., & Houser, S. L. (2001), *Harrison's Principles of internal medicine*, New York, Estados Unidos de América: McGraw Hill.
12. Frederick, S. y. (2003), *Infectious diseases in 30 days*, Estados Unidos de América: MacGraw Hill.
13. Gabinete de Seguridad e Higiene del trabajo de Valencia. (2004), *Manual Práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales diversas*, Valencia, España.
14. Haghurst, C. (2004), *E. Coli, epidemics deadly diseases throughout history*, Estados Unidos de América: The Rosen Publishing Group, Inc.

15. Harrison, T. (2001), *Harrison's Principles of Internal Medicine*, Estados Unidos de América: Mc Graw Hill.
16. Harvey, R. A., Champo, P. C., & Ficher, B. d. (2007), *Microbiología*, Baltimore, Estados Unidos de América: Lippicott Williams & Wilkins.
17. Health and Safety Executive. (2010), *Bioaerosols emissions from waste composting and the potential for worker exposure*, Reino Unido.
18. Heredia, F. Á., Geagea, E. F., & Valderrama, F. (2010). *Riesgos biológicos y Bioseguridad*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
19. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2005), *Norma técnica colombiana NTC-ISO/IEC 17025*, Colombia.
20. IESS. (2010). Resolución CD 333, *Sistema de Auditoría de Riegos del Trabajo*, Quito, Ecuador.
21. INEN. (1984), *Colores, señales y símbolos de seguridad*, Quito, Ecuador.
22. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. (1997), *Evaluación de Riesgos del Trabajo*, Madrid, España.
23. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. (2003), *Guía Técnica Exposición a Riesgos Biológicos*, Madrid, España.
24. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. (1996), *NTP 473 Estaciones depuradoras de aguas residuales: riesgo biológico*, Madrid, España.
25. Instituto Nacional de Estadística. (2013), *Estimaciones de la Población actual de España*, España.
26. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2013), *Proyección de la Población Ecuatoriana*, Quito, Ecuador.
27. Instituto Nacional de la Seguridad Social. (2008), *Tiempos Estandar de Incapacidad Temporal*, España.
28. Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2010), *BIOGAVAL*, Valencia, España.
29. Jawets, M. y. (2010), *Microbiología médica*, Estados Unidos de América: McGraw Hill.
30. Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Dunlap, P. V. (2003), *Biología de los microorganismos*: Pearson Addison Wesley.

31. McGhee, T. J. (1999), *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*, Pensilvania, Estados Unidos de América: Mc Graw Hill.
32. Ministerio de Salud Pública. (2013), *Anuario de Vigilancia Epidemiológica*, España.
33. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. (2011), *Resultados de la Vigilancia Epidemiológica de la Enfermedades Transmisibles*, España.
34. Ministerio del trabajo. (1986). *DE 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejormamiento del Medio Ambiente de Trabajo*. Quito, Ecuador.
35. Murray, P. R. (2009), *Microbiología Médica*, Barcelona, España: Gea Consultoría Editorial.
36. Organización Mundial de la Salud. (2007), *La meta de los ODM relativa al Agua Potable y Saneamiento*, Ginebra, Suiza.
37. Organización Mundial de la Salud. (2010), *Estadísticas Sanitarias Anuales*.
38. Organización Mundial de la Salud. (1967), *Tendencias actuales de los estudios sobre morbilidad y mortalidad*, Ginebra, Suiza.
40. Organización Panamericana de la Salud, (2001), *El control de las enfermedades transmisibles*. Washington, Estados Unidos de América.
41. Prescott, L. M. (1999), *Microbiología*, Estados Unidos de América: McGrawHill.
42. Quadros, C. d. (2004), *Vacunas. Prevención de enfermedades y protección de la Salud*, Washington, Estados Unidos de América.
43. Roitt, I. M., & Delves, P. J. (2001), *Inmunología Fundamentos*, Londres, United Kingdom: Editorial Médica Panamericana.
44. Southwick, F. (2003), *Infectious Diseases in 30 days*, Estados Unidos de América: McGraw Hill.

## **ANEXOS**